

學振 19 小委 第 5 號

非金屬介在物に依る鋼品位判定方法

(日本鐵鋼協會第 23 回講演大會(第 4 回日本工學會大會)講演昭和 15 年 4 月 3 日)

倭 國 一 *

RECOMMENDED METHOD FOR THE ESTIMATION OF SLAG INCLUSIONS IN STEEL
IN REPORT NO. 5 OF THE 19TH SECTIONAL COMMITTEE OF THE JAPAN
SOCIETY FOR THE PROMOTION OF SCIENTIFIC RESEARCH.

Kuniiti Tawara.

SYNOPSIS:—Up to the present, various methods for the estimation of slag inclusions in steel have been proposed from which some presumptions on the quality of steel would be deduced. Among the many, only an official method was cited by Jernkontoret, Sweden in 1936. The 19th Sectional Committee of the Japan Society for the Promotion of Scientific Research has endeavoured since the beginning of 1937 to establish the most adequate method to designate the results of the prescribed microscopic examination of slag inclusions in steel and to contribute to the appreciation of steel quality. Some parts of our recommended method resemble to that of Jernkontoret's, but the characteristic features are as follows—

a) Types of slag included are classified into two classes, namely A and B, where A (sulphides, silicates) designates those of easily elongated by some plastic deformation of the steel containing, and in the same case, B (oxides) being left untouched.

b) Relative quantity of slag inclusions in steel either in segregated or dispersed distribution has to be estimated under the microscope of magnification at 100 diameters and expressed as a numerical figure (which called Inclusion Number) comparing to the strictly prepared Inclusion Chart.

c) Inclusion Chart is composed of 40 photomicrographs of 80mm in diameter, some 20 of them (10 figures every two types of inclusion) indicate the Inclusion Number 1 to 5 arranged in the order as $a=2^{N-1}$ where a designates the relative quantity of slag inclusions and N Inclusion Number. The other 20 figures are shown as a standard to measure the mean thickness of inclusions in 3, 6, 9, 12 and 15μ of Inclusion Number 3 as the examples.

d) Mean specific content of inclusions obtained by the following calculation is named Index Number of Cleanness and adopted as a basis of the appreciation of steel qualities together with the mean thickness of the inclusions examined.

$$\frac{\sum(a.F)}{\sum F} = \text{Index Number of Cleanness.}$$

where F designates the number of fields so examined having the same inclusion number and $\sum F$ the total sum of the fields actually examined.

e) Counting of numbers of inclusions under the microscope and also measurements of their sizes are not decidedly done.

Our recommended method is the outcome of about two years' jealous investigation cooperated with many specialists in Japan, and the present author certainly convinces that this method will make an enormous contribution to the study of steel-making and of further treatments of steel.

I. 緒 言

鐵鋼材はそれを製造する方法の如何に拘らず。其の中に金屬ならざるものを介在する。所謂非金屬介在物と稱するもので、鍊鐵製造の如く半熔融状態であれば、鐵滓は鐵粒間より完全に驅逐され難いのは當然であるが、之を繰返し鍛鍊してその中の非金屬介在物を微細にし、且一様に分布せしめるときは金質優良であつて彼の日本刀の刃部に當る所謂百鍊の精鐵として、その精巧なる切味を發揮するに至る。斯かる材料中の非金屬介在物は、その形状の微細なるその分布の整然たる。實に驚くべきものである。第 1 圖は

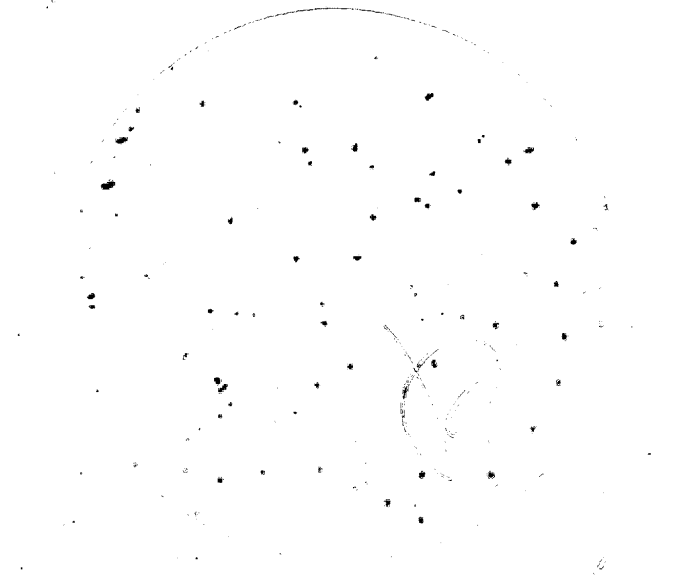
日本刀了戒の刃部の顯微鏡寫眞で、其縱横兩断面共に同一狀況を示し鐵滓は酸化鐵である。

今日一般に製造されてゐる鋼は完全なる熔融状態にて造られ、熔鋼そのものに比して比重の小なる非金屬物質は浮揚して分離する傾向を有し。比重大なる熔鋼を注出して鑄塊とするものであるから、全非金屬物質は容易に分離し鋼中に包含される筈は無いのであるが、實際問題に於ては之の分離は不完全であり。又全く不可能であつて相當量の非金屬介在物を認めるのである。

殊に製鋼作業中に於ては仕上期に種々の差物をする。之が曲物である。鋼中の酸化物を除去する爲め、有害ガスを放出せしめる爲め、或は鋼の成分を所要のものにする爲めの目的で行ふが、差物が種々の有害物を伴ふし又加ふ可き

* 東大名譽教授 日本學術振興會第 19 小委員會委員長

第1圖 日本刀了戒の双部 ×500



ものが一様に配布され又混ざつて呉れない。又生じた脱酸生成物は種々の酸化物の滓となつて熔鋼中より浮揚する筈であるが、この浮揚程度は酸化物の大きさと鋼との間の表面張力、浮揚の時間、距離、熔鋼の温度分布と、ガス放出とに基く流れの方向等に影響され完全を期し得られない。或は又是等非金属介在物の内には熔鋼の温度が降下し、凝固を開始し、終に凝固するに至て初めて生成されるものもあり、或は爐底、爐壁、樋、取鍋等より侵入する耐火材等が混入し介在物として鋼中に潜在する場合も少くない。

元來非金属介在物そのものは何れも力のないものであるから其の害は大きい。その種類、量に依り影響も異り、又分散程度に依り鋼質に與へる害も少からず異なるものと判断されるが、要するに之が介入は最も忌むべきものであり。特に大型鋼材や、重要器材となる特殊鋼に於ては痛切にその害を感じるものである。

鋼内の非金属介在物を完全に除去せんとする事は、現在の學問、技術の程度では全く不可能事で、又逆に少量介在する方が利益の場合もある。之が存在を肯定し、之を我々の目的に對し無害の程度に、即ち出来る丈之を微小にし一様に分布する事日本刀の双部の如くしたい。之が狙ひ所である。

此の目的に對しては先づ鋼中の非金属介在物の存在状態及其の性状、組成、生成機構等を知つて測定、記録し、之を標準とし目安として製鋼其の他の作業を進歩向上させねばならぬ。此の準標記録即ち熔製作業の進歩の程度を知る物差を作るのが本研究の目的である。之に2つの手段がある。1は非金属介在物を適當に鋼より分離して組成、量を

調べ、實驗的に生成條件を明らかとする手段と、2には鋼中に存在する状態を顯微鏡的に検査して、之を妥當な方法で表示記録する手段である。

非金属介在物を鋼から分離し定量する方法は現在に至る迄世界各國で種々の方法が試みられた。例へば鋼を稀薄酸、ヨード、臭素、鹽素等のハロゲンにて溶し或は中性溶液で電解して非金属介在物を残渣として分離し、之より各成分を定量する残渣法がある。此の方法は非金属介在物の全部を何等侵すことなく分離せしめる事が不可能であつて、珪酸、アルミナ、或は高珪酸のシリケートの外は完全な定量が困難な現状である。殊に残渣中より各成分を定量する際は炭化物、窒化物等の混入に依り組成を決定するに著しく困難な場合がある。

真空熔融法、水素還元法等で酸素を定量することは出来ても各成分を判定する事は出来ない。併し最近真空熔融法で、抽出温度を階段的に變更し、酸化物の種類に應じ分別的に酸素量を定量する方法が相當研究されてゐるから、之に依り或る程度の分別定量は出来る望みがある。日本學術振興會第19小委員會では數年前より是等に對する研究を實施し、相當の成果を擧げてゐる。

本研究は第2の手段であつて、顯微鏡的に非金属介在物を検査する方法並に結果の表示方法に關するもので、昭和13年より約2ケ年に近い期間を要し研究審議し、漸く去る。昭和14年10月に決定した。之に基き熔鋼、鋼塊、鋼材等の品位判定を行はんとするものである。次にこの決定に至る迄の経過と諸外國の實情とを記し参考に供する次第である。

II. 非金属介在物の顯微鏡検査方法の實例

現在公式に制定された顯微鏡検査の標準は僅かにスエーデンの鐵鋼協會のみであるが、各研究者又は工場に於ては種々の標準方法を案出して實施してゐた様である。之を大別すれば次の表の如き4方法である。

第1法 最も單純なものであるが、介在物の種類、性質が一定のときは有效であると思はれる。Whiteley¹⁾に依れば、試験片の研磨面に3.4mmの距離で2本の平行線を引き、これと直角に5本の線を等距離に引き、これに沿ふて2平行線間を倍率400、實視野徑0.3mmにて10回

¹⁾ J. H. Whiteley, 7th Report of the Committee on the Heterogeneity of Steel Ingots, Iron & Steel Inst. Special Report, No. 16, 1937, 30.

方法	検査基準	表示方法	発表者
1	介在物の数を算へる	単位面積中の介在物数を示す	Whiteley 1937
2	介在物の数を算へ且その寸法を實測する	(1) 介在物比含有量を算出する	Herty 1930
		(2) 単位面積中の介在物数及介在物平均寸法	Kjerrman 1929
		(3) 単位面積中の介在物数及寸法の總和	Kinzel-Crafts 1931 Skrodijewskij 1937
		(4) 単位面積中の介在物数及介在物の寸法に應じて係数を乘じた積の總和	Epstein 1931 Zieler 1931 Buchholz 1938 吳工廠 1938 住友製鋼 1937
3	分布を示す標準圖と比較する	(1) 任意の標準圖と比較し、その相當番號を示す	Sherry 1929 Benedicks 1930 Bolsover 1935 Walker 1939
		(2) 分布標準圖と比較し、その相當番號に或る係数を乘じその平均値を示す	住友製鋼 1937 Bolsover 1939 Jernkontoret 1936
		(3) 分布標準圖の相當番號に視野数を乘じ、或は更に介在物番號に應じて重量比を乘じ平均比含有量を算出する、尙参考の爲、平均寸法を併記する	Jernkontoret 1936
4	分布並に寸法を示す標準圖と比較する	(1) 分布と寸法の標準圖と比較し、その相當番號を示す	川崎製鋼 1937 Diergarten 1936
		(2) 分布の標準圖と比較して平均比分布を算出し、寸法の標準圖と比較し、平均寸法を判定する	學振第19小委員會法 1939

宛の檢鏡を行ふ。更に加熱着色法を行て再檢する。介在物は硫化物及酸化物を 1、珪酸及珪酸物を 2 と大別し兩者混在するときは多量の方の種類と見做して介在物数を計測してその平均値を算出するのである。

第2法 第1法は介在物寸法を考慮してゐないが、更に寸法に依り分類し、或はその平均寸法を測定して比較するのが本法である。Herty¹⁾は試験熔解で作た薄いストリップを試料とし断面の中央より外側に至る間を 250 倍で檢鏡し、接眼鏡ミクロメータで介在物の寸法を計測して全量を推算する、この際介在物をその寸法に應じて數組に分け、その平均直径を標準として重量計算の基準としてゐる。Kjerrman²⁾の方法は熔鋼注型中はその中頃の時期、鋼塊ならばその中央部に相當する位置より試料を採り、22mm 角棒に壓延又は鍛造し、その變形方向に平行な断面を切り出し、豫め焼入した後常法の如く研磨仕上する。試験片 1 個に付 5~6 視野を 200 倍で檢鏡し 0.002mm 以上の寸法の介在物の數及寸法を計測し、a) 1mm² 中に存在する平均介在物數、b) 介在物の平均寸法、c) 最大介在物の寸法を表示して鋼の品位判定を行ふのである。Kinzel

及 Crafts³⁾は 50mm 丸又は角材より長さの方向に断面を採り、50 倍で顯微鏡寫眞を撮り、又スクリーン上に擴大投影せしめて 0.005mm 以上の介在物の數及長さを計測し、これを次の如く表示する。

a) 1mm² 中の介在物數

b) 1mm² 中の介在物の長さの總和

b) を全長數と稱してゐる。Skrodijewskij²⁾は 500 倍で 30 視野を檢査し介在物總數と平均の長さとは幅とを實測して表示する如くしてゐる。

以上の諸方法は介在物の寸法に就て特別の評価をしてゐないが、鋼材に及ぼす影響は介在物の寸法に依り著しく異なるとの見地から、寸法に應じてその評価をなす標準が種々考へられてゐる。即ち介在物の寸法に應じ、その評價の程度に相當する係数を乘ずること、その係数は研究者に依り異なるが次に二、三を例示する。

吳工廠³⁾に於ては熔鋼を汲出し、徑 15mm 高さ 100mm の小鋼塊を鑄造し、底部より 10mm の位置を切斷して試験片となし、研磨檢鏡する。倍率を 100、實視野を 0.58 mm² に定め、試験片を十文字に 10 個所宛合計 20 個所を檢鏡し、各視野の介在物數とその寸法を計測し、之に應じて次の係数を乘じて 20 個所の平均値を 1mm² 當りの介在物數に計算して表示する。

符號	a	b	c	d
介在物寸法	<5μ	5~10	10~15	>15
係數	1	5	10	15

Illinois Steel Co.⁴⁾は注型中の熔鋼はその初め、中頃及終りの時期に試料を採取し、鋼塊はその頂部、中央及び底部を代表す可き試料を採り、壓延又は鍛造して 50mm 丸棒とし、その頂部、中央及底部より試験片を切り出す即ち 1 熔鋼又は 1 鋼塊に付少くとも 9 個の試験片を採取する。試験片は加工に依る變形方向に平行に中心線に沿ふて切斷し、長さを 12mm に切り放し、中心より外周に至る全面を 100 倍にて檢鏡する。この際實視野は 0.5mm² とし、介在物は長さ 0.005" (0.125mm) 以上のものを計測す

第 1 表

	小	中	大	2 倍大	3 倍大
1 介在物の分類					
2 寸法比	0	1	2	4	6
3 100 倍の見掛け寸法 mm	<12	12, 19 ~25	31~50	50~75	>75

¹⁾ C. H. Herty, Carnegie Inst. Tech., U. S. Bur. Stand., & Min. Met. Adv. Board. Coop. Bull. 38, 1930, 25.

²⁾ H. Kjerrman, Jernk. Ann. 113, 1929, 181; Stahl u. Eisen, 49, 1929, 1346.

³⁾ A. B. Kinzel & W. Crafts, Trans. A. I. M. M. E. 1931, Iron & Steel Div., 148.

⁴⁾ S. M. Skorodijewskij, Stahl u. Eisen, 56, 1937, 926.

⁵⁾ 日本學術振興會第19小委員會提出 19小委~126, 昭和13, 1月

⁶⁾ S. Epstein, Metals & Alloys, 2, 1931, 186.

る。介在物はその寸法に應じて次の5種類に分け、これを第1表の如く0, 1, 2, 4, 6の數字を以て代表せしめる。

全視野中の介在物の總和、即ち上表の2行目の數の總和を試験片數で除し、その商をその熔解又は鋼塊の清淨係數と稱する。特に大なる介在物は別に圖示することゝしてゐる。

Zieler¹⁾は脱酸研究に介在物を大きさに依て普通、大、特大の3種に分けて、各々に夫々1, 2及4を乗じ、その合計數を以て介在物係數と稱する方法を用ひてゐたが、その後これを次の如く改めて電爐鋼塊の研究に應用した。

1 熔解に7本の鋼塊を鑄造する際、第1, 第4及最終鋼塊(徑536mm)を以て代表とし、これを127mm角、長さ3mのピレットに壓延し、頂部15%、底部5%を切り捨て、これより原鋼塊の頂部へ中央及底部に相當する部分より試験片を切り出し、壓延方向に平行な断面を檢鏡する。倍率は100、視野は3.3cm²である。介在物はその長さに依り次の4種に分ち、夫々を第2表の如く數値にて代表せしめる。

第2表

100倍の見掛けの長さmm	13~26	26~54	54~106	106~212
數 値	1	2	4	8

介在物はその寸法及數を計測してそれに對應する數値を乗じて總和を求め、これを清淨係數と稱し、平均介在物係數を以てその熔解又は鋼塊を代表せしめる。

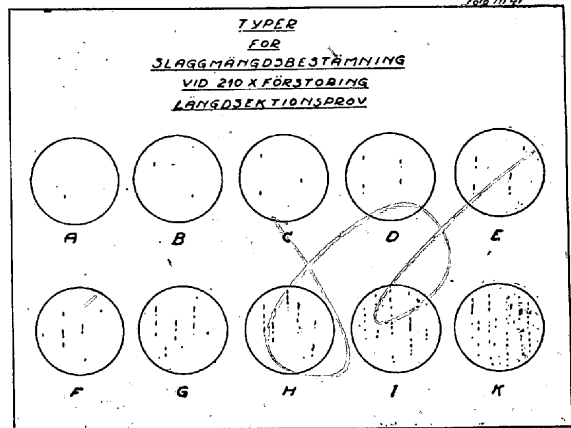
Buchholz²⁾も亦之と略同様な方法を用ひてゐる。

第3法 前述の諸方法は顯微鏡下に介在物の數を算へ又その寸法を實測する等相當煩雜な手段と時間とを要するが、計測結果は最も信頼するに足ると思はれる。然し現場作業とし鋼材の品位判定に活用するには實施上困難であるこの便法として考慮されることは、介在物の分布状態を或る標準圖に比較して迅速に且相當の精度を以て知る方法である。

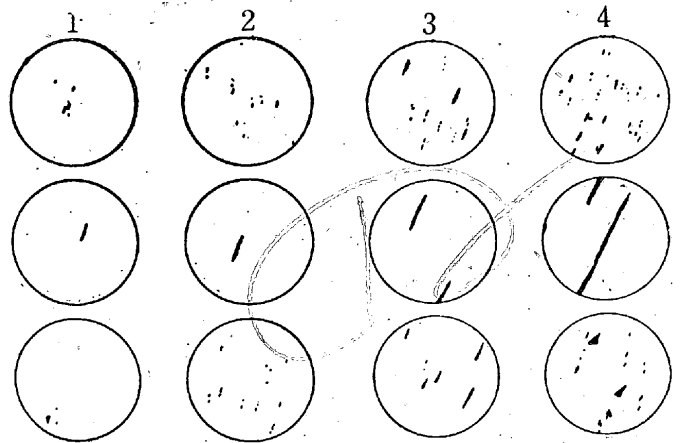
Sherry³⁾, Benedicks⁴⁾, Fox Co.⁵⁾, Chevrolet Co.⁶⁾等が實施した方法は介在物寸法、量等に應じて一聯の標準

圖又は標準寫眞を準備し置き、檢査の際視野が何れに相當するかを比較決定し、その相當する標準圖の番號を以て結果を表示するものである。最も單純な方法であるが、成品の種類が一定し、介在物の量、種類等が大略限定されてゐる場合には最も妥當な標準圖が準備出來れば充分有效であると思はれる。第2~3圖はこの標準の例である。

第2圖 標準圖 (Benedicks)



第3圖 標準圖 (Fox Co.)



住友製鋼所¹⁾に於ては熔鋼注型中は、取鍋の1/3を鑄込んだ時に汲取り徑60~70mm、高さ150mmの小鋼塊を鑄造し之を鍛造して15mm角棒とし、底部より1/3の高さに相當する位置にて長さ20mmの試験片を切取り、鍛鍊軸に平行な面を研磨し檢鏡する。倍率は100、介在物はその計測數に1~5μのものに1.5μ以上のものに4を乗じて合計數を求め、之を介在物數と稱し、更に之を1mm²中の介在物數に計算して表示する。この方法は豫め70×70mm倍率100にて撮影した標準顯微鏡寫眞に對比し、直ちにその屬する級を判定する簡易法で行はれてゐる。介在物は硫化物と酸化物及珪酸物系の2種に大別され1mm²中の介在物數により次表の如くA~Jの10級に分けられ

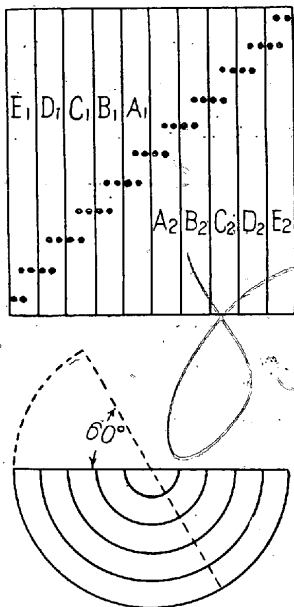
1) 日本學術振興會第19小委員會提出 19小委-112昭和12年12月

1) W. Zieler, Archiv f. d. Eisenhüttenw., 5, 1931, 169; 5, 1931, 299.
 2) F. K. Buchholz, A. Zieler & E. Voos, Stahl u. Eisen, 58, 1938, 231.
 3) R. H. Sherry, Steel Treating Practice, 1929, N. Y. p. 224.
 4) C. Benedicks and H. Löfquist, Non-metallic Inclusions in Iron and Steel, 1930, London. p. 196.
 5) G. R. Bolsover, Metallurgia, 12, 1935, 83; Iron and Coal Trade Rev., 133, 1936, 45; Iron & Steel Inst., Special Report No. 25, 1939, 305.
 6) G. W. Walker, Metal Progress, 35, Feb. 1939, 167.

てゐる。

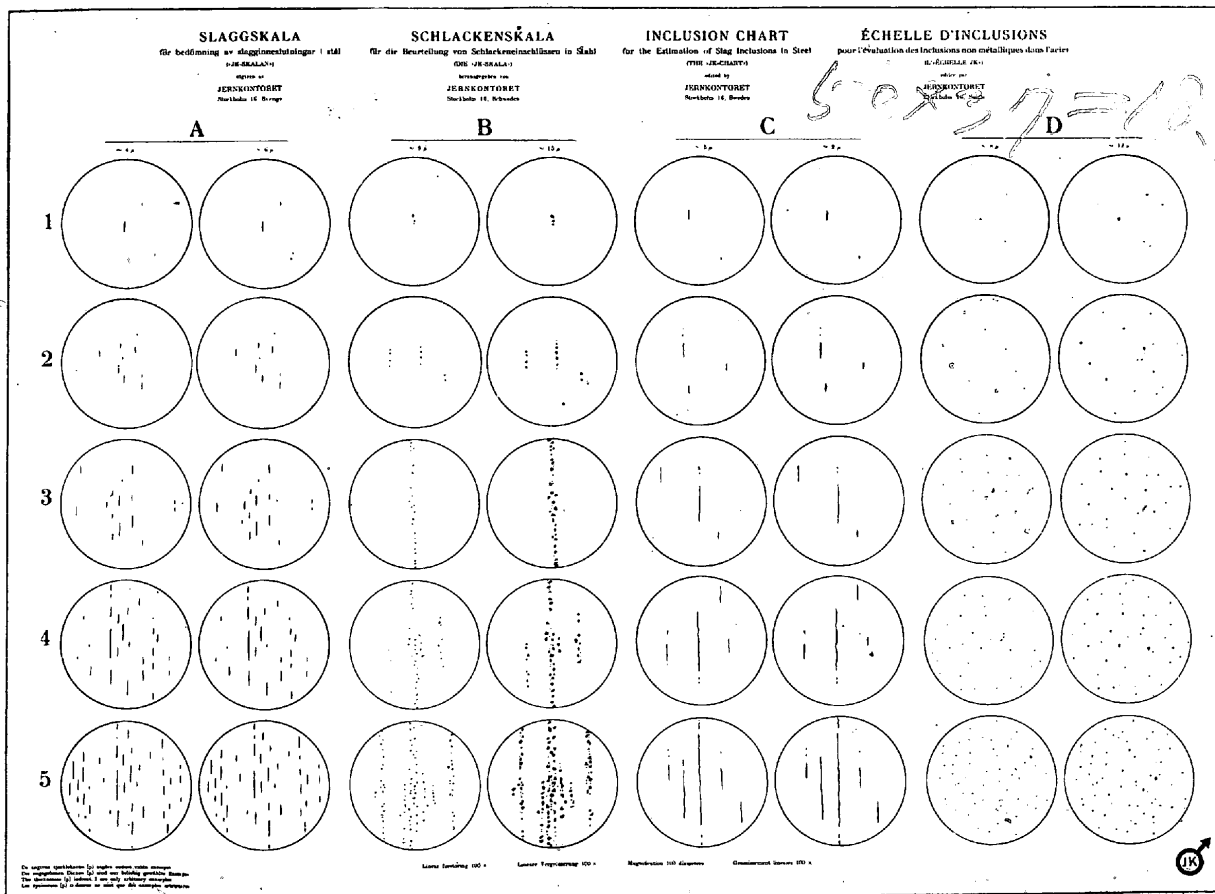
介在物数	<9	10~29	30~49	50~69	70~89	90~109	110~129	130~149	150~169	>170
級	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J

第4圖 検査位置 (Firth-Brown Co.)



英國の Thomas-Firth and John Brown 會社¹⁾では前述した Fox 社の方法を改良し、同様に準備した試験片を縦方向に等距離に分割して検査位置を定め、各分割位置を4視野宛検査して同様に清淨係数を算出する。今各分割位置を第4圖の如く E₁D₁...D₂E₂ の10區とし、各區の清淨係数を e₁d₁...d₂e₂ と假定する。次に試験片を 60° 方向に變じて切出し

第5圖 標準圖 (Jernkontoret)



たものにして同様に測定を行ひその清淨係数を e₃d₃...d₄e₄ とすれば、清淨係数は次式により算出さる。

$$\text{清淨係數} = \frac{1 \times \sum a + 3 \times \sum b + 5 \times \sum c + 7 \times \sum d + 9 \times \sum e}{100}$$

この方法の根據は Fox 法が各検査位置に於ける試験片の容積を考慮せざるを改訂したもので、第3圖に於て各區は夫々 1, 3, 5, 7, 9 の容積比を有するから之を乗じて定量的ならしめたものである。併し倍率、標準圖(第3圖)等は何れも Fox 法をそのまま採用してゐる。

次にスエーデン Jernkontoret¹⁾の方法を詳述しよう。この方法は SKF の Hofors 工場の J. Larsson が 1927 年に検査標準を作て現實に鋼材の検査に應用してゐたが、この方法を原案として審議し 1936 年に非金属介在物検査用の標準圖が制定された。

先づ非金属介在物を4種に分類し、硫化物を A、アルミナを B、珪酸物を C、酸化物を D の記號を以て表示する。各類の介在物はその介在量に應じて 1~5 の5級に分ち之を介在物番號と呼稱する。標準圖は是等の平均厚を異にする各々の2例を示す直径 80mm の圖 40 枚で構成されて

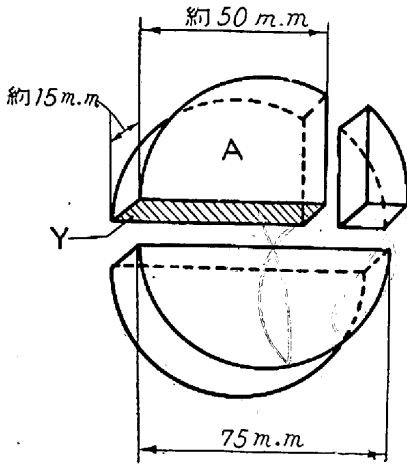
¹⁾ First Report on the Inclusion-Count Sub-Committee, Iron and Steel Inst., Special Report No. 25, 1939, 305.

¹⁾ Jernkontorets Tekniska Byrå, Slaggskala för bedömning av Slagginneslutningar i Stål, 1936, Stockholm; B. Rimman, H. Kjerrman and B. Kjerrman, Jernk. Ann 120, 1936, 199.

ある。第5圖はこの標準圖で、これを J-K Chart と稱してゐる。

試料は壓延又は鍛造材で、その最大應力の方向と正確に平行な断面を豫め焼入又は肌焼後研磨檢鏡する。試験片の

第6圖 検査位置



採取法、加工率等は規定されてゐないが、検査位置は直径の2/3に亘る面で、径75mm丸棒では第6圖に示す如く約50mmに亘るYの面を検査する。研磨面積は大體750mm²である。

検査倍率は100、實視野は径0.8mmの圓と定め、スクリーン上に投影して検査する場合は像を径80mmの圓と規定してゐる。検査結果は次の5方法で表示する。

a) 顯微鏡寫眞を示す時は介在物の分類、級及平均厚をμにて示し、更らに試験片の履歴寸法等を附記する。

b) 全検査結果中の最高介在物番號を示す。

c) 平均介在物番號を表示する。即ち視野數と介在物番號との積の總和を求めこれを視野數で除した商が平均介在物番號である。

d) 介在物重量比を次の如く定め、これを各介在物番號の積に乗じてその總和を求めて表示する。

e) 頻度曲線を以て表示する。即ち介

在物番號と各々に就ての視野數の%を兩軸として圖示するのである。

Jernkontoret 法は介在物の寸法を實測することにして

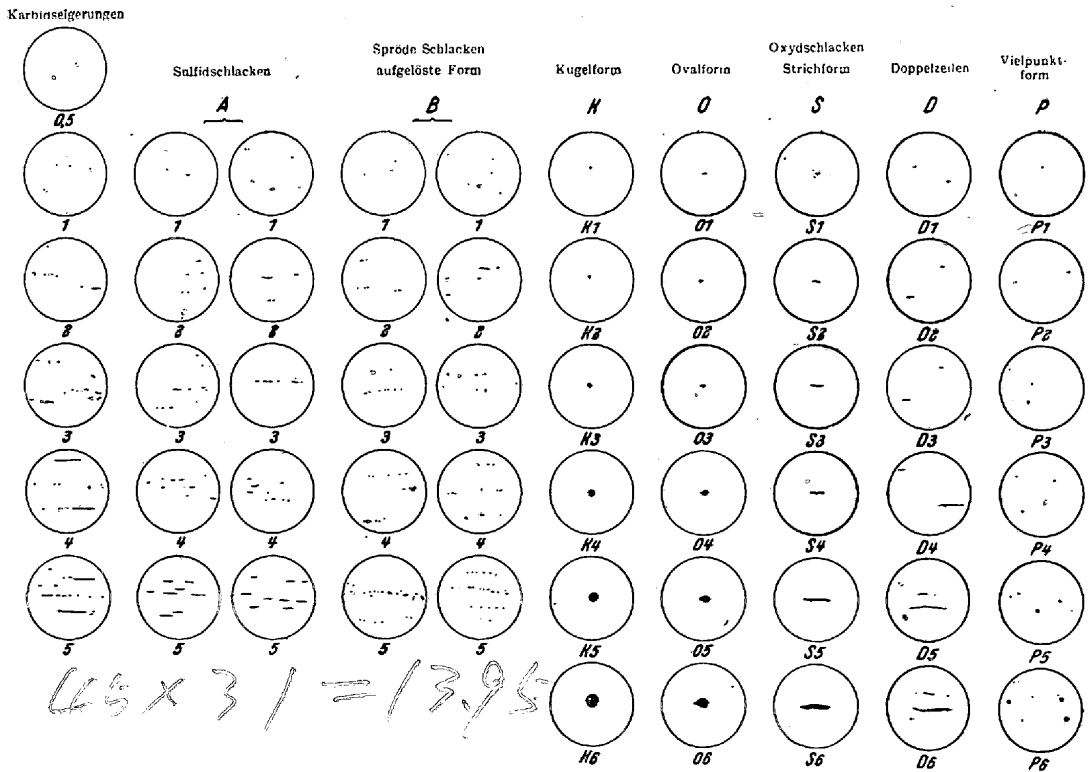
介在物番號	1	2	3	4	5
重量比	J	3	4	8	16

あるが、後述する如くこの問題は相當の難點を有し、本分科會に於ても種々議論されたものである、

川崎製鋼工場¹⁾に於ては更に介在物の寸法に應じて標準とす可き一聯の寫眞を準備し、之と比較して相當番號を以て表示する方法を採用してゐる。即ち鋼塊は荒延べ後底部より1/3の高さの位置、或は切落し層を取り、熔鋼は注型中汲出して径40~60mm高さ100mmの小鋼塊に鑄造して之を10mm角に鍛延し、頂部より1/3の位置を取て何れも試験片とする。檢鏡には倍率100として焦點ガラス上に投影せしめ、直ちに標準寫眞と比較してその屬する種類、級を判定する。標準寫眞は径55mmの印畫で、介在物を酸化物及硫化物の2種に大別し、各々の大きさに依りI~IVの4類に分け、更に分布量に基き1~4の4級に分けてある。計測結果の表示には、硫化物 III/2、酸化物 II/1 等の如く記載するのである。

Diergarten²⁾は更に介在物をその種類、形狀に應じて分類し、且各種類の介在物を寸法に應じて一聯の標準圖を準備し、各視野は之と比較してその相當番號を以て表示す

第7圖 標準圖 (Diergarten)



1) 日本學術振興會第19小委員會提出 19小委—118昭和12年12月
2) H. Diergarten, Archiv f. d. Eisenhüttenw., 10, 1936, 197; Metal Progress, 32, 1937, 269.

る如くした。第7圖はこの標準圖を示し。各介在物は次表の如く分類し級を定めた。

介在物種類	記號	級	介在物種類	記號	級
炭化物偏析	—	0.5~5	楕圓狀	O	1~6
硫化物	A	1~5	線狀	S	1~6
酸化物			重線狀	D	1~6
脆硬分散狀	B	1~5	點在	P	1~6
球狀	K	1~6			

検査結果は分類記號及級を記し、異種の介在物の共存する時はその推定量は併記し、又必要あれば介在物の寸法を記するのである。

以上に記述した諸方法は本分科會で本問題の研究を開始する迄の諸國で実施中の主なるものである。何れも方法に繁閑精粗の差は有るが、相當の根據を有し、且適用性もあると思はれる。特定の鋼種、成品に對して行ふ方法と、普遍的に各種鋼材に適用する方法とは自ら異り、又實驗室的な精密検査を必要とする場合と、現場的に日常作業として実施するを目的とする場合とは又異にす可きが當然である。

本分科會ではこの後者の場合を目的とし、且検査結果に相當の信頼度を有せしめるために種々研究を重ね。後述する標準方法を制定したのである。勿論この方法たるや、觀測者の實感に訴へる所が尠くないのであるから、人的誤差の導入は止むを得ない。この爲には相當の熟練を必要とするは勿論である。

III 學振所定の非金屬介在物の検査方法

日本學術振興會第19小委員會にて此の度學振19小委第5號として發表したものは、附録に示す通である。今之を決定する経過を述べる。非金屬介在物を顯微鏡にて検査して鋼質判定をなす事は、本邦、外國の製鋼工場にて前に述ぶるが如く實施されてゐる。委員會に於ては本邦に於ても最も妥當なる標準法を決定せる各所の結果を比較し、同一標準にて研究を進捗する便宜ありとの議が定まつた。依て先づ標準判定法の案を作つて之に依て試験する事となり。八幡製鐵所に依頼して特殊鋼の標準試料を調製し、之を各所に配布して検査した。

その結果は著しく相違があつて不満足なものであつた。その際提出された原案は視野内の介在物の平均厚を實測し又標準圖に比較して平均比分布を得て、兩者の積を清淨係數として表示する如く定め、標準圖はスエーデンの物と同じものを用ひた。結果が不一致となる原因は次の點にある

と思はれる。

1. 試験片の研磨方法に依る相違
2. 介在物の平均厚測定の困難
3. 検査位置の指定なきため、試験箇所の相違

依て更に八幡製鐵所に依頼して炭素鋼2種の試験片を作製し、之に標識に依り検査すべき位置を指定して同一試片を順次各所へ廻送して検査結果の比較をした。同時に日本精工株式會社提供のスエーデン材クロム鋼の試験片を各所へ配布した。其の比較検査の結果にも各所のものは相當相違があつた。此の際認められた點は前述の二三の外更に標準圖が妥當でないこと、從て介在物番號の決定に困難があつたことが感ぜられた。

標準圖に就ては試料を検査せる結果が兩介在物番號の中間に位する場合、その何れに歸屬せしむるやに依り相違の大なるものありとのことにて、更に介在物番號を小範圍に規定するか又は表示方法を變更するの必要を生じた。依て介在物番號を0.5迄を許すこととして、其の標準圖も更に新しく調製することとし、日本鋼管株式會社技術研究所に依頼した。

研磨方法に就ては乾式法とし加工方向と直角に仕上ぐる意見も出たが試験の結果、矢張り精密周到なる濕式研磨法に依る可きことに決した。

平均厚の測定は困難であるから、之を清淨度の計算より除き單に其數値を參考の爲め併記するに留めた。又之が測定を容易ならしむる爲め、標準圖中に介在物の番號のみならず平均厚の例を示す様にし、或はセルロイド製の標準厚の測尺を作製することになった。

文案に對しては各所の意見を綜合し原案を作製し、更にスエーデン製クロム鋼の試験片を各所に送り検査したるに、其の結果は互に一致した。即ち次表の通りである。更に原案に就て種々審議を重ねたる結果、漸く本案が決定したのである。

標準試料の非金屬介在物判定結果

試料……標準試料 No.15(サンドビック社製クロム鋼)

測定場所	清淨度		測定場所	清淨度	
	A	B		A	B
室蘭	0.2, 5 μ	1.7, 6 μ	住友	0.7, 5 μ	1.2, 5 μ
吳	0.7, 5	1.2, 4	神戸	0.4, 6	2.6, 6
	0.1, 5	1.7, 8	大同	0.9, 4.8	1.7, 4.1
八幡	0.1, 5	1.7, 7	川崎	1.2, 4	2.3, 5
	0.1, 5	1.5, 6	東北	0.1, 4	3.5, 8

本會にて制定した附録に示す非金屬介在物標準圖は最も妥當なるものである可きと思はれる。此の準備にはスエー

ンの標準圖を主として参考としたが、該標準圖は非金屬介在物の種類を4つに分けたが、實際には餘りに複雑であるから、本委員會にては之をA及Bの二つにのみ分けた。Aは長く伸ばされる質のもの硫化物、珪酸物等でBは然らずして丸いまゝ残るもの酸化物の類とした。又スウェーデン標準圖は非金屬介在物の分布割合が、介在物番號、又は介在物種類に對し一樣な關係になく又之と比較して算出する平均介在物番號は何等數的意味を有しない事が判明した。この結果本委員會では、介在物番號(N)と比分布(a)を $a=2^{N-1}$ に嚴に規定し得る様にした。又實際遭遇する鋼中の介在物の存在状態を考慮し、分散状と局部的偏析状との兩者を表示する如く、A、B兩種に就き2種の標準圖を作成することとし、介在物番號は1~5の5種と定めた。結局分布標準圖としてはA、B各々10枚、合計20枚の圖より成るのである。

次に介在物の平均厚は先に述べた如く、之を實測する事は種々の點で困難であるから、この標準を示すこととし、精密に測定した上3、6、9、12及15 μ の5種を示す標準圖を介在物番號3に就て作ることにし、A、B兩種類に就き各々10枚宛合計20枚を決定した。斯の如く本標準圖は合計40枚の圖より成るが、その分布、寸法等は極度の注意を以て作製してあるから、若し検査結果が眞であるとすれば、之より平均比分布即ち清淨度を算出し、更に介在物の平均厚を乗すれば、同一種非金屬介在物の比含有量の算出も可能である。この點は外國の標準圖に比し一層妥當であると信ずるものである。

以上の如く決定された本方法はここに公表する時期に達した。本方法を具體的に解説すれば次の如くである。

1. 試験片の準備 製鋼爐内の熔鋼は柄杓で汲み出して $>70\text{mm}$ 徑 \times $>100\text{mm}$ の丸型又は同程度の角形小鋼塊を鑄込んで、之を鍛造比10に鍛延し、底部から1/3位の位置の場所で鍛延方向に平行な面を中心軸を通る如く切り出し、之を精研磨するのである。この研磨面は 500mm^2 以上あることが必要である。注型中の熔鋼は作業の都合で如何なる時期でも採取出來るとは限らないが、大體約1/2量を注出した頃にとる。然し鋼塊3本を注ぐときは第1鋼塊を注型終り、第2鋼塊に移る時でも差支へはない。

鋼塊は何處でも試料が取れるかは問題であり、又何處の試料に依りその鋼塊を代表し得るかも問題であるから、特に規定はしない。適當な位置から切り出し、同時に鍛造比10で延ばし 500mm^2 以上の面を研磨仕上して検査するの

である、但し結果にはその鋼塊中の位置を記して置く必要がある。

鋼材は鍛造比10以下の加工率のものならば10になる如く鍛延し、既に10以上の加工を受けてゐたものはその事を結果に併記して置く。

之等の切り出した試験片は豫め焼入して研磨面を硬化して置く必要がある。之は研磨に完全を期する爲である。又低炭素鋼の如きは肌焼することに決めてある。研磨は顯微鏡検査の場合と全く同様に濕研磨仕上するが、特に周到な注意をしないと結果が異なる。若し介在物の検出が少々困難な場合には軽く腐蝕するのも宜し、軽く加熱着色法を施すのも宜い。

2. 検査方法 研磨面は標準法には加工方向に平行な断面に就て少くも3個所を端から端まで連続的に検査する如くなつてゐる。若し鋼材が、直徑が著しく大である如き場合にはそのまゝでは研磨にも、検査にも困難する場合がある。この時は適當に切斷して夫々を標準法に合ふ如く検査すれば良いのである。

検査倍率は100倍とし、實視野は直徑 0.8mm の圓と定めた。之は視野面積が 0.5mm^2 になる爲めに、検査結果を他の計算に應用するに便利であると考へたからである。

3. 判定方法 以上の如くして愈々顯微鏡検査に取りかゝる。先づ各視野は標準圖と比較して介在物の種類(A、B)を定め、その分布状態から各介在物番號の何れに屬するかを定めるのである。その視野が兩介在物番號の中間に在ると判定された場合は0.5を附して表示する。即ち介在物番號3と4の中間のものは3.5と判定する。平均厚は同時にその標準圖から何 μ に相當するかを判定するのであるが之は相當の熟練が必要である。又視野に依ては介在物の寸法が大小著しき差があり、特に著大な介在物が存在する様な場合は此の厚を別に實測して括弧を附し併記する必要がある。時には同一視野にA、B兩種類の介在物がある場合があるが、之は別個のものとして各々に就て上述の判定を行ふのである。斯の如くして得た判定結果は之を綜合し介在物のA、B兩種に就て別々に介在物番號と、その視野數を記録し、介在物番號はその配列が1、2、4、8、16の比分布を有する如く介在物の番號を定めてあるから、この比分布を視野數に乘じ、視野數の總計を以て除して得た平均比分布を算出し、之を清淨度と稱する一つの比數値と定めた。又別に測定した介在物の平均厚は全視野に就ての總平均厚を算出し、之を併記して表示するのである。又鋼材

中各局部に於て非金屬介在物の集積せる異状部の存在を表示し得る爲め、検査位置を横軸に採り、清淨度又は平均厚を縦軸に採りたる分布曲線を必要に応じて作製し、参考に供することにした。

斯の如く本方法に依る検査結果は、介在物の兩種に就て平均比分布を示す數値と、介在物平均厚とが併記されてあるから、容易に之に基き清淨の程度を推定し得、又製鋼各過程に於ける介在物の變化を迅速に知るを得、又各種の鋼材の清淨度を判定し、之に依り鋼質判定の重要な資料を得る事が出来る。

IV 結 語

本方法は本邦の主要製鋼工場の責任ある技術者並に製鋼關係の有力な専門家を以て、約2年に近い日子を以て審議決定されたものであるから、本方法を廣く國內に普及せしめる時は、從來表示方法に困難とした鋼の清淨度を數值的に表示し得るのであるから必ずや有效のものと思ふ。即

ち、之に依り最初緒言に述べた様に如何なる原料又は差物或は製鋼法に依て製造した鋼材は如何なる清淨度を有するかを同一標準の下に各自研究することが出来る。併し標準圖に依るも人的誤差の可なり有るものであるから、相當の練習を積む必要がある。本法は兎に角多數の人が永らく研究した上の決定であるから、國內各所に於て、一先づ之に準據して鋼材の品質判定を爲されて尙不充分なるものは次に改訂すべきものと思ふ。冀くば多數の方が實際に用ゐて清淨度と其の鋼材の機械的性質、殊に疲労性ととの關係を知るを得ば將來の爲め多大なる參考資料となると信ずる。

以上を決定するには學振第 19 小委員會の委員は勿論、委員外にて大に之に參與せられ幾度も試験をなされた。是等多數の方々に對しては甚大なる謝意を表し、又標準圖の作製に盡力せられた日本鋼管株式會社技術研究部の方々、試験試料を提供せられた會社に御禮を申上げる。尙海外各所の實例を調査記述し、種々委員會の仕事を助力された前田六郎氏に謝します。

附録

學振 19 小委 第 5 號

非金屬介在物ニ依ル鋼品位判定方法

第 1 章 總 則

第 1 條 本方法ハ非金屬介在物ニ依ル鋼品位判定方法ニ之ヲ適用スル。

第 2 章 非金屬介在物ニ依ル鋼品位判定方法

第 2 條 試験片採取方法ハ次ノ通りトスル。

1. 熔 鋼 製鋼爐内ノ熔鋼ハ適當ナ柄杓ニテ汲出シ徑 70mm 以上、高サ 100mm 以上、或ハ之ニ準ズル角型小鋼塊ヲ鑄造シ、之ヲ鍛造比約 10 =テ鍛延シ、底部ヨリ約 1/3 ノ高サノ位置ニテ鍛鍊軸ニ平行ニ中心線ニ沿フ斷面 500mm² 以上ヲ研磨シ試験片トスル。注型中ノ熔鋼ノ場合ハソノ約 1/2 ノ注ラテ終ツタ時期ニ採取シ上ト同様ニ小鋼塊ヲ鑄造シ之ヨリ試験片ヲ採取スル。

2. 鋼 塊 必要ト認メラレル位置ヨリ徑 70mm 以上、長サ 100mm 以上ノ丸棒又ハ之ニ準ズル角型試料ヲ切り出シ、之ヲ鍛造比約 10 =鍛延シ、鍛鍊軸ニ平行ニ中心線ニ沿フ斷面 500mm² 以上ヲ研磨シ試験片トスル。但シコノ場合ハ試料ヲ採取シタ鋼塊中ノ位置ヲ明記スルコトガ必要デアアル。

3. 壓延材並ニ鍛造材 適當ナ位置ヨリ壓延方向又ハ鍛鍊軸ニ平行ナ斷面 500mm² 以上ヲ切り出シテ之ヲ研磨シ試験片トスル。コノ際鋼材ノ壓延率又ハ鍛造比ガ 10 以下ノ場合ハ更ニ約 10 =達スル如ク鍛延シ、既ニ之ヲ超過セル場合ハ判定結果ニソノ旨記載スルヲ要スル。

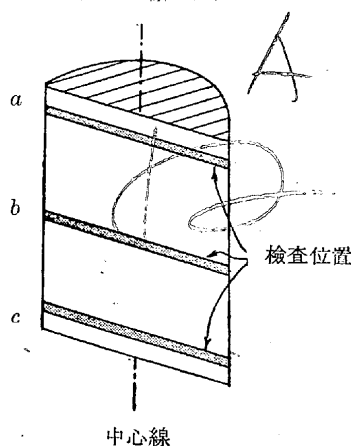
第 3 條 顯微鏡検査方法ハ次ノ通りトスル。

1. 試験片ノ處理 顯微鏡検査ヲナス斷面ハ豫メ試験片ヲ焼入シ、或ハ表面硬化處理ヲナシテ後研磨紙 0000 番迄注意シテ研磨シ、更ニ研磨布仕上スル。檢出稍困難ナ非金

屬介在物ノアル場合ハ程度ノ腐蝕ヲナスモノトスル。

2. 検査位置 (附圖 I 参照) 研磨面ハソノ全幅ニ互リ壓延方向又ハ鍛鍊軸ニ直角ナ方向ニテ一端ヨリ連續的ニ他端ヘ向ヒ順次検査ヲ行フモノトスル。検査位置ハ附圖ニ示ス如ク 3 ケ所ヲ選ブヲ要

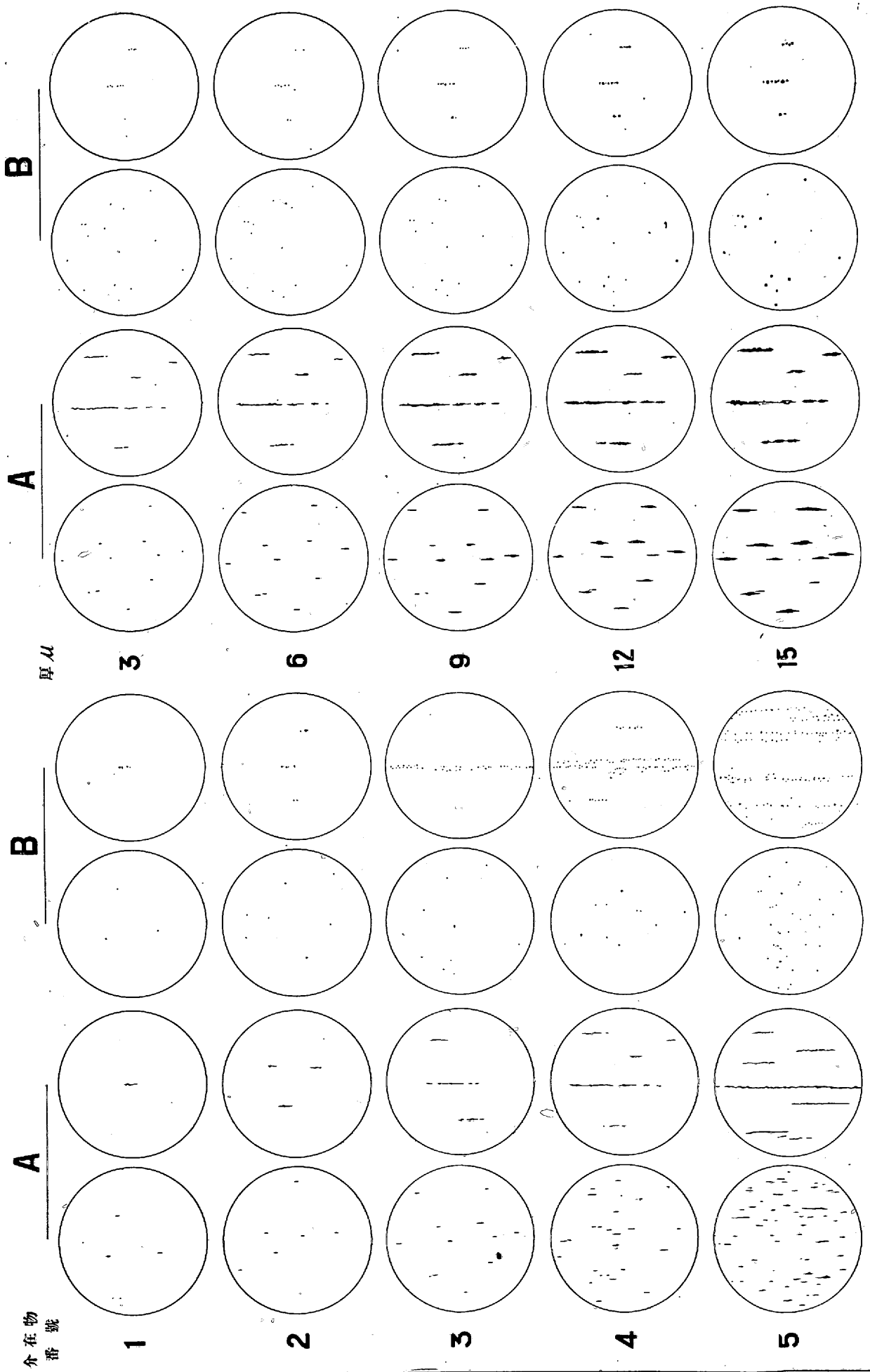
附圖 I 検査位置



82 x 6 = 492

非金屬介在物標準圖

附圖 II



介在物
番號

厚(μ)の任意ノ例ヲ示ス

(寫弱ニ縮寫ス)

スル。但シ簡易ヲ目的トスル場合ハ適宜1個所ヲ選ンデ之ヲ代表トナスコトヲ得ル。

3. 検査倍率並ニ視野 検査倍率ハ100倍トシ、實視野ハ直徑0.8mmノ圓トスル。之ヲ適當ニ投影シ検査ヲナス場合ハ像ノ大キサヲ直徑80mmノ圓トスル。寫眞撮影ヲナス場合ハ印畫ノ大キサモ亦同ジデアル。但シ原則トシテ印畫ニ依ル検査ハ行ハナイ。

第4條 判定方法ハ次ノ通りトスル。

1. 非金屬介在物ノ分類(附圖II参照) 検査スル非金屬介在物ハ之ヲ2種類ニ分ケ、**A**ハ加工ニ依リ粘性變形ヲナスモノ(硫化物、珪酸物等)、**B**ハ粘性變形ヲナササルモノ(酸化物等)トスル。非金屬介在物ノ分布ハ附圖IIニ示ス標準圖ニ準ジテ之ヲ1, 2, 3, 4及5ノ5種ニ分ケル。之ヲ介在物番號ト呼稱スル。

2. 判定基準 各視野ノ非金屬介在物ハソノ屬スル種類ヲ判定シ、更ニ標準圖ト比較シテソノ相當スル介在物番號及ソノ平均ノ厚を判定スル。但シ介在物番號ヲ判定ノ結果、兩介在物番號ノ中間ニ相當スルト認メタ場合ハ0.5ヲ附シテ表示スル。又特ニ大ナル介在物ノ存スルトキハソノ厚ヲ實測シ之ヲ括弧内ニ併記スル。

第5條 判定結果ノ表示方法ハ次ノ通りトスル。

1. 各視野ノ判定結果表示方法 各視野ニ付顯微鏡検査ヲナシタトキハ、次表ノ例ニ倣ヒ判定結果ヲ表示スル。

判定結果ノ表示	摘	要
A 3, 3 μ	介在物種類 A, 番號 3, 平均厚 3 μ	
A 5, 5 μ	介在物種類 A, 番號 5, 平均厚 5 μ	
B 1, 4 μ (23 μ)	介在物種類 B, 番號 1, 平均厚 4 μ (最大厚 23 μ)	
B 35, 4 μ	介在物種類 B, 番號 35, 平均厚 4 μ	

但シ同一視野ニ **A, B** 兩種類ノ非金屬介在物ノ存スル場合ハ之ヲ別個ニ取扱フモノトスル。

2. 鋼品位ノ判定結果表示方法 各視野ニ就テ非金屬介在物ノ種類、分布並ニ平均厚ノ判定結果ハ之ヲ綜合シテ試験片中ノ全非金屬介在物ノ比分布ヲ算出シ、コノ數値ヲソノ熔鋼、鋼塊或ハ鋼材ノ清淨度ト呼稱スル。清淨度ノ算出ハ次表ニ示ス如ク行フノデアル。

介在物番號 1~5 ハ夫々 1, 2, 4, 8 及 16 ノ比ニ相當スル分布ヲ有スルカラ、之ニソノ對應スル視野數ヲ乘ジソ

ノ和ヲ視野數總計ヲ以テ除シテ平均比分布ヲ求メテ之ヲ清淨度トシ、ソノ値ハ小數點以下1位迄トスル。

介在物番號	比分布 a	視野數 b	a × b	清淨度 $\frac{\sum ab}{\sum b}$	非金屬介在物ノ平均厚 μ_c	非金屬介在物ノ總平均厚 μ $\frac{\sum abc}{\sum ab}$
A						
0	0	28	0	136/114 =1.2	—	4
1	1	50	50			
2	2	29	58			
3	4	7	28			
4	8	0	0			
5	16	0	0		—	
計		114	136			
B						
0	0	0	0	410/114 =3.6	—	4
1	1	0	0			
2	2	23	46			
3	4	91	364			
4	8	0	0			
5	16	0	0		—	
計		114	410			

介在物番號	05	15	25	35	45	55
比分布	05	14	28	57	113	226

判定結果ハ上ノ計算ニ依ツテ求メタ清淨度ニ非金屬介在物ノ平均厚ヲ併記シテ表示スルノデアル。即チ

非金屬介在物 **A** ノ場合ハ **A** 1.2, 4 μ

非金屬介在物 **B** ノ場合ハ **B** 3.6, 4 μ

鋼品位判定上參考トスル場合ハ第3條ニ示ス試験片ノ各部分ニ就テ判定シタ結果ヲ検査位置トソノ視野ノ清淨度並ニ平均厚トヲ兩軸トシテ圖示スルコトヲ得ル。之ヲ分布曲線ト呼稱スル(附圖III参照)。

附圖 III 分布曲線

