

# 白點の成因並に其防止法

(日本鐵鋼協會 第五回講演大會講演)

武 林 誠 一

## ABSTRACT.

In this paper the author discusses the occurrence, origin, and remedy of flakes. He gives the results of a series of experiments as follows:-

(1) The cause of flakes is chiefly due to the grain size of primary crystals formed on the solidification of an ingot.

When the casting temperature is high, the primary crystals become coarse and the inner portion of the ingot will solidify much more slowly than the outer. If the temperature be high, the stress induced in the ingot during solidification should be great and weak parts should be produced around the coarse grain boundaries of the primary crystals.

(2) These weak parts will develop to hair crack called flakes by tensile stress induced on cooling stage during annealing or on quenching operation.

(3) Flakes will be avoided with slow cooling after forging in case of thin material but this remedy is not satisfactory, because it is impossible to avoid this defect completely in case of thick material.

(4) If an ingot be cast in too low temperature, the crack like flakes will also occur and this defect will generally start from the minute non-metallic inclusions in the ingot.

(5) The reasonable casting process requesting high temperature melting and moderately low temperature tempering is strongly recommended by the author to avoid both dirt and flakes.

## I. 緒 言








特種鋼殊に Ni-Cr 鋼材内部に出現する最も有害なる白點と稱する材質的缺陷の成因を探求してその徹底的防止法を確立せんとす。



きは同一鋼塊全部に互りて之有を暗示するものなるを以て重要な材料としては用ひられず其材料試験成績を擧ぐれば次の如し、

## II. 白 點




白點とは外國にては Silvery spot, flake 又は snow flake 等と稱せられ第1圖に示す如き白色の圓形となりて鋼材内殊に Ni-Cr 鋼内に出現する材質的缺陷なり、その形状は鍛鍊の方向の如何に係らず圓形を呈し一般に析出とは關係なく出現すれども、時には析出を起點として出現することあり、白點の部分は全くの割疵なるを以て牽引試験の際は彈性限殊に破斷界の低下を來し同時に延伸率を著しく惡化せしむ、この缺陷一度出現すると

### 其 1 例

破斷界 kg/mm <sup>2</sup>	延 伸 %(2")	斷面	切斷 位置	白點の 有 無
75.3	27.5	F	C	なし
77.8	6.5	G 極小 白點	C	 白點 $\frac{1}{12}$
35.9	1.0	F 白點	C	 白點 $\frac{1}{2}$
41.0	2.0	FG 小 白點	C	 白點 $\frac{3}{8}$
49.8	0.8	F 白點	螺子部 切 斷	
19.7	1.3	F 白點	C	 白點 $\frac{5}{6}$
48.3	1.8	FG 極小 白點		 白點 $\frac{1}{5}$
52.1	—	FG 極小 白點	標點外	 白點 $\frac{3}{8}$

17.4	0.8	F	C		白點 $\frac{9}{10}$
43.2	3.0	Fsh 白點	C		白點 $\frac{1}{3}$

其 2 例

	彈性限 kg/mm <sup>2</sup>	破斷界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 (%)	收縮 (%)	斷面 %	硬度 (ブリネル)	
(1)	59.0	77.0	21.9	54.8	F	241	
(2)	56.7	74.7	24.0	57.3	Cap	241	
(3)	56.7	75.5	22.3	53.8	F	241	
(4)	55.4	75.2	22.7	52.8	F	239	
(5)	58.4	77.7	22.2	50.8	F	241	
平均	57.1	76.0	22.6	54.0		241	
(6)	59.4	53.5	3.8	—	白點 FSL	249	 白點 $\frac{1}{2}$ 60°傾斜
(7)	—	55.0	2.7	—	白點 FG	248	 白點 $\frac{1}{2}$ 60°傾斜
(8)	—	40.7	2.7	—	白點 FSL	257	 白點殆ど全面 60°傾斜

其 3 例

白點なき部分の強力より白點の部分の強力を算出すれば、

彈性限 kg/mm <sup>2</sup>	破斷界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 %	收縮 %	斷面 %	白點なき部分の面積	白點なき部分の強力を算出す
1	45.0	82.4	16.8	31.6	Fsl	
2	50.0	80.7	17.0	25.3	L	
平均	47.5	81.6	16.9	28.5		
3	—	50.0	3.2	12.0	L	$\frac{50}{94}$ (kg/mm <sup>2</sup> ) —3.3
4	—	47.0	3.0	13.4	L	$\frac{49}{95}$ —6.9
5	—	42.0	2.5	3.5	L	$\frac{54}{90}$ —9.0
6	—	37.0	3.0	2.0	L	$\frac{71}{73}$ —3.3
7	—	25.0	1.8	2.8	L	$\frac{86}{58}$ —7.9

III. 其成因に関する諸説

(1) J. N. Whiteley 氏はこれが原因を一酸化炭素を多量に含有する瓦斯の影響なりとし

(2) Haakon Styri 氏は其原因を脱酸成生物及鋼滓の影響なりとし

(3) F. Giolliti 氏は之を酸化成生物の影響なりとし即ち鋼中の  $Fe_3C$  が酸化鋼滓の爲に酸化せら

れ、フェライトが分離して特異の破面をなすものなりとし

(4) Charles, G. Clayton 氏はフェライトの擴散の遅き爲なりとし即ち粗粒の Hypocutectoid Steel を熱するときは第一の變態は  $Ac_1$  に於て起り又フェライトの網は  $Ac_{2,3}$  に於て吸收せられるも其の擴散の遅き爲にオーステナイトは過熱せらるゝも尙不均一にしてパーライト粒の中心なりし所に高炭素の部分を残す故に此部分は熔融點低く鍛鍊中に溶解せられて、薄膜又は境界となりて残るものなりと言ひ、

(5) H. H. Ashdown 氏は白點の主因は鋼塊にありて mass action が終極の原因となる事を發表し簡單にして用心深き處置によりて完全に解決し得らるゝことを力説すれども其具體的方法に言及せず之を要するに諸説はありても未だ具體的の防止法の確立を見ざる状態にあり、次に著者の之に關する研究の概略を掲ぐ。

- 上記論文の出所
- (1) Iron and Coal Trade Review. Oct. 22, 1926,
  - (2) Chemical and metallurgical Engineering Vol. 20, No 7, april 1. 1919.
  - (3) Chemical and Metallurgical Engineering March 15, 1919.
  - (4) Chemical and Metallurgical Engineering March 1. 1919.
  - (5) Iron age May 8, 1930.

IV. 白點の成因と熔解作業の關係

(1) 装入材料の精選によりて白點を防止し得るや否やの實驗

配合/鋼番號	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
瑞典 銑	30%	15%	20%	20%	30%	20%
大竹 銑	0	15%	20%	20%	0	20%
精鋼 銑	0	10%	0%	0	0	0
鋼材	20%	10%	10%	10%	10%	10%
スクラップ	50%	50%	50%	50%	60%	50%

茲に瑞典銑及大竹銑とは夫々瑞典國及本邦產の低磷銑鐵にして *P* 及 *S* は夫々 .02 以下なり又特種銑とは *Ni-Cr* 鋼の削屑を木炭と共に鎔鑪に於て處理したるものにして大略次の如き分析成分を有す。

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>
3.97	.38	.43	.048	.010	2.93	.76

精鋼材とは製罐屑其他各種のスクラップを鹽基性平爐にて精鍊したるものにして大略次の如き分析成分を有す

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>
.40	.10	.40	.020	.020	.75	.20

以上の配合にて *Ni-Cr* 鋼塊を造り白點極めて生じ易き肉厚金物を製造せり。

各熔解の分析成分次の如し。

鋼番號	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>
No.1	.28	.14	.46	.027	.026	3.70	.76
No.2	.28	.19	.50	.029	.022	3.79	.68
No.3	.26	.19	.46	.030	.022	3.65	.63
No.4	.24	.16	.46	.025	.023	3.70	.76
No.5	.30	.12	.43	.024	.023	3.76	.70
No.6	.29	.13	.44	.029	.024	3.45	.61

其成績は

鋼番號	良 (A)	白點出現 (B)	A+B	$\frac{B}{A+B}\%$
No.1	4	0	4	0
No.2	4	0	4	0
No.3	1	0	1	0
No.4	2	0	2	0
No.5	1	8	9	89%
No.6	12	6	18	33%

以上の成績と配合材料熔解作業中の地金及鋼滓の分析成分等を比較研究するも其間に一定の關係なく装入材料の配合を按配するも容易に白點問題を解決し得ざるを知れり。

(2) モリブデナムを加ふることによりて白點を防止し得るや否やの實驗

モリブデナムは *Ni-Cr* 鋼に加へて極めて良好なる成績を擧ぐることは衆知の事實にして、これによりて延伸及衝擊値を低下することなく強力を上昇せしめ得、ゴーストマーク出現少くサルファ

ープリント良好となる特徴を有す、茲に於て次の分析成分の鋼塊を造りて肉厚金物を製造せり。

鋼番號	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>
No.7	.21	.15	.36	.020	.010	3.43	.54	.23

其成績は

鋼番號	良 (A)	白點出現 (B)	A+B	$\frac{B}{A+B}\%$
No.7	3	5	8	63%

サルファープリントは極めて良好なりしが白點は依然として出現しモリブデナムを加ふることのみによりて白點問題を解決し得ざるを知れり。

(3) 電氣爐によりて白點を防止し得るや否やの實驗

鹽基性電氣爐は平爐と異りて爐熱の調整自由にして、鋼滓掻出によりて不純物を充分除去し得るのみならず、還元期に於ては酸化焰に曝露せらるゝ事なく、完全なる還元圈を生じ坩堝鋼と同等の品質の鋼を製造し得べし、即ち7 吨容量の電氣爐にて *Ni-Cr* 鋼塊を製造して肉厚金物を製造せり其結果依然として白點出現しこれを以てするも本問題は解決し得ざるを知れり。

(4) クロミウムを含有する事少く充分脱酸せしめたるニッケル鋼によりて防止し得るや否やの實驗

これが爲に次の分析成分の鋼塊を作りて肉厚金物を製造せり。

鋼番號	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>
No.8	.36	.31	.61	.027	.026	3.9	.14

熔解作業中の地金の分析成分次の如し。

	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	サンプル採取時間 時分
1	.75	.01	.10	.020	.022	2.71	.06	3-30
2	1.23	.04	.35	.023	.022	2.62	.06	4-0
3	1.02	.01	.11	.021	.020	2.82	.08	5-0
4	.84	.06	.11	.024	.023	2.79	.11	6-0
5	.64	.12	.13	.022	.024	2.76	.11	7-0
6	.47	.18	.15	.022	.024	2.71	.11	8-0
7	.36	.24	.15	.025	.025	2.81	.09	10-0
8	.31	.22	.30	.023	.025	4.01	.06	10-16 差物部
9	.33	.30	.58	.025	.026	3.85	.08	10-40 ダンプ

本溶解中はスケール、鑛石又は石灰石等の酸化劑は全く用ひずして専ら脱酸に注意し試料は常に脱酸せられたる状態を示し、第4試料頃より硅素は鋼滓より漸次地金に還元せられつゝあるを見る、かくの如き材料を以てしても白點問題の解決を見ざりき。

(5) ニッケル比較的少なく、炭素及クロミウム多き材質による實驗

これが爲に次の成分の鋼塊を作りて肉厚金物を製造せり。

鋼番號	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
No 9	40	15	30	025	014	2.46	1.30

其結果に於ても白點出現しこの種の鋼を以てするも本問題は解決し得ざるを知れり。

### V. 白點の成因と鍛鍊作業の關係

1925年英國鐵鋼協會にて發表せられたる瑞典の Hultgren 氏の實驗に暗示を得て、白點は鋼塊を鍛鍊したる後之を空中放冷することなく、直に燒鈍爐に装入して燒鈍徐冷を行ふ事によりて出現を防止し得るとなし實驗せり。其結果は薄肉金物につきては相當の成功を見たけれども、厚肉金物については成功せず即ち本法によれば白點は全然防止し得ず、薄肉物は徐冷により内外の冷却速度を一様にして白點の素質あるものゝ割るゝを幾分緩和せしむるに止りたり。

### VI. 白點の成因と鑄塊法との關係

鑄塊法殊に注型温度の研究により其成因の一つは注型温度又は速度に關係あることを見出し之等を適當にして此の缺陷を略防止し得る事を確めたり、次に其研究の經過概略を掲ぐ。

最初白點の出現せざる特種鋼製圓筒材につき材料試験を施行せり其の成績は次の如し。(試桿は横方

面に取る)

内 部	破斷界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸(2'') %	收縮 %
中 部	71.4	18.0	38.1
外 部	70.9	23.5	35.2
平 均	74.6	22.5	41.0
	72.6	21.5	38.0

次に本圓筒の一方即ち鋼塊T部に當る處より圓板を切り取り、サルファープリントを取りて見たるに、第2圖に示す如く析出の粒大にして内外一樣なり、この圓筒の外貌を檢查したるに外周に砂疵數個を發見せり、これより本鋼塊は低温にて注型したる事を推論せらる。即ち低温にて注型せられた場合には内外の凝固速度大差なき爲に析出状態は内外一樣となる、尙此の事實を確むる爲に白點の現出したもの及せざるものに就き同様のサルファープリントを探りて比較研究を行へり、即ち

#### 第1例

第3圖及第4圖を第5圖及第6圖と比較するに第3圖は白點の現出せざる特種鋼製圓筒のサルファープリントにして其の内腔に正切に取りたる材料試験成績次の如し。

位置	弾性限 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 2''	断面 收縮%	硬 度	衝擊 英尺	
B	1	55.0	76.0	23.3	44.3	222	50.3-51.4
	2	55.8	75.2	23.5	46.0	228	49.8-50.6
T	3	55.2	76.0	22.3	40.4	223	43.6-44.7
	4	55.1	75.4	20.7	35.2	222	44.7-43.6
平均	55.2	75.6	22.4	41.5	224	47.1-47.5	

第4圖も同く白點なき圓筒にして正切に取りたる材料試験成績は

位置	弾性限 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 2''	断面 收縮%	硬 度	衝擊 斤/呎	
B	1	47.5	72.2	18.0	31.6	207	42.0-46.2
	2	51.0	71.8	19.0	29.7	205	43.5-47.0
T	3	53.8	76.0	20.0	37.5	216	46.5-46.0
	4	52.6	76.7	18.5	30.3	217	36.7-40.7
平均	51.2	74.2	18.9	32.3	211	42.2-45.0	

第5及第6圖は白點出現したる圓筒材にして内腔に正切に取りたる材料試験成績は次の如し。

位置	弾性限 kg/mm <sup>2</sup>	破断界 kg/mm <sup>2</sup>	延伸 2"	收縮	硬度	衝擊 听/呎
(イ) {1	50.0	69.0	14.8	21.0	197	41.4-43.5
B {2	49.2	69.0	17.0	26.0	197	44.4-40.0
T {3	51.0	64.8	8.3	20.1	203	36.6-44.8
4	50.2	69.0	16.3	24.7	210	43.2-41.3
平均	50.1	68.0	14.1	23.0	202	41.4-41.3
(ロ) {1	61.2	75.4	11.0	20.8	229	40.6-38.9
B {2	59.2	68.0	6.5	13.4	228	38.6-42.3
T {3	63.0	77.6	11.8	21.4	223	37.5-36.7
4	62.5	76.3	8.8	15.4	229	37.0-34.5
平均	61.5	74.3	9.5	17.8	227	38.4-38.1

注型温度	鋼塊數	良品	白點
上	30	60%	40%
中	16	75%	25%

注型中湯面の状態と良品及白點の関係

湯皮の有無	鋼塊數	良品	白點
無	45	61.5%	38.5%
有	21	69.8%	30.2%

次に肉厚圓筒材 23 本を各 16 磅鋼塊より製造したる際の成績を擧ぐれば下の如し。

即ちサルファープリント美しきもの白點出現の傾向あるを知る。

第 2 例

70 磅鋼塊製造の場合に於て次の記録あり

注型時の種 nozzle	注型時間	成績
50 mm	25.20	白點
45 "	30.50	良
48 "	27.10	材料試験不良
46 "	30.10	良

これより推論するときは種のノズルの径を大とし注型時間早き方白點出現の機會あり。

第 3 例

第 7 圖は 8 磅鋼塊を荒延中に出現したる白點に

してこれが注型記録を示せば、

鋼塊分數	注型時種の Nozzle	時間
1/4	34 mm	7.25
2/4	34 "	7.15
3/4	34 "	7.40
4/4	34 "	7.55

1/4、2/4 鋼塊は鑄型内に於て沸騰をなせり、鍛鍊中大小の割疵を生じたるは注型温度極めて高かりしを示す、熔解作業は極めて順調にして爐熱鋼滓共其状態良好なることより考ふるときは良好なる熔解作業を以てしても注型温度適當ならざる時は白點を生ずる機會あり。

第 4 例

次に中實鍛鍊により製造せる肉厚圓筒材につき注型状態と白點の出現状態を調査せり。

即ち注型温度と良品及白點の関係

鋼番號	tundish Nozzle(mm)	注型 時間	結果	鍛鍊 法
A	29	14.20分	白點	中空
B	30	13.10	白點	中空
C	27	16.30	良	中空
D	27	16.20	良	中實
E	27	17.00	良	中空
F	27	13.45	良	中空
G	27	15.00	良	中空
H	26	19.00	良	中空
I	26	18.25	良	中空
J	26	19.20	良	中空
K	26	16.30	良	中空
L	26	17.20	良	中空
M	26	16.20	良	中空
N	26	17.15	良	中空
O	26	18.40	良	中實
P	26	15.55	良	中實
Q	26	15.05	良	中空
R	26	15.45	良	中實
S	25	16.40	良	中實
T	26	16.20	良	中實
U	26	15.45	良	中實
V	26	15.50	良	中空
W	26	27.20	白點	中實

本表によれば白點は注型時間短過ぎし場合にも長過ぎし場合にも生じ各鋼塊につき適當なる注型時間あることを示す。

VII. 結 論

1. 白點の主なる原因は注型時に出來たる結晶粒に關係あるものにして、高温注型をなすときは結晶粒粗大となり且鋼塊凝固の際は高温なる程内外の凝固速度一様ならず、鋼塊内部にストレスを生じこれが爲に結晶粒の周圍に弱點を生ず、これが白點の素因をつくる。

2. 白點が實際の割となりて現はるゝは燒鈍後の冷却又は燒入時の急冷の際なり、然して異状な

き部と異りたる断面を示すは割れたる時期の異なるによる。例へば前記弱點を起點として焼入時に割れたる際は其の部分には焼入時の断面を呈し其他の異状なき部分は焼戻により熱錬せられ、これを折るときは異状なき部はファイブラスとなるも白點の部分は細かき断面を呈す。

3. 白點は肉薄物ならば鍛錬後徐冷をなすことによりて内外を殆んど一樣に冷却せしめ、鋼の内部に起るストレスを緩和せしめ割るゝを防止し得べきも肉厚物にてはたとへ徐冷するも内外を一

様に冷却すること困難なるを以てこの方法によりては割るゝを全く防ぎ得ず。

4. 爐熱良好ならざる時熔鋼を低温度注塑したる場合には析出著しくなり、これを起點として白點の割を生ずることあり。

5. 白點の防止法としては製鋼作業中充分高温度にて熔解を行ひ適當の温度にて注塑し鋼塊のデンドライト粒を細かくすることに務むるを要す。

其の注塑温度は Ni-Cr 鋼の場合には  $1,520^{\circ}\text{C}$  ~  $1,540^{\circ}\text{C}$  を適當とす。

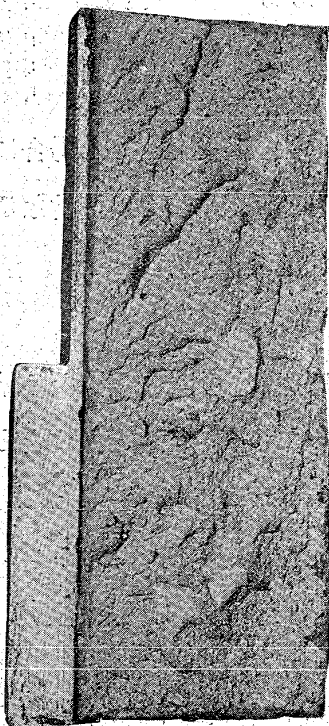
#### 武林誠一氏講演質疑應答

百々君 大きなインゴットに白點が生ずることは非常に困つた問題で、それに就て注入温度を  $1,530^{\circ}\text{C}$  度附近にすると大體結果が宜らしいといふ御研究でありましたが、大きいインゴットでは凝まる時のセグリゲーションの爲に斯ういふことになるだらうと思ひます。それに就てフォーチング及メルトの温度に就て色々考へられた様であります。是は私の間違かも知れませぬが、

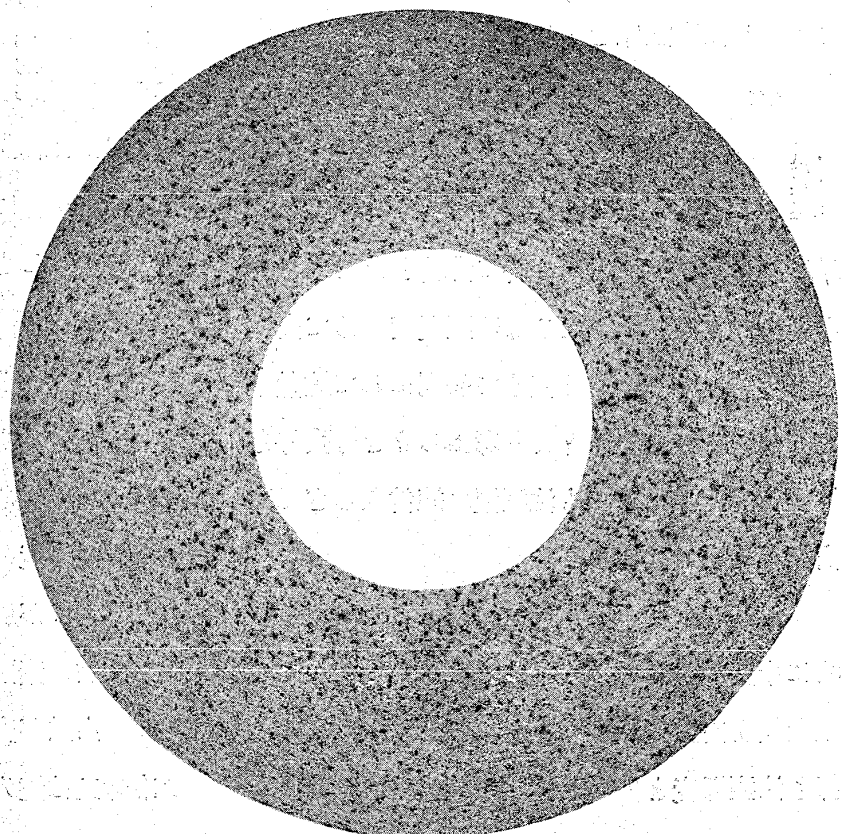
インゴットの頭を熱すると云ふことはいいことと思ひます。

武林君。インゴットの内外が一樣に冷へると云ふことが最も大切なことでありまして其の意味に於きましてインゴットの頭部を熱するのは非常にいいことではありますが、是は小さいインゴットの場合は出来るのでありますが、50 吨 100 吨位は温めても伸々思ふ様になりませぬ。

第 1 圖

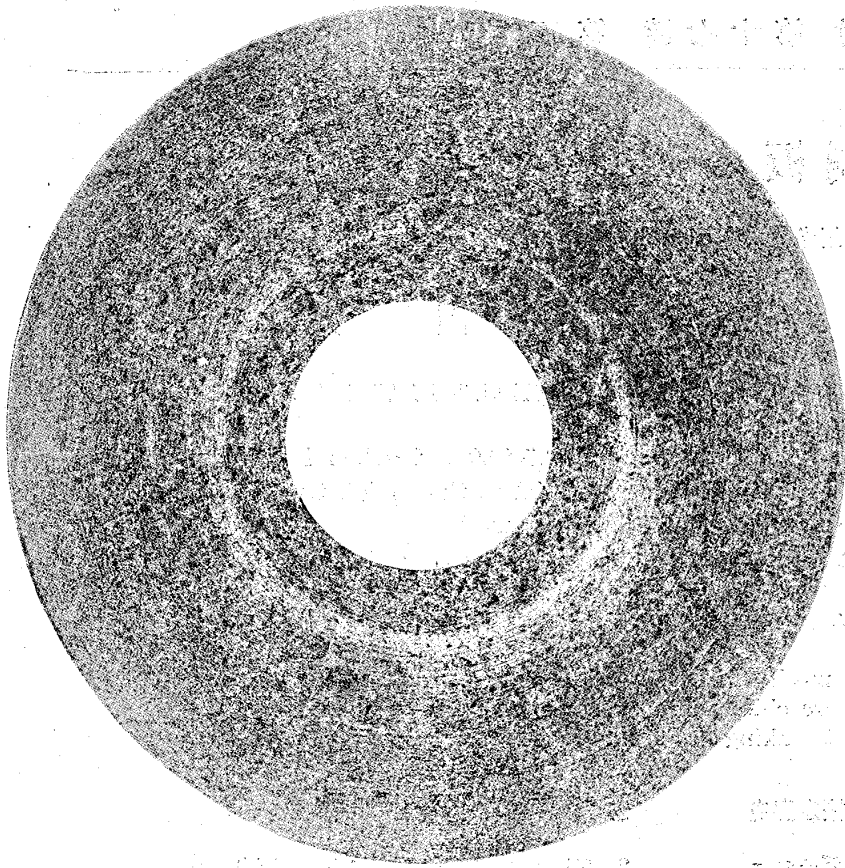


第 2 圖

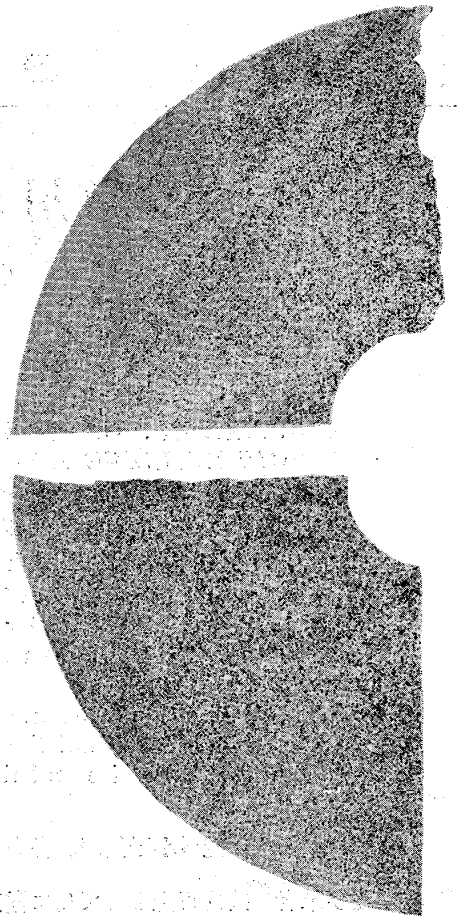




第 3 圖

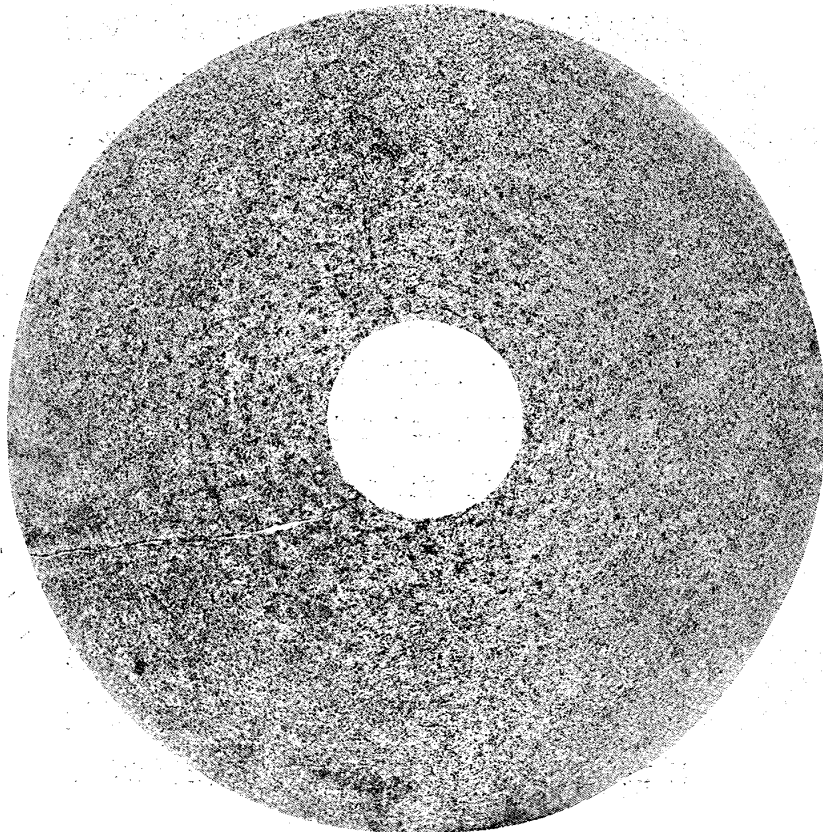


第 5 圖



第 6 圖

第 4 圖



第 7 圖

