

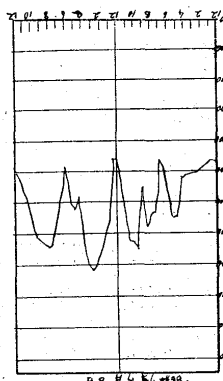
即ち注出後直に熔解材料を装入し直に操業を開始するが最も熔解に要する電力消費量小にして概當り 490 K. W. H. なるに對し爐を冷却し熔解材料を装入して操業せるものは 725 K. W. H. と云ふ電力消費量となる、之れ前回の操業後尙ほ有する豫熱を利用して得たる結果に他ならずして電氣爐に於て連續操業が如何に電力消費量を低下する上に必要なるを數字的に示すものなり。

次に電氣爐の負荷曲線を示せば第 4 圖 (3) の如し

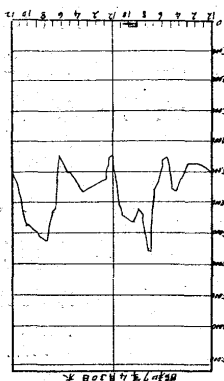
本圖 (1) は操業開始 2 回目 (2) は 8 回目 (3) は 18 回目の電力負荷曲線にして操業開始より目下操業の標準となる迄の経路を示すものなり、即ち材料の装入方法悪しく且つ初めより大なる電力を加ふれば電力不平衡甚しく (1) の熔解初期の状態となり發電所には非常に迷惑なる負荷なり、例令装入方法は悪しくとも最初は少しの電力を加へ適當の時期に至り漸次電力を増せば電力の不平衡は可なり緩和せられ第 4 圖 (2) の如くなる、装入方法に經驗を加へ電氣を通ずるに便なる如く装入すれば (3) に至るべし、電氣爐自體の負荷率

は本圖にて見る如く高率のものならず、然れども或る特殊のピークロードを有する發電所に對しては夫れを避けて操業すれば發電所全體の負荷率は増すものなり、第 5 圖は其の一例なり、即ち (1) は電氣爐を用ひざる場合 (2) は電氣爐を午前 7 時頃より 1 回操業せる場合 (3) は午前 5 時より連續電氣爐を 2 回操業せる場合の電氣會社の負荷曲線なり之れによりて明かなる如く電氣爐を使用せざりし時の負荷

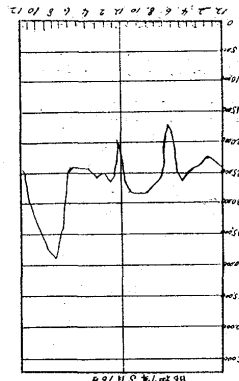
第 5 圖 1 (負荷曲線圖)



第 5 圖 2 (負荷曲線圖)



第 5 圖 3 (負荷曲線圖)



率は 69.1% にして電氣爐を用ひたる爲め 75% となり約 6% を増すことを得たり。(終)

或種ピストリングの張りに就て

藤 井 忠 二 *

DISTRIBUTION OF THE PRESSURE ON THE CYLINDER WALL OF THE CAST IRON PISTON RING.

By Chuji Fujii

SYNOPSIS:— In this paper, the effect of the chemical composition, the dimension of casting, the method of the finishing and annealing or not annealing on the distribution of the pressure of a cast iron piston ring on the containing cylinder has been discussed. The chemical compositions and the dimensions of casting are shown in Table 1. and Fig. 1.

From this cylindrical casting with oval cross-section, several closed rings were taken and also from the remainder which annealed at suitable temperature. These closed rings were all cut off at the portion of cord in Fig. 1 as proper length and stapped with pin and then finished (Fig. 2). The contact pressure was measured by the Riken's testing apparatus and further we performed tension, compression, bending, hardness and abrasion test. From these results, we can conclude that the distribution of the contact pressure exerted by these piston ring is better than that of some another cases and its mean intensity is in all cases nearly proportional to mechanical properties.

1 試験材の種別 試験材には配合を異にする 4 種の材料を撰び之等に A, B, C, 及 D の符號を附して區別した、其の配合性分を第 1 表に示す。

2 鑄込寸法及仕上寸法 鑄込寸法は第 1 圖の如く長徑

281 mm 短徑 276 mm 厚み 14 mm 高さ 350 mm の橢圓筒で總て乾燥型を用ひた、此の橢圓筒の上部から圖に示す如

* 横濱船渠株式會社

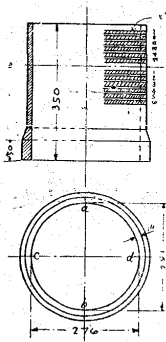
第 1 表

	T.C.	G.C.	C.C.	Si	Mn	P	S
A	3.14	2.59	0.55	1.05	1.12	0.212	0.077
B	3.19	2.78	0.41	1.25	1.09	0.238	0.065
C	3.30	2.84	0.46	1.33	1.05	0.198	0.071
D	3.63	3.20	0.43	1.15	1.07	0.250	0.081

く数枚のリングを切出し然る後残部を 500°C で約5時間焼鈍し更に之より数枚のリングを切出した、其の仕上寸法は短径の端c或はd部を適當の寸法に切離して重合せの出来る様になし此處に孔を開けてピンで止め所定の寸法に仕上げる寸法を採つた(獨逸 MAN 社の製作方法)此の仕上寸法は第2圖に示す如く外径 290mm 幅高さ共に 9mm で上下兩平面はグラインダー仕上を行つた。尙上記の試験

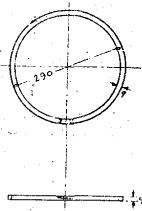
第 1 圖

鑄込寸法



第 2 圖

ピストンリング仕上り寸法



材の外に符號 A.

B.C. 3 種に就て

は直径 30mm 長さ 600mm の丸棒を別鑄込にして試験棒を造り彎曲、抗張、壓縮試験等を行つて、本研究の参考に供した、其の成績は後に記

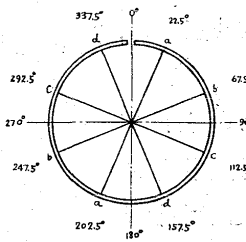
載する。

3. ピストンリング仕上げ後の外径寸法

ピストンリングの外径の仕上がり寸法は前述せる如く 290mm で有るが之には多少の誤差が有る筈で之を $1\text{mm}/5000$ 精度のデラトメーターで第3圖に示す如く aa, bb, cc, dd. の4ヶ

第 3 圖

外径測定位置



所を測定した其結果を第2表及第4圖に示す。

但し表及圖に於て 1,2,3... 及 I,II,III,... の符號を用ひたのは焼鈍した物と然らざる物とを區別するため有る。

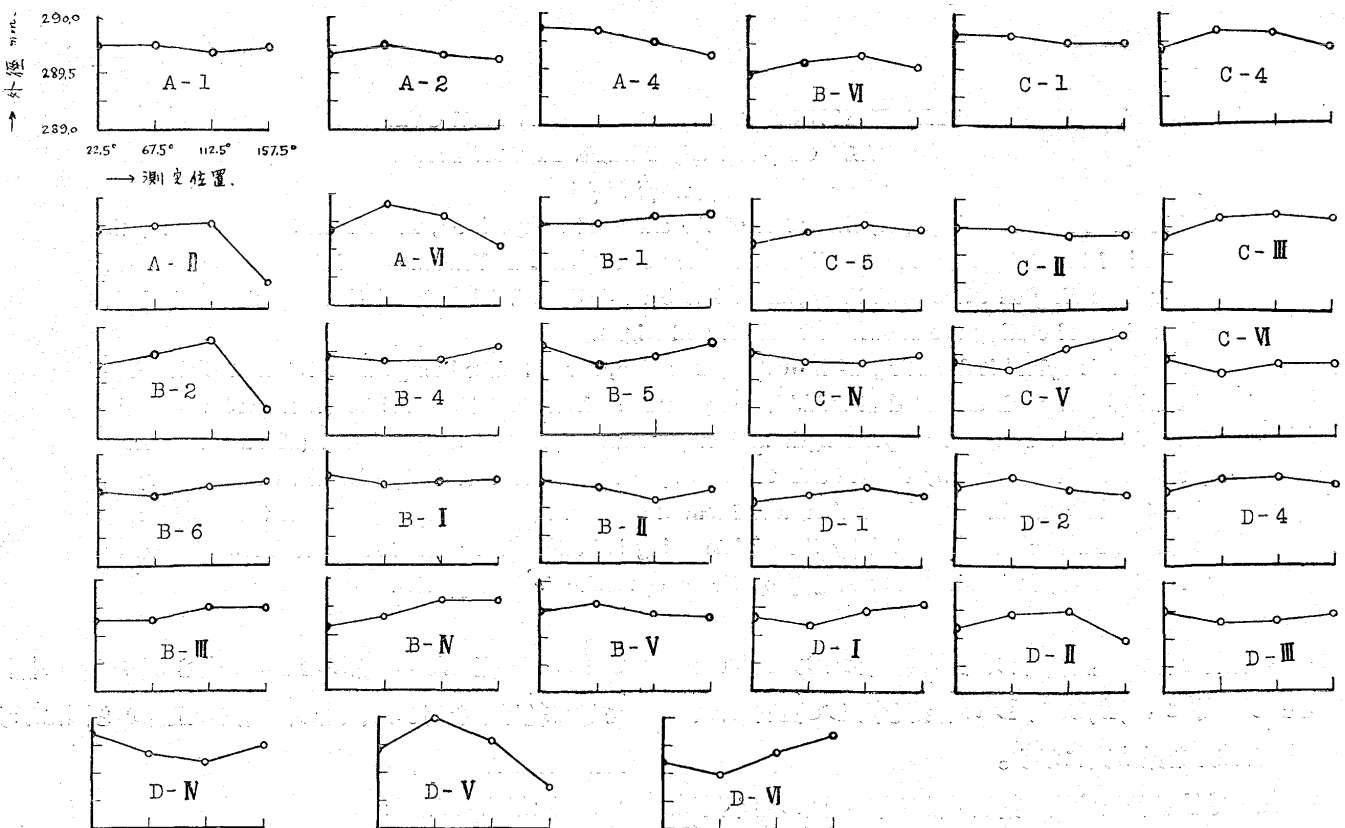
是等の結果から見るに何れも 290mm より小で一二を除いて

は大體似寄つた數値で $289.5\sim 289.8\text{mm}$ の範圍のものが多し、一般に焼鈍したものは鑄造應力が存在しない筈で有るから此の原因に依る仕上後の變形は焼鈍しないものに比較して少ないことは當然で有る、併し其の差違は唯今の場合明瞭に認められない。

4 理研ピストンリング試験機に依る張りの試験

本試験は外径 290mm のピストンリングの張りの強さを試験する理研ピストンリング試験機を使用した、試験の結果を

第 4 圖 (A—1 以外の横軸及縦軸の値は A—1 と全く同一)



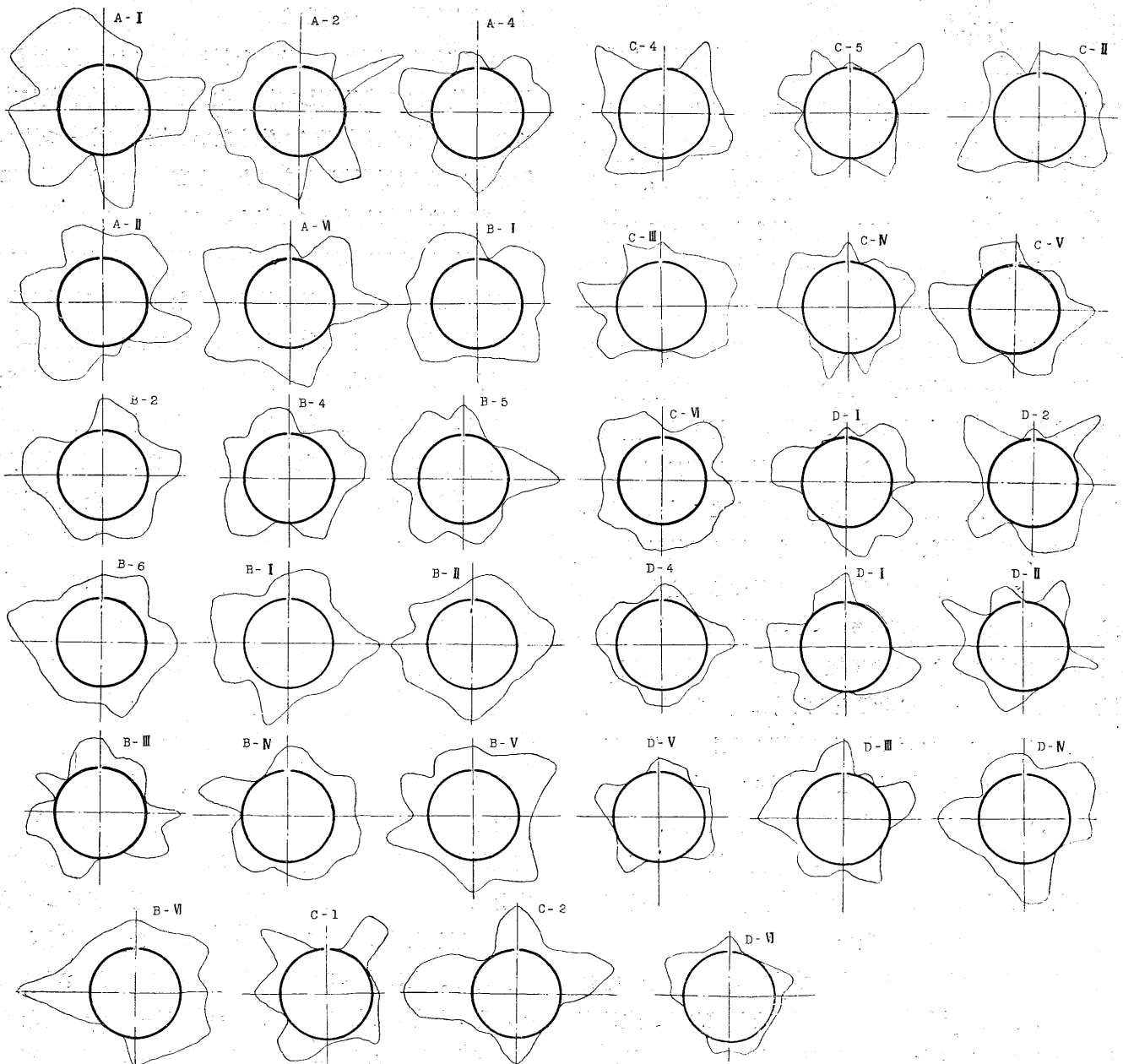
第 2 表

符 號	外徑(mm) 測定位置			
	a a.	b b	c c	d d
A - 1	289,7614	289,7484	289,6883	289,7326
A - 2	289,6680	289,7572	289,6726	289,6228
A - 4	289,8708	289,8428	289,7434	289,6228
A - II	289,7138	289,7526	289,7716	289,2366
A - VI	289,6764	289,9190	289,8162	289,5396
B - 1	289,7578	289,7692	289,8222	289,8432
B - 2	289,6784	289,7648	289,8810	289,2730
B - 4	289,7160	289,6738	289,6864	289,8078
B - 5	289,8036	289,6306	289,7050	389,8274
B - 6	289,6704	289,6230	289,7066	289,7478
B - I	289,8148	289,7188	289,7508	289,7706
B - II	289,7302	289,6770	289,5642	289,6726
B - III	289,6366	289,6436	289,7540	289,7494
B - IV	289,5626	289,6546	289,8100	289,8110
B - V	289,7184	289,7950	289,6800	289,6642
B - VI	289,4670	289,5946	289,6410	289,5276

符號	a a	b b	c c	d d
C - 1	289,8174	289,8120	289,7460	289,7542
C - 4	289,6366	289,8246	289,8130	289,6692
C - 5	289,5950	289,6820	289,7690	289,7144
C - II	289,7440	289,7272	289,6550	289,6560
C - III	289,6532	289,8242	289,8684	289,8324
C - IV	289,7374	289,6614	289,6560	289,7380
C - V	289,6733	289,6140	289,8124	289,9288
C - VI	289,7094	289,5690	289,6570	289,6584
D - 1	289,5770	289,6450	289,7018	289,6318
D - 2	289,6936	289,8030	289,6920	289,6458
D - 4	289,6746	289,7664	289,7706	289,7212
D - I	289,6662	289,6080	289,7350	289,7896
D - II	289,5892	289,7100	289,7428	289,4742
D - III	289,7452	289,6370	289,6530	289,7086
D - IV	289,8514	289,6670	289,5864	289,7460
D - V	289,7030	289,9820	289,7746	289,3666
D - VI	289,5820	289,4846	289,6774	289,8442

第5圖に示す、圖に於て太い線で描いて有る圓はリングを表し其上端が切口で、圓の外側に描かれて有る曲線が

第 5 圖



張りの分布状態を示す。此張りは切口を始まりとして 15° 置きに測定したもので前後3回の測定結果の平均値で有る今等は結果より張りの平均を求めて見ると第3表の様に成る。

第 3 表

符號	張りの平均値 kg/cm	符號	張りの平均値 kg/cm
A-II	0.488	C-II	0.356
A-VI	0.525	C-III	0.339
A-I	0.702	C-IV	0.263
A-2	0.506	C-V	0.337
A-4	0.344	C-VI	0.412
B-I	0.460	C-1	0.301
B-II	0.428	C-2	0.424
B-III	0.307	C-4	0.312
B-IV	0.370	C-5	0.230
B-V	0.493	D-I	0.277
B-VI	0.499	D-II	0.247
B-1	0.427	D-III	0.332
B-2	0.384	D-IV	0.390
B-4	0.356	D-V	0.142
B-5	0.354	D-VI	0.159
B-6	0.452	D-1	0.286
		D-2	0.330
		D-4	0.206

以上の結果から張りの分布状態を見るに可成りの變化を示すが、此の程度なれば先づ良い方で特に符號 B のものは良いと思ふ、此の張りの分布状態は鑄込寸法、仕上過程、仕上り寸法及組織の均一と云ふ事に最も多く左右されるのは云ふ迄もなく明かで有る、唯今のピストンリングでは理論的に概略一樣の張りを與へるべき筈で有るが、左様に成らないのは何に多く原因して居るかを確める必要が起るが其内組織が均一か不均一かと云ふ點は直接顯微鏡試験に依て確められることは勿論のこと、試験材の寸法、型及鑄込の状態並びに仕上り寸法等からも大體の見當は附け得る、之等の考察及實際顯微鏡試験を行つた結果から組織の不均一と云ふことは云ひ得ないので寧ろ唯今の場合は鑄込寸法、仕上過程、仕上り寸法が大きな影響を持つものと考へねばならぬ、先づ鑄込寸法に就て考へるに後節に述べる如く、唯今の如き寸法では橢圓筒からリングを切出し短徑の一端を切斷して重合せてピンで止めた時に完全な圓には成らない、此の事實はリングの外側及内側の仕上げに於て削代が場所に依つて異なる結果となり、張りの分布状態に變化を與へる、併し若し此の影響が大で有ると假定すれば其の變化は急激でなく漸變的で有るべきで實驗結果が示す様には成らないと思はれる、従つて張りの分布の不均一を此の影響のみに歸する事は出来ない。

尙、第3表の張りの平均値を見るに他の物理的性質（後節に記載）に概略比例して居て主として炭素含有量に左右されて居ることは今更云ふ迄もない、最後に今一つ述べて置き度いことは焼鈍したものと然らざるものととの張りに及ぼす差違は見分け難い點で有る。

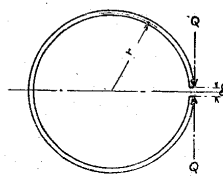
なる箇所が張りも強く小なる箇所が弱くなつて居て之が張りの分布状態に急激なる變化を與へる一つの原因に數へられる、此の仕上り寸法が一樣にならない。

原因は多く仕上過程に左右されるもので有るから此處では充分な注意が必要で有る、次に張りの強くなる位置を求めて見るに大體張りの強い箇所が4ヶ所有り其の位置は必ずしも一定して居ないが切口から $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$ 及 315° 近くのもの $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ 及び 270° 近くのものが多く何れも約 90° 置きになつて居る、之はリングの外側及内側の仕上に於てリングを數枚重ね之を一樣に締付けないで4ヶ所を局部的に締付けた事に最も多く原因して居るのではないかと思はれるので唯今の如き肉細の小さいリングの仕上には充分注意せねばならぬ。

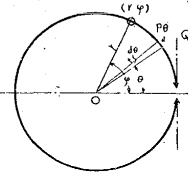
尙、第3表の張りの平均値を見るに他の物理的性質（後節に記載）に概略比例して居て主として炭素含有量に左右されて居ることは今更云ふ迄もない、最後に今一つ述べて置き度いことは焼鈍したものと然らざるものととの張りに及ぼす差違は見分け難い點で有る。

5 簡単な張りの試験 上述せる張りの測定方法は正確では有るが手数が懸り且つ外徑の異なる場合には夫に適應する試験機に依らねばならぬ不便が有り従つて相當の設備を要するので、むしろ現場向きとしては次に述べる様な方法に依つて大體の見當を附けるのも亦一方法で有る、之は第6圖の様に切口に Q なる外力を作用させて開き δ が無く

第 6 圖



第 7 圖



なり此時直徑が丁度 $2r$ となつたとする此際此 Q から張りの密度 P を求める式は

$$P = Q/r \text{ kg/cm}$$

今此の式の導き方を簡単に述べる、第7圖の如く切口に Q なる力が作用してリングが直徑 $2r$ の圓になつたとする、偕此外力 Q を取除き其の代りリングの外側に沿つて或密度を以て分布する力を作用せしめる、而して此時の變形を Q が作用した時の夫と全く同一にする様な力の密度を求めて見様う、之に答へる爲に外力 Q に依りて呼起される (r, φ) 點の彎曲偶力を求むれば $M = Qr(1 - \cos \varphi)$ となる、他方任意の點 (r, θ) に作用する外力は一般に θ の函数で

之を P_θ とすれば $\theta=0$ から $\theta=\varphi$ 迄の圆弧に沿つて作用する外力が (r, θ) 點に呼起す彎曲偶力は

$$M = r^2 \int_0^\varphi P_\theta \sin(\varphi - \theta) d\theta$$

と成る、今之等兩者を等しく置けば

$$Qr(1 - \cos\varphi) = r^2 \int_0^\varphi P_\theta \sin(\varphi - \theta) d\theta$$

此關係式から判ることは P_θ は θ の函数ではなく一定で其の値は

$$P_\theta = \frac{Q}{r}$$

で有る、理論的には唯今の如きリングの張りは何れの箇所に於ても大略上式で求まる如く一樣になる筈で有るが實際には左様に成らない之は既に前節の結果からも明瞭で従つて上記の方法に依り求めた數値は張りの平均値と見做すのが至當で有ろう。

緒上述の方法で得た Q 従つて張りの密度 P^1 の値を第4表に示す。

第4表 張りの密度

符號	開き δmm	荷重 2Q kg	張りの密度 P kg/cm	符號	開き δmm	荷重 2Q kg	張りの密度 P kg/cm
A-II	24.00	13,398	0.477	C-II	24.70	11,598	0.413
A-VI	23.40	13,139	0.468	C-III	24.20	11,135	0.396
			0.473	C-IV	24.30	11,478	0.408
A-1	24.20	13,218	0.470	C-V	22.20	11,622	0.414
A-2	24.00	13,218	0.470	C-VI	24.00	11,198	0.399
A-4	22.10	11,993	0.427				
B-I	22.70	12,533	0.439	C-1	22.10	8,784	0.313
B-II	24.30	12,830	0.457	C-2	23.70	12,597	0.448
B-IV	23.20	12,252	0.436	C-4	23.70	11,135	0.396
B-V	22.00	11,653	0.415	C-5	23.60	10,908	0.388
B-VI	24.70	11,759	0.418				
B-1	23.40	12,328	0.439	D-I	20.40	8,606	0.306
B-2	22.90	12,144	0.432	D-II	22.30	9,593	0.341
B-4	22.70	11,580	0.412	D-III	20.70	9,216	0.328
B-5	22.70	12,144	0.432	D-IV	21.10	8,816	0.314
B-6	22.40	11,504	0.409	D-V	21.20	8,953	0.319
			0.425	D-VI	20.80	9,006	0.320
				D-1	21.40	8,908	0.317
				D-2	22.20	10,966	0.390
				D-4	21.00	8,981	0.320

上表中開き δ と有るはピンホールを中心から中心迄の直線距離で之等の中心が一致する迄加へたる時の總荷重が 2Q で有る、此の表に於ける張りの密度 P は第3表の張りの平均値と多少の差は有るが近似的に似寄つた數値を示す、即ピストンリングの張りの検査方法の一法として此の種の方法を撰ぶ事は理論的見地からも亦實際に其の検査が簡單で有る點からも良いことで有ると考へる。

6 硬度試験 粗材から最初數枚のリングを切出した殘部の ef 面 (第1圖参照) の中央部に於て燒鈍の前後の

ブリネル硬度を求めたが燒鈍に依る影響は認められなかつた、今其の結果を示せば第5表の様に成る。

第5表

符號	A	B	C	D
ブリネル硬度 10/3000/30	207	207	183	174

第6表(1)

符號 角度 degree	A-II			A-2			B-II			B-2		
	平面	外側	内側	平面	外側	内側	平面	外側	内側	平面	外側	内側
15	95	95	92	90.5	91.5	92	92	93	97.5	91	92	92
30	97	94	93	93	93.5	90	94	96	98	91	91	91
45	97	96	97	94	93	93	95	94.5	96	92	92	94
60	96	97	92	92.5	93.5	95	95	95	92	93	93	87
75	97	96	90.5	89	92	97	93	91	93	90.5	90.5	88.5
90	96	91.5	94.5	92.5	93	86.5	92	94	91	92	92	92.5
105	95	89	89	92	93	90	94	94	95	92	92	95
120	96.5	95	95	92	92	91.5	96	95	91	91	91.5	92
135	96	94	97.5	92	92	89	95	95	91.5	91.5	90.5	91.5
150	96	94	96.5	92	86.5	97	95	94.5	92	93	92.5	94
165	96	92.5	95.5	91.5	87.5	94	93.5	94	92.5	92	90.5	87
180	96	89.5	95	93	86	96	94	95	94	96	92	93
195	94	92	89.5	93	90	91	95	93	93	93	93	90
210	96	94	98	93	90	91	95	94.5	97	92	92	90
225	96.5	93	96	93.5	92	97	96	95	97	92.5	90.5	93.5
240	95.5	94.5	96	94	92	95	94	95	90	92	92.5	90.5
255	96	94	95.5	93	92	90	94	87	93	93	91.5	92
270	96.5	84	94	90	93	91	93	94	92	92	88.5	84.5
285	82.5	93	93	94	93	92	95	97	90	93.5	93	88.5
300	98	96	95	94	92.5	91	96	94	91.5	93	94.5	94
315	97	94	94	94	93	96	95	94	92	93	93.5	93
330	96	92	99	94	94	96	95	95	98	94	93.5	87.5
345	96.5	95	97.5	91	94	91.5	95	94	89	93.5	93.5	96.5
平均	95.7	93.3	94.7	92.6	91.8	92.8	94.5	94.1	93.5	92.4	92.3	91.7
	94.6			92.4			94.0			92.1		

第6表(2)

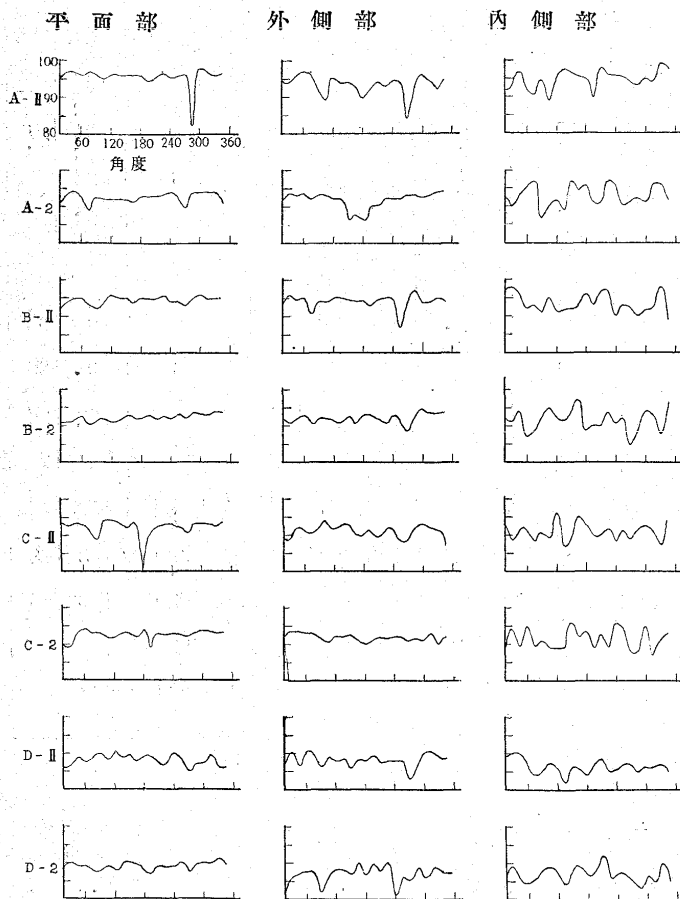
符號 角度 degree	C-II			C-2			D-II			D-2		
	平面	外側	内側	平面	外側	内側	平面	外側	内側	平面	外側	内側
15	93.5	39	92.5	90	92	89	86	87	89	89	82	87
30	92.5	89	88.5	89	93.5	91	87	90	90	90	86	89
45	93	92	91.5	93	93.5	89.5	89	87	90	89	87	85
60	93	91.5	91	94	93	95	87.5	90	86.5	89	87.5	85
75	90.5	90.5	88.5	93	93	89.5	89	90	84	88	87	86
90	89	92	90.5	93	91.5	91	90	86.5	85	88	82	83
105	94	93.5	89	92	90.5	89	88.5	87.5	89	86	88	89
120	94	91.5	96	92	92	89	90.5	88	86	88	88	87
135	93	92.5	87	93	92	89	83.5	88.5	82	90	88	84
150	92	92.5	89	93	92.5	96	89.5	86	86	90	87	88
165	93.5	90	95	92	91	92	87.5	88	86	89	90	89
180	80	90	93	94	90	93.5	89	88	84	87	87	86.5
195	90.5	91	90	89	91	89	89	86.5	87	89.5	83	
210	92	89.5	90	93	92	92.5	87	87.5	83.5	89	88	92
225	93	91.5	91.5	92.5	91.5	89	87	88	85	83.5	90	86
240	92.5	91.5	88	93	92	95.5	90	88	85.5	89	81	87
255	92	83.5	91	92.5	92	94	88	88	87	90	86	87
270	90.5	88.5	89	92	91	88	85	83	87	87.5	85	85
285	93	92	91.5	93	91.5	87.5	87	86.5	85	89.5	88.5	83
300	93	93	92.5	93.5	91	95	87	90	86.5	90	86	86
315	93	92	91	93.5	93	87	89.5	90.5	86	90	88	85
330	92.5	91.5	87.5	93	90	91	86	89	87	91	88	90
345	93.5	87	94	93	92	93	86	88.5	85	89	87	85
平均	92.1	91.1	91.0	92.5	92.0	91.3	88.1	88.2	86.4	89.0	86.7	86.9
	91.4			91.9			87.6			87.5		

¹⁾ 張りの密度と第4節で述べた張りの平均値とは全く同じ意味で有る。

尚硬度變化の有様を調べる爲に一二のリングに就て 15° 置きに平面、外側及内側部のロツクウェル硬度 (B-scale) を求めて其結果を第6表、第8圖に示す、但表及圖に記載せる角度はピンホールの中心を 0° とし之を基準として測つた所のもので有る。

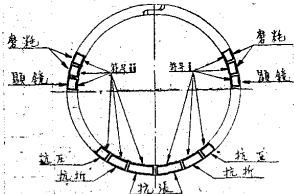
第 8 圖

(A-II 平面部以外の横軸及縦軸の値は A-II 平面部と全く同一)



之等の硬度試験の結果から硬度變化の有様を見るに中には一二可成りの差違を示す箇所も無いではないが併し此程度では大體に於て良く一致して居ると見做すべきで他方平面、外側及内側部の平均値に於ても亦著しき差違が認められない、焼鈍せるものと然らざるものと硬度差は A 及 B には多少有るが他の C 及 D には僅少で焼鈍に依る硬度の變化は先づ無いと考へて良い。

7 抗張、抗折及抗壓試験

第 9 圖
試験片切出位置

行つたリング材から抗張、抗折、抗壓、磨耗試験片並びに顯微鏡試料を取り夫々試験を行つた其採取位置を第9圖に示す、今上述の内 抗張、抗折及抗壓試験の結果を揚ぐれば

第 7 表

符 號	破壊荷重 kg	抗張力 kg/mm ²	記 事
A-2-i A-2-ii	601 618	30.8 31.3	試験温度、室温(13°C) 試験片の直径は約 5mm 試験機はアムスラー 2,000 kg 試験機
A-II-i A-II-ii	634 616	32.2 31.4	
B-2-i B-2-ii	556 515	23.3 26.3	
B-II-i B-II-ii	561 540	28.6 27.4	
C-2-i C-2-ii	625 615	31.8 31.4	
C-II-i C-II-ii	506 548	28.2 27.8	
D-2-i D-2-ii	515 445	23.6 22.5	
D-II-i D-II-ii	423 442	21.6 22.6	

第 8 表

符 號	破壊荷重 kg	抗折力 kg/mm ²	撓 み mm	記 事
A-2-i A-2-ii	35.1 35.0	52.3 51.5	1.3 1.2	試験温度、室温、 (13°C) 試験片寸 法は 4mm 角で支 点距り 60mm 試験 機はアムスラー 2,000 kg 試験機
A-II-i A-II-ii	34.8 35.5	51.6 53.0	1.2 1.3	
B-2-i B-2-ii	32.8 33.7	46.9 49.1	1.2 1.3	
B-II-i B-II-ii	35.3 34.8	50.5 49.4	1.1 1.2	
C-2-i C-2-ii	35.5 37.0	51.8 54.9	1.3 1.1	
C-II-i C-II-ii	32.4 32.7	47.3 47.3	1.3 1.3	
D-2-i D-2-ii	28.1 31.9	41.5 46.5	1.0 1.3	
D-II-i D-II-ii	27.0 25.7	39.2 36.9	1.1 1.1	

第 9 表

符 號	破壊荷重 kg	抗 壓 力 kg/mm ²	記 事
A-2-i A-2-ii	5170 5140	103.9 103.1	試験温度、室温(13°C) 試験片寸法は 直径約 8mm 高さ約 8mm 試験機はバクトン 50,600 kg 試験機
A-II-i A-II-ii	5540 5440	110.3 109.4	
B-2-i B-2-ii	5000 4790	100.0 97.8	
B-II-i B-II-ii	5170 4970	102.8 99.4	
C-2-i C-2-ii	5110 5300	103.0 106.0	
C-II-i C-II-ii	4680 4620	93.1 92.2	
D-2-i D-2-ii	4370 4420	87.2 88.3	
D-II-i D-II-ii	3900 3940	78.2 78.4	

第7, 第8, 第9表の様に成る、之等の結果を第3, 第4表張りの密度及第6表の硬度等と比較して見るに密接な関係があり、抗張力其他の機械的實驗數値の高いものは張りも亦夫に應じて強いが之は當然のことで有る。

尙參考試驗として鑄込寸法直径 30mm 長さ 600mm の試験棒に就て行つた試験結果を第10表に掲げる。

第10表

符號	抗張力 kg/mm ²	抗壓力 kg/mm ²	抗折力 kg/mm ²	記 事
A	31.9	115.8	56.4	抗壓試験片は徑、高さ共に 20mm
B	29.0	108.2	54.9	抗折試験片は黒皮のまゝで支點距離 600mm
C	27.1	98.9	51.3	抗張試験片は徑 20mm
D	—	—	—	

8. 磨耗試験 磨耗試験は現在尙續行中で有つて此處には其一二の結果を掲げるに止める、試験機は寫眞1の如き著者考察の横型磨耗試験機を用ひた、其略圖を第10圖に示す、即ち S_1 は回転軸 S_2 は静止軸で其各に試験片 m_1 m_2 が向合つて取付き静止軸 S_2 の他端には厚い硝子板がありレバー L の先端に取付けて有る鋼球で之を壓して荷重を加へる、尙軸 S_2 は W に巻付けて在る絹絲で記録装置 D に連結され刻々の摩擦係數の變化を記録する様にした、 C はカウンターで回転數を読み I はインデケーターで之で兩試片の刻々の厚みの減少和が判る。

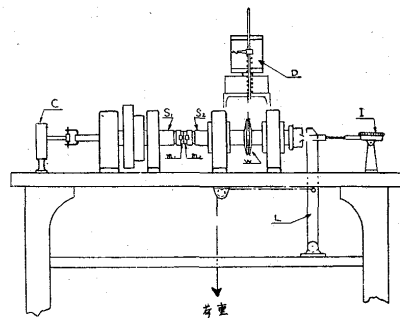
唯今の場合には回転軸の方に $4 \times 9mm$ 角のリング鑄鐵を静止軸の方に第11表に示す如き性質のシリンダーライナ

ー鑄鐵を外徑 20mm 内徑 14mm 厚み 3mm のリング狀にして取付けた、其試験狀態及試験結果を第12表—(1) 及 (2) に掲げる。

第11表

抗張力 kg/mm ²	化學成分						
	T.C.	G.C.	C.C.	Si	Mn	P	S
36.14	2.73	2.05	0.68	1.21	1.14	0.345	0.067

第10圖 磨耗試験機略圖



之等の結果の内第12表(2)で試験片に加へる壓力を何れの場合も一定にした時は A から D に行くに従つて m_1, m_2 兩者共に磨耗量が増す

傾向が有る、即柔い地金の方が磨耗が多いので之は當然で此際の摩擦係數は餘り變化が無い様で有る、次に第12表(1)で壓力が張りの密度に大體比例して居る場合は m_1, m_2 共に壓力の大なる方が磨耗量も亦多い、此場合も摩擦係數には餘り大きな差違は認められない尙之等の結果から焼鈍した方の磨耗量は一般に焼鈍しない方の磨耗量よりも少なく、摩擦係數は略同一で有る事が判る、即實際問題としてはシリンダーライナー及ピストンリング共に適宜の焼鈍を行ふことが必要で有る。

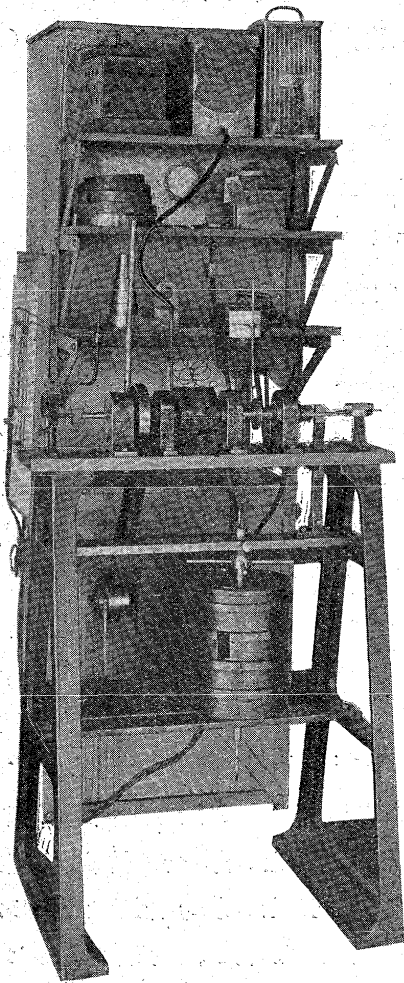
第12表(2) 磨 耗 試 験

符 號	壓 力 kg/cm ²	焼鈍せざるもの				焼鈍せるもの				記 事			
		磨 耗 量 (gr)		運 動 摩 擦 係 數		磨 耗 量 (gr)		運 動 摩 擦 係 數					
		(m ₁)	(m ₂)	(m ₁ + m ₂)	試験開始直後	(m ₁)	(m ₂)	(m ₁ + m ₂)	試験開始直後				
回 轉 試 験 片 静 止 試 験 片 (m ₁) (m ₂)													
A	シリンド ーライナ ー地金	2,050	0.0372	0.0191	0.0563	0.620	0.619	0.0382	0.0187	0.0569	0.686	0.633	試験片の接觸面積は 64mm ²
B	"	"	0.0469	0.0248	0.0717	0.660	0.622	0.0356	0.0181	0.0537	0.626	0.626	平均速度は 1.78m/sec
C	"	"	0.0381	0.0215	0.0596	0.660	0.618	0.0380	0.0200	0.0580	0.694	0.628	注油加熱せず
D	"	"	0.0447	0.0198	0.0645	0.745	0.654	0.0419	0.0221	0.0640	0.677	0.620	試験時間 2 時間

第12表(1) 磨 耗 試 験

符 號	壓 力 kg/cm^2	焼鈍せざるもの						焼鈍せるもの						記 事
		磨 耗 量 (gr)			運 動 摩 擦 係 數			磨 耗 量 (gr)			運 動 摩 擦 係 數			
		(m_1)	(m_2)	$(m_1 + m_2)$	試験開始直後	試験終了直前	(m_1)	(m_2)	$(m_1 + m_2)$	試験開始直後	試験終了直前			
回轉靜止 試驗片試驗片 (m_1) (m_2)														
A	シリンド ーライナ ー地金	2,968	0.0700	0.0393	0.1093	0.621	0.578	0.0593	0.0320	0.0913	0.578	0.578	試験片接觸面積は $64mm^2$	
B	〃	2,746	0.0645	0.0347	0.0992	0.595	0.569	0.0527	0.0311	0.0838	0.638	0.577	平均速度は $1.78m/sec$	
C	〃	2,534	0.0601	0.0333	0.0934	0.601	0.583	0.0550	0.0293	0.0843	0.604	0.565	注油加熱せず試験時間 2 時間半壓力	
D	〃	2,125	0.0544	0.0241	0.0785	0.693	0.667	0.0520	0.0279	0.0799	0.688	0.594	は第4表張りの密度の約6.4倍に近い	

寫眞 1. 磨耗試験機



9. 顯微鏡試験

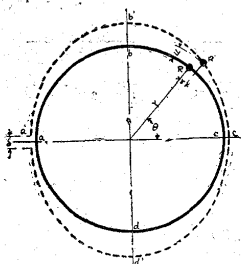
顯微鏡試片は第 7 圖に示す如き位置から採取し其の斷面を研磨して検査した、之等を寫眞に示す、此結果は何れの材質も内外共に大體一樣な組織を示し地は全部パーライトでグラハイトの形状及分布状態も良好で有る、而して A, B, C, 及 D 間の組織的差はグラハイトの分量に於て D が多少多いと感ずる程度で一吋認められない。

10. ピストンリングの理論的考察

本節に於てはピストンリングに就て一二の理論的考察を試み様と思ふ。

第 11 圖に於て點線を描いて有る $a'b'c'd'$ 曲線を外力

第 11 圖



が作用しない場合のピストンリングの弾性線とし δ を切口の開きとする、此のピストンリングの外周に沿つて一定不變の $P \text{ kg/cm}$ と云ふ密度の外力が中心方向に作用すれば弾性線が變じて半径 r なる圓になるとする

今弾性線が外力の作用しない状態で半径 r なる $a.b.c.d$ 圓で有るとし之に外方に向つて $P \text{ kg/cm}$ の外力が作用した場合弾性線は如何様な形状をとるか云ふに變形が大に失しないで材料の内部に呼起される應力が弾性の範圍内に在れば近似的に $a'b'c'd$ 曲線に成るものと考へられる、従つて最初の弾性線が半径 r となる、 $a.b.c.d$ 圓で有ると考へて之に外方に向つて $P \text{ kg/cm}$ なる外力が作用した場合の變形を求むれば近似的に之が前述せる場合の變形を與へるこ

とになる。

諸、第 11 圖に於て R 點が外力のために R' 點に移動したとし此時の半径及圓周方向の變位を夫々 u 及 v とすれば半径方向の變位 u を求める微分方程式は近似的に次の様に書ける。

$$\frac{EI}{r^2} \left(\frac{d^2 u}{d\theta^2} + u \right) = -M \quad (1)$$

但し E 及 I は夫々弾性係數及慣性能率で M は任意の點に作用する彎曲偶力で有る、而して唯今の場合此値は

$$M = -pr^2(1 + \cos\theta) \quad (2)$$

で有るから之を (1) に代入して u を求むれば

$$u = \frac{pr^4}{EI} \left(1 + \frac{1}{2}\theta \sin\theta \right) + A \cos\theta + B \sin\theta \quad (3)$$

と成る、今 $\theta=0$ 及 $\theta=\pi$ で共に $du/d\theta=0$ で有ると云ふ條件を入れて (3) の未知係數 A 及 B を決定すれば $A=B=0$ となり結局 (3) は次の様に簡單になる

$$u = \frac{pr^4}{EI} \left(1 + \frac{1}{2}\theta \sin\theta \right) \quad (4)$$

又 v は

$$v = \int_0^\theta u d\theta = \frac{pr^4}{EI} \int_0^\theta \left(1 + \frac{1}{2}\theta \sin\theta \right) d\theta = \frac{pr^4}{2EI} \left[\sin\theta + \theta(2 - \cos\theta) \right] \quad (5)$$

従つて切口の開き δ は次の如くなる

$$\delta = \frac{3\pi pr^4}{EI} \quad (6)$$

又 (6) を用ひて (4) を書換へれば

$$u = \frac{8}{3\pi} \left(1 + \frac{1}{2}\theta \sin\theta \right) \quad (4a)$$

と成る、今半径方向の肉幅を a 之に直角の方向の厚みを b とし外力 p に依つて呼起される最大應力 σ'_{B0} を求むれば近似的に次の様に成る。

$$\sigma'_{B0} = \frac{12pr^2}{a^2b} = \frac{\delta a E}{3\pi r^2} \quad (7)$$

次に圓周に沿つて作用する外力 p の代りに切口の兩端に外力 Q を作用させた時も全く以上と同一方法で次の諸式を導く事が出来る。

$$\left. \begin{aligned} u &= \frac{Qr^3}{EI} \left(1 + \frac{1}{2}\theta \sin\theta \right) \\ v &= \frac{Qr^3}{2EI} \left[\sin\theta + \theta(2 - \cos\theta) \right] \\ \delta &= \frac{3\pi Qr^3}{EI} \\ \sigma'_{B0} &= \frac{12Qr}{a^2b} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

偕、ピストンリングをピストンに挿入する時は普通には切口に Q なる外力を作用させリングを開いてピストンに挿入する、此時の半径方向の変位 u は

$$u = \frac{(Q+pr)r^3}{EI} \left(1 + \frac{1}{2}\theta \sin\theta\right)$$

となり $\theta=0$ の変位を u_0 とせば之は次の如くなる。

$$u_0 = \frac{(Q+pr)r^3}{EI}$$

今 $u_0=a$ とし、上式を多少書換へれば

$$Q+pr = \frac{aEI}{r^3}$$

此關係式を考慮に入れて σ'_{B_0} と σ'_{B_1} との和を作れば次式を得る

$$\begin{aligned} \sigma'_{B_0} + \sigma'_{B_1} &= \frac{12r(Q+pr)}{a^2b} = \frac{12EI}{abr^2} \\ &= \frac{a^2E}{r^2} \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

今 σ'_{B_0} と σ'_{B_1} の關係を次の様を表し

$$\sigma'_{B_1} = \beta \cdot \sigma'_{B_0} \dots\dots\dots (10)$$

之を (9) に代入すると

$$\begin{aligned} \sigma'_{B_0} &= \frac{a^2E}{(1+\beta)r^2}, \sigma'_{B_1} \\ &= \frac{\beta}{1+\beta} \cdot \frac{a^2E}{r^2} \dots\dots\dots (11) \end{aligned}$$

と成る、従つて (7) より

$$\delta = \frac{3\pi a}{1+\beta} \dots\dots\dots (12)$$

と成り更に (6) より

$$p = \frac{aEI}{(1+\beta)r^4} \dots\dots\dots (13)$$

を得る、之等の式に於ける β の値は 2 乃至 3 の間にとるのが穩當で例へば 2.5 とすれば

$$\delta = 2.69a, p = 0.2857 \cdot \frac{aEI}{r^4} \dots\dots\dots (14)$$

となる、以上の結果からピストンリングの変形状態は勿論のこと内部應力及張りの強さ等も求めることが出来るが唯今特に考察したいのはピストンリングをシリンダーライナーの中に挿入した時前者が後者に一樣な壓力を及ぼす爲にはピストンリングの最初の形狀を如何にしたら良いかと云ふ點で之は云ふ迄もなくピストンリングに關する大切な問題の一つで有る、今 (4) 及 (5) を次の如く書換へる。

$$\left. \begin{aligned} u &= \phi_1 \frac{pr^4}{EI}, v = \phi_2 \frac{pr^4}{EI} \\ \text{但し} \quad \phi_1 &= 1 + 2\theta \sin\theta \quad \phi_2 = \frac{1}{2} [\sin\theta + \theta(2 - \cos\theta)] \end{aligned} \right\} (15)$$

而して種々の θ に對する ϕ_1, ϕ_2 の値を求めると第 13 表の様に成る、

第 13 表

角 度	ϕ_1	ϕ_2	角 度	ϕ_1	ϕ_2
0	1.000	0	105	1.885	2.552
15	1.037	0.265	120	1.907	3.049
30	1.131	0.547	135	1.833	3.543
45	1.278	0.861	150	1.655	4.002
60	1.453	1.218	165	1.373	4.400
75	1.633	1.623	180	1.000	4.712
90	1.785	2.071			

即ちピストンリング最初の形狀を本表に依り與へられる如き曲線にすれば之をシリンダーライナーの中に挿入せる時大略一樣の壓力を及ぼすことになる、此表より見ても大體豫測出来る様に本表で與へられる曲線は橢圓ではなく寧ろ卵形狀で有る、之を唯今の研究に使用せるピストンリングの場合に就いて求め其の一例を示す。

今 (14) に於て $a=9\text{ mm}$ を代入すれば

$$\delta = 24.21\text{ mm}, p = 2.571 \frac{EI}{r^4}$$

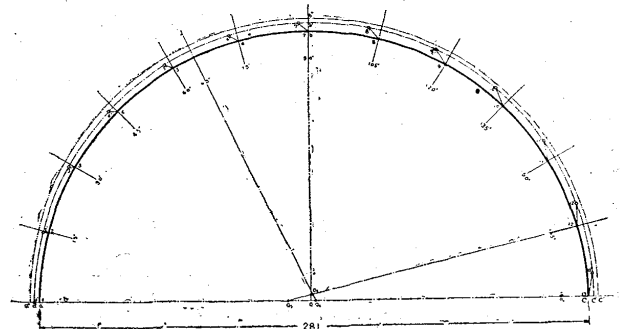
となり此 δ は本研究で實測せる結果と良く一致する、次に p の値を (15) に代入すれば

$$u = 2.571\phi_1\text{ mm}, v = 2.571\phi_2\text{ mm}.$$

各角度に就て之等を求めた曲線を第 12 圖に示す、即ち圖に於て c が切口に相當し $\widehat{abc}$ はピストンリングがシリンダーライナー中に挿入された場合の又 $\widehat{a'b'c'}$ は夫が自由な場合に於ける彈性線の形狀を示す、此際 1, 2, 3, ..., 1'2'3'..., 等の符號を用ひて各點の變位狀態を明かにした、此 $\widehat{a'b'c'}$ は明瞭に橢圓ではない、従つて其の作圖法も簡單では無いが圖の如く近似的に $0_10_20_3$ の三點を中心とする 3 つの圓弧で表すのも亦一法で有る、偕鑄込寸法を決定する爲には $\widehat{a'b'c'}$ の内外兩側に適當に一樣の肉を付け

第 12 圖

ピストンリングの變形の一例



れば最も理想に近いものと考へられる、唯今の研究に於ける鑄込寸法から $\widehat{a'b'c'}$ に相當するものを求めて見ると $\widehat{a''b''c''}$ で表される橢圓形になり、 $\widehat{a'b'c'}$ と餘程相違する、然

るに仕上つたピストンリングに就て測定せる結果は $a'b'c'$ と良く一致するもので従つて外側部の仕上代の方が内側部の夫よりも多い事に成る、併し實際には最初の開きを約 37 mm 位にして有る爲に此影響は餘程緩和されるが他方仕上り後の開きは前述の如く 24 mm 位に成るので仕上前後に於ける開きの差が可成大きい。此事實は一般に他の寸法を持つピストンリングの場合にも起きるので此點に關しての研究發表は次の機会に譲り度い。

尙最後に考察して置き度いことは弾性係數と抗張力及硬度との關係で有る。

既に上に述べた諸式が示す様にピストンリングの種々の計算式の中には弾性係數 E が含まれて居る、鐵鋼に於ては E の値は約一定して居て餘り變化はないが鑄鐵では可成の變化が有る、勿論 E の値を換へる爲には地金の配合を變へねばならぬ事は云ふ迄も無いが一々手数をかけて之等地金に就て E の値を測定することは面倒で有る、従つて簡単に之を求める方法が實際的に必要に成つて來る。

從來著者が當社の二三の鑄鐵に就て行つた實驗結果から推察すれば弾性係數と抗張力及硬度との間には簡単な關係が存在する様で有る、今此結果を第 14 表及第 13 及 14 圖に示して参考に供し度い、尙第 15 圖に弾性係數と炭素含有量の關係圖を求めて置いた、唯今の場合は珪素含有量に可成の相違が有るが大體に炭素含有量に逆比例する様で

有る。

以上の事實から抗張力或は硬度を知つて大略弾性係數の値を知ることが出來従つて此値を用ひて諸種の計算を行ふ事が出来る。

結 論

以上の結果を總括すれば次の様で有る。

a) 配合を異にする 4 種の地金を撰び鑄込寸法、仕上方法及仕上寸法等皆同一にして且、各種共に燒鈍せるものと然らざるものとを各數枚宛製作し研究に提供した。

b) 硬度、顯微鏡、及其他的機械的諸試験の結果各リングに於て材質は略何れの箇所も同一で唯今の如き鑄込寸法及鑄込操作に依れば肉薄に拘らず均一な組織が得られる。

c) ピストンリングの張りの分布状態は可成良好で本研究に於ける如き鑄込寸法及仕上方法に依る時は可成良好な成績を掲げ得る。

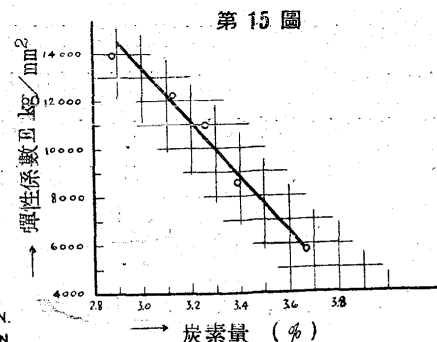
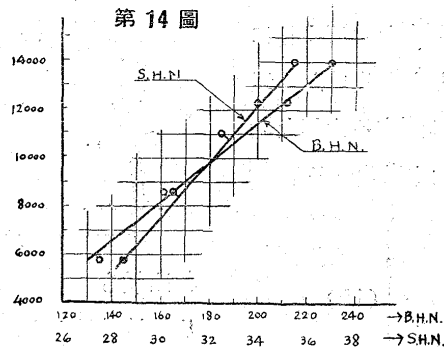
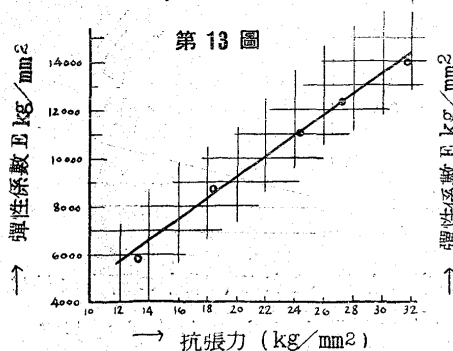
d) 張りの平均の強さは大略他の機械的性質に比例する

e) 張りの分布状態に影響するものは鑄込寸法、仕上方法及仕上寸法等で有るか特に最後の仕上寸法には充分の注意が必要で有る。

f) 本研究のピストンリングに於ては張りの強い箇所が大體 4 ヶ所有る、之は外徑及内徑の仕上に於ける局部的押への位置が影響するのでは無いかと豫想されるもので之は何れの點から考察するも良くないから出来る丈避けて全面

第 14 表

符號	抗 張 力 kg/mm^2	弾性係數 kg/mm^2	硬 度		化 學 成 分				記 事
			B.H.N.	S.H.N.	T.C	Si	Mn	P	
N-2	13.42	5790	135	28~29	3.67	1.80	0.88	0.334	試験棒の鑄込寸法は $30\phi \times 600mm$ 弾性係數は 20ϕ 標點距り $200mm$ の試験片 を用ひ伸はマルテンス鎖裝置に依り測定した
N-1	18.46	8650	161	30~31	3.39	1.44	0.75	0.301	
Be	24.38	10950	196	32~33	3.26	1.93	0.91	0.407	
Ri	27.21	12320	212	34	3.12	1.06	0.77	0.148	
Li	31.73	13940	230	35~36	2.88	1.00	0.90	0.362	



を一樣に締付ける方法をとるのが良策で有る。

g) 一樣な厚み及幅を有するピストンリングが一樣な張りを與へる如き形狀に就て理論的に考察し、合せて斯る條件を満足さす、ピストンリングの鑄込寸法に就て論じ、本研究の場合に於ける如き鑄込寸法では尙充分で無い事を確めた。

最後に本研究に於て顯微鏡及分析試験を擔當された藤盛君は申す迄もなく、張りの測定を手傳つた加藤、片平伊藤の諸君、諸種の機械的試験を熱心に遂行した齋藤君及原稿の整理に献身的努力を拂つた佐藤君等に深甚の感謝の意を表す。

顯 微 鏡 寫 眞

