

いが吾人の理想では無い。各個人の方法を成る可く除去する方法を採用せねばならぬ。甲が仕事の半途で一日欠勤しても乙が夫を引き受けて大なる間違いを起す事が無い様に。昨夜外出した爲めに今日は仕事を仕損ずるとか。或は病氣で休んだ爲めに小さな注意を忘れたとか云ふ事が起らぬ様にせねばならぬ。即ち吾人の理想とする所は——各個人の責任、判断及熟練等に信頼せず、全部を公平不變なる機械力に一任せんとするにある。(さこ)

## ●金属に於ける粒の測定

(Transaction of The American Institute of Mining Engineers. New York Meeting. Feb. 1916.)

T K 生

金属の有する諸種の性質は之を構成する粒(Grain)或は細胞(Cell)の大きさ如何によりて變化することは普く識らるゝ處なり、強大なる抗張力及び強性界を要する多くの工業上の目的に對して製造家は何れも密質なる組織のものを製出せんと努むれども特種なる用途例へは變壓機用鐵材などは却つて粗質組織のものが歓迎せらる、組織の粗密と云ふも比較上の意味にして的確なる限定あるに非ず一例を擧ぐれば密質なる鑄鋼と雖も粗質なる高速工具鋼に比し約百倍大の粒を有するものあり、亦同様に密質なる軌條鋼も同一鋼片より製作されたる粗質なる針金に比し粒の大なること百倍に達するものあり、金属によりては其材質を推定するに、抗張試験の結果よりも其の粒の大きさに據る方遙かに勝れるものあり、殊に焼鈍せるもの或は高温度に於て處理せるものに在りては、粒の大きさは抗張試験の結果に據るよりも、其材料の壽命に關して一層正確なる表示を與ふるものなり、粒に據る制定法は伸張試験よりも金属の一部に於ける壽命を表示すること一層良好なりと云ふ理由の下に著者の一人は或る特種なる用途に對する金属を所理するに粒の測定を以てし全然抗張試験に代用せし

め得たり、併しなから材質の推定に際し、前記の兩法を併用するは何れか一方のみに據るよりも有效なることは勿論なり。

現今に於ては金屬の眞の粒形測定に關し、其の資料に乏しく隨て測定の上之か判定の技能にも亦欠陥あり、然し金屬の粒と其性質との相互關係は數多の實驗の結果より究め得へし、斯くして粒の測定は從來の抗張試驗と同様材料判斷の資に供するを得へきなり、粒の測定に關し以下項を分ち少しく説述すへし。

#### 第一、種々なる粒形測定法に就て。

粒の測定か未だ廣く用ひられざる主なる理由の一は其の測定に當りて手数を要すること過大なるに在り、プラニメーター法は寧ろ此の目的に對し精密に過ぐる程なれとも、遲慢にして且繁雜なり、此方法たるや粒の集團の各外圍線を模寫し、粒數を數へプラニメーターにより面積を測定し、然る後に計算を行ふに在り、尤も各測定に際し多少の差異は免れず、然し此の方法にはプラニメーターを要するか斯の如き器具は總ての冶金實驗室には效用なきものなり。

茲に吾人はプラニメーター法に要する時間の五分の一にて、成し得る粒の測定法を示さんとす、此の方法は其の試料の表はすと同様精密にして、又冶金實驗室に要なき器具を用ゐす。

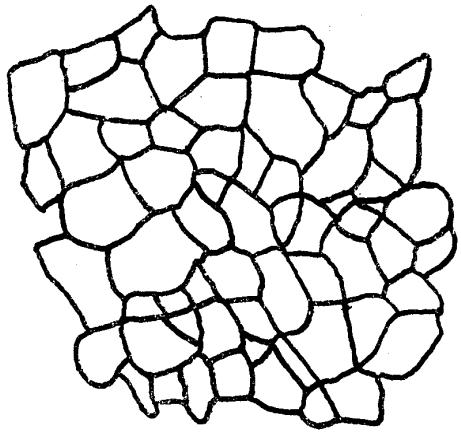
之を三項に分ちて説明すへし、即ち(一)粒の測定に關し目下使用さるゝ主要なる方法の概要(二)余等か案出せる新方法の概要及(三)各方法に就きての比較是なり。

#### (一)粒の測定に關し目下使用さるゝ主要なる方法。

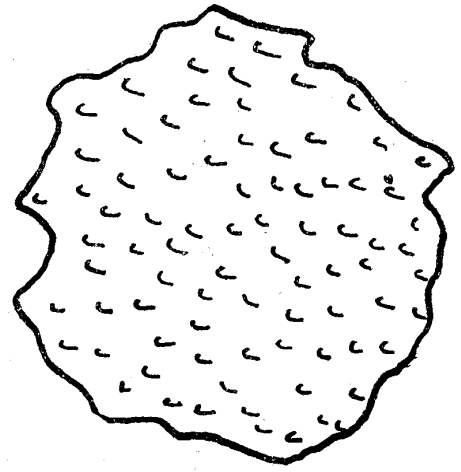
#### (イ)プラニメーター法(The Planimeter Method)

此の方法には二様あり、即ち第一は金屬試料の畫影を紙片に正射し第一圖に示せる如く其の粒の境界を模寫し全面積を其の内に包含せる粒數にて除し、粒の平均面積を得るなり、又第二は粒の集團

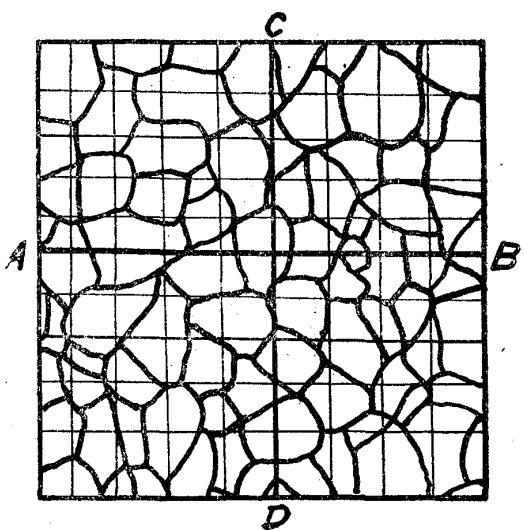
の外圍線を紙片に模寫し第二圖に示せる如く、之れに包含せらるゝ粒に標點を附しつゝ、粒數を數ふ



第一圖 プラニメター法



第二圖 プラニメター略法



第三圖 ヘイン氏法

るものにして第一法に比し遙に速なり、次に掲ぐるは實際に測定せる一例なり。

「プランニメーター」を以て測りたる面積は 5.92 吋にして包含さるゝ粒數は 61 なり故に一粒に對する平均面積は  $\frac{5.92}{61} = 0.09705$  平方吋なるか、此の場合に使用せる倍數を百倍とすれば一粒の眞の平均面積は  $\frac{0.09705}{100 \times 100} = 0.00009705$  平方吋なり、されは該試料の一平方吋に含有せらるゝ粒數は  $\frac{1}{0.00009705} = 103,040$  個となるなり。

(ロ)ヘイン氏法 (The Heyn's Method)

ヘイン氏法とは數個の粒を横斷する直線か各粒に遮らるゝ長さは、夫等の粒の各面積の平方根に比例すとの假定に根據を置けるものなり、換言すれば各粒の平均遮徑の平方は粒の平均面積なりと言ふに在り、同氏は第三圖に示すか如く、なして此の測定を應用せり、ABの方向に沿へる粒數を數へ其の一端にある缺けたる粒は1として之を數へ他端に在る缺けたる粒は之を省けり、斯くの如くABに平行せる多數の直線を引き是等により遮斷せらるゝ粒數を數へ以て其の方向に於ける平均遮徑を

求む、又之と直角をなす CD の方向に就きても前同様に平均遮徑を求む、斯くして得たる二様の平均遮徑を相乗したるものを以て一粒に對する平均面積となすなり、今一例を示せば AB の方向に於て遮斷されたる粒の總數を 79 とし其の長さを 20 吋とせば其の方向に於ける平均遮徑は  $\frac{20}{79} \parallel 0.2533$  吋なり又 CD の方向に在りては夫々 73 箇及 16 吋なりとすれば、此の方向に於ける平均遮徑は  $\frac{16}{72} \parallel 0.2222$  吋なり、依りて一粒に對する平均面積は  $0.2222 \times 0.2533 \parallel 0.05623$  平方吋にして倍數を百とせば眞の平均面積は  $\frac{0.05623}{100 \times 100}$  平方吋にして一平方吋に包含せらるゝ粒數は  $\frac{1}{0.000005623}$  個なり。

此の方法を行ふに當りては殊更に上の如く粒の外圍線を模寫する代りに、方眼紙上に投影せしめ其各線に遮斷せらるゝものに就き直接計算するを良策とす。

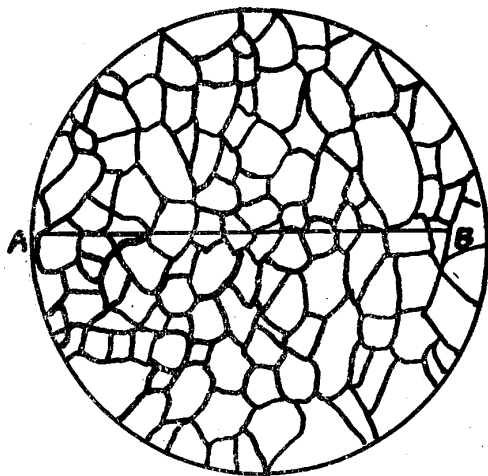
(ハ) 遮斷法 (The Intercept Method)

此の方法はヘイン氏法と同一假定に基けるものなれとも其の數へ方に於ては平行線の列を用ゐず、此の方法により測定を行はんには先づ第四圖に示せるか如く畫面の中心を遮りて AB なる直線を引くへし、此の線か 2.58 吋の長さにて 13 箇の粒を遮りたりとせば一粒に對する平均遮徑は  $\frac{2.58}{13} \parallel 0.198$  吋にして其の面積は  $(0.198)^2 \parallel 0.0392$  平方吋なり、而して若し畫影か百倍なりとせば粒の眞の平均面積は  $\frac{0.0392}{100 \times 100} \parallel 0.00000392$  平方吋にして一平方吋に包含する粒數は  $\frac{1}{0.00000392} \parallel 255,000$  個なり、斯くして粒の平均遮徑を求むるに遮斷粒數の總計か 8 乃至 100 個となる様に數條の直徑を引くを要す、實用上此方法は甚だ捷徑にして便利なり、目盛を刻せる接眼鏡を普通の接眼鏡の個所へ用ふれば直接粒の偶數個の長さを測り直ちに粒の大きさの近似値を測ることを得べし。

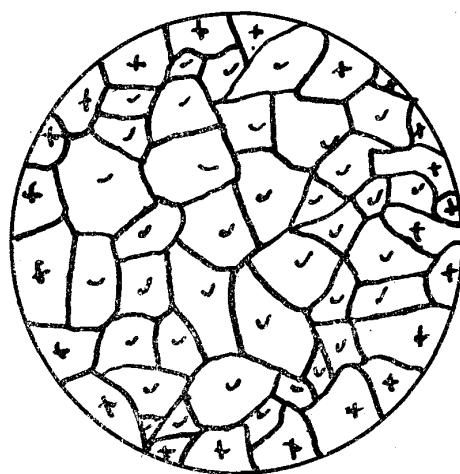
(ニ) 著者の案出せる方法 (The Author's Method)

吾輩の案出せる方法は其の目的として畫影の上に描ける一つの圓に均等する面積を占むべき完全粒數を得んとするに在り、斯の如き圓に包圍されたる粒の集團に於ては一部は完全に圓内に在り

得るも一部は圓周により遮らるゝは明白なることなり、されは前者は修整係數を要せず、後者即ち一



第四圖 遮断法



第五圖 著者の案出せる法

部は圓周内一部は圓周外にある粒は之を缺粒 (Boundary Grain) と稱し一個として數ふるを得ず是等の缺粒に相當する完全粒數を求むること次の如し。先づ圓周内にある完全粒を數へ之れに各標點を附し然る後缺粒を數へ之に異なる標點を附すへし標點を附しつゝ同時に粒數を數ふれば測定時間を短縮するを得第五圖に於ては完全粒 23 個缺粒 22 個あり總ての完全粒の全面積を「プラニメーター」を用ゐて測りたるに 1.9 平方吋にして又其の圓(徑 1.63)の面積は 2.635 平方吋なり之により、次式を得 1.9 : 2.635 = 37 : X. X = 51.3 之れ圓周に包含せらるゝ總ての粒を完全粒に換算せる數なり而して 51.3 - 37 = 14.3 よ 23 箇の缺粒の圓周内に在る部分に相當すへき完全粒數なり之れにより  $\frac{14.3}{22} = 0.65$  は缺粒の圓周内に占むる部分の割合即ち其の換算係數なり。

却説此の係數を數多の試料に就きて驗證し置かは、之れによりて他の新試料に於ても一つの圓周内を占むへき換算完全粒數を測知するを得へし、今此の係數を Y とし、Z を包含せらるゝ完全粒數及 W を缺粒數とせば其の圓周内に在る換算完全粒數は次の如し。

係數  $Y$  の値は 175 個の試料につき實驗せるに其結果は第一表に示すか如し表中第一列に記せるは完全數なり。

第一表

完全粒數	$Y$ の平均値	實驗度數
一〇—二〇	〇・五五六	一一
二〇—三〇	〇・五八二	一五
三〇—四〇	〇・五四二	一三
四〇—五〇	〇・五七四	一〇
五〇—六〇	〇・五九〇	一一
六〇—七〇	〇・六〇〇	一二
七〇—八〇	〇・五七六	一〇
八〇—九〇	〇・五七七	一〇
九〇—一〇〇	〇・五九六	一〇
一〇〇—一二〇	〇・五五一	一一
一二〇—一四〇	〇・六一八	一一
一四〇—一六〇	〇・五四六	一〇
一六〇—一八〇	〇・五六六	一〇
一八〇—二〇〇	〇・五五八	一一
二〇〇—二三〇	〇・六〇六	一〇
二三〇—二九〇	〇・六二二	九

175 個の試料に就き測定の結果係數  $Y$  の値の平均數として 0.581 を得たり、之れは測定せんとする面内に於ける粒數の多寡に係らず用ふるを得べきか、測定に當りては少くとも圓内に 3 個以上の粒を有するを可とす 0.581 は 0.5 より 0.6 に近き故吾人は一般に 0.6 を探りて係數となせるか、之れか爲めに

生ずる誤差は頗る僅少なり、即ち圓の全面積の $15\%$ 以上は完全粒の占領する所なるを以て缺粒の換算に際し生じたる $1\%$ の誤差は最後の結果に於て $0.25\%$ に過ぎざるなり。

次に例を擧げて係數の使用を示さん。

$$\text{完全粒} = 66. \quad \text{缺粒} = 28 \quad \text{係數} = 0.6 \quad 66 + 0.6 \times 28 = 82.8$$

之れ圓周内を占むべき換算完全粒數なり、而して其畫影の倍數により眞の平均面積及び單位面積に於ける眞の粒數を算出することを得へし。

(三) プラニメーター法と諸方法との比較

各方法を比較すべき計算は實物を用ゐずして單に描出せる圖面上の一平方吋内の粒數を比較せは足れり、而して誤差の百分率は次の如く計算せり「プラニメーター法」にありては一平方吋に付 $30$ 粒遮斷法にありては $54.2$ 粒、又ヘイン氏法にありては $55.6$ 粒の誤差ありと假定せば遮斷法に依る誤差の百分率は $\frac{4.2}{30} \times 100 = 8.4\%$ 、又ヘイン氏法に在りては $\frac{5.6}{50} \times 100 = 11.2\%$ なり第二乃至第四表に示すは各方法により得たる結果の比較なり。

第二表 ヘイン氏法

全長	ABの方向に於ける測定		ODの方向に於ける測定		一粒に對する平均面積		一平方吋に對する平均粒數		
	總粒數	平均遮徑	全長	總粒數	平均遮徑	ヘイン氏法	プラニメーター法	ヘイン氏法	プラニメーター法
五五・〇	一七七	〇・三一一	五七・〇	二一〇	〇・二七二	〇・〇八四五	〇・〇八八五	一〇・九一	一〇・六七
五五・〇	一九二	〇・二八八	五七・〇	二〇〇	〇・二八五	〇・〇八二〇	〇・〇八一五	一二・二〇	一二・三五
五五・〇	二一〇	〇・二六二	五五・〇	一九九	〇・二九一	〇・〇七六一	〇・〇八一八	一三・二〇	一二・三三
五七・五	一七一	〇・三三八	五七・五	一七二	〇・三三四	〇・〇一三〇	〇・〇一三二〇	八・八九	七・六〇
四〇・〇	一〇四	〇・三七四	四〇・〇	一〇二	〇・三九二	〇・〇一五一	〇・〇一五四〇	六・六二	六・五〇
四七・五	一八九	〇・二五一	四七・五	一八四	〇・二五八	〇・〇六五〇	〇・〇七四三	一五・四〇	一三・五〇
三七・五	一四七	〇・二五五	三五・〇	一四四	〇・二四二	〇・〇六三〇	〇・〇六六〇	一五・九〇	一五・二〇

拔萃 金屬に於ける粒の測定

四〇・〇	一八七	〇・二一四	四〇・〇	一五七	〇・二五五	〇・〇五一二	〇・〇五八六	一九・二〇	一七・一〇	一二・二五
三二・五	一一六	〇・二八〇	三二・五	一二五	〇・二六〇	〇・七三〇〇	〇・〇七三〇	一三・七〇	一三・七〇	〇・〇〇
三二・五	一一〇	〇・二七一	三五・〇	一三〇	〇・二七〇	〇・七〇〇〇	〇・〇九六〇	一四・三〇	一〇・四〇	三七・五〇
三七・五	一〇一	〇・三七一	四〇・〇	一〇二	〇・三九二	〇・一四五五	〇・一八九五	六・九〇	五・三〇	三〇・一〇
三二・五	九三	〇・三四九	三〇・〇	八〇	〇・三七五	〇・一三一〇	〇・一七二〇	七・六二	五・八一	〇・六九
四二・五	九八	〇・四三四	四二・五	一〇八	〇・三九四	〇・一七一〇	〇・一七九五	五・八五	五・六〇	四・四七
二七・五	八二	〇・三八六	三〇・〇	九〇	〇・三三三	〇・一一二〇	〇・一二〇〇	八・九一	八・三三	六・九六
三七・五	一〇四	〇・三六一	三七・五	九九	〇・三八〇	〇・一三六〇	〇・二五一〇	七・三六	六・六二	一一・二〇
三〇・〇	八九	〇・三三七	三〇・〇	一〇〇	〇・三〇〇	〇・一〇一〇	〇・一二九〇	九・九〇	七・七七	二七・五〇
三二・五	九五	〇・三四二	三〇・〇	九五	〇・三一六	〇・一〇八〇	〇・一三六〇	九・二九	八・三六	二六・一〇
二五・〇	六七	〇・三七四	二七・五	七五	〇・三六七	〇・一三七〇	〇・一七三〇	七・三一	六・一〇	一九・九〇
二〇・〇	五一	〇・三九二	二〇・〇	五〇	〇・四〇〇	〇・一五七〇	〇・一九五〇	六・三八	五・一二	二四・五〇
二四・〇	一二三	〇・一九五	二二・〇	一八	〇・一八六	〇・〇三六五	〇・〇三七四	二七・五〇	二六・八〇	二六・一
二六・〇	一五一	〇・一七二	二四・〇	一四四	〇・一六七	〇・〇二八七	〇・〇三一九	三四・九〇	三一・四〇	一一・二〇

誤差の平均百分率

第三表 遮斷法

全長(吋)	遮斷粒の總數	粒の平均遮徑	粒の平均面積	プラニメターに依る粒の平均面積	一平方吋に對する平均粒數	プラニメター法 遮斷法	誤差の百分率
一六・七〇	八七	〇・一九二〇	〇・〇三六九	〇・〇四二五	二三・五	二七・一	一五・三〇
二〇・七五	一一一	〇・二二七五	〇・〇五四〇	〇・〇三五三	二八・四	一九・五	三一・三〇
一七・八〇	九八	〇・一八二〇	〇・〇三三〇	〇・〇三八〇	二六・四	三〇・四	一五・二〇
一九・六三	一〇五	〇・一七八〇	〇・〇三一七	〇・〇四一二	二四・三	三一・五	二八・九〇
一八・五〇	一〇七	〇・一七二五	〇・〇二九七	〇・〇三五二	二八・四	三三・六	一八・二〇
二〇・二〇	一一二	〇・一八一〇	〇・〇三二五	〇・〇三五七	二八・〇	三〇・八	一〇・〇〇
二〇・四五	一一五	〇・一七八〇	〇・〇三一七	〇・〇三八七	二五・九	三一・五	二一・五〇
一七・六〇	九九	〇・一七八〇	〇・〇三一七	〇・〇四三八	二二・九	三一・五	三七・五〇



第二及第三表に見るにヘイン氏法及遮断法に於ては其の結果は常に大なり、前者にありては唯一

拔萃 金属に於ける粒の測定

誤差の平均百分率	完全粒數	缺粒數	係數	圓の面積	一平方吋に對する平均粒數	著者の新法	プラニメター法	誤差の百分率
二〇・三〇	一一九	〇・一七〇三	〇・〇二九一	〇・〇三三四	三四・四	一四・八〇		
三一・四〇	一一四	〇・二七六〇	〇・〇七六三	〇・〇八七五	一一・四	一三・一		
三四・七〇	一三五	〇・二五七〇	〇・〇六六〇	〇・〇八一五	一二・三	一五・一		
三〇・五〇	一四四	〇・二二二〇	〇・〇四五〇	〇・〇五二九	一九・〇	二二・二		
三二・五二	一二〇	〇・二七二〇	〇・〇七四〇	〇・〇七七三	一二・八	一三・六		
三二・〇六	一三九	〇・二三一〇	〇・〇五三一	〇・〇八一〇	一二・四	一八・八		
三三・五八	一三五	〇・二四九〇	〇・〇六二〇	〇・〇六四一	一五・六	一六・二		
三三・八八	一三九	〇・二四五〇	〇・〇五九六	〇・〇六八二	一四・六	一六・二		
三三・八八	一三八	〇・二四六〇	〇・〇六〇五	〇・〇八八五	一一・三	一六・五		
						二一・九〇		

第四表 著者の案出せる法

完全粒數	缺粒數	係數	圓の面積	一平方吋に對する平均粒數	著者の新法	プラニメター法	誤差の百分率
一一八	四九	〇・六	七・〇六八	一四七・四	一四六・三〇	〇・八	
九五	三五	〇・六	七・〇六八	一一六・〇	一二三・八〇	六・三	
三四	二七	〇・六	七・〇六八	五〇・二	四九・八五	〇・七	
五九	三〇	〇・六	七・〇六八	七七・〇	七六・二二	一・〇	
七四	三七	〇・六	七・〇六八	九六・二	九四・九三	一・三	
五六	三五	〇・六	七・〇六八	七七・〇	七三・六九	四・五	
一一〇	四一	〇・六	七・〇六八	一三四・六	一三七・八〇	二・三	
九三	四〇	〇・六	七・〇六八	一一七・〇	一一六・九七	〇・〇	
七五	三七	〇・六	七・〇六八	九七・二	九四・二〇	三・二	
一〇三	四三	〇・六	七・〇六八	一二八・八	一三四・〇	三・九	
						二・四	

個の場合を除き他は總て其の誤差「+」にして「-」は0.41%のみなり、又遮斷法にありても只一の「-」誤差を出せり、而して我か新法に於ける誤差は概ね少にして然かも其正負の平均は僅に0.1%なれば實際の測定の場合には殆んど精確なる數字を示すへし。

第二 著者の案出せる法による粒形速定法

吾等の案出せる速定法を紹介すへし、之に用ふる圓の直徑を79.8耗となし第五表に示せる係數中の一つにて粒を測定せんとせば、表中第三行に於て其の係數に適應せる係數を示せるにより、之を圓周内に於ける換算完全粒數に乗せは一平方耗の有する粒數を得へし。

第五表

使用係數	圓ノ直(徑)	係數
二五	七九・八	八分一
五〇	七九・八	二分一
一〇〇	七九・八	二・〇
一五〇	七九・八	四・五
二〇〇	七九・八	八・〇
二五〇	七九・八	一二・五
五〇〇	七九・八	五〇・〇
七五〇	七九・八	一二二・五
一、〇〇〇	七九・八	二〇〇・〇
一、五〇〇	七九・八	四五〇・〇
二、〇〇〇	七九・八	八〇〇・〇

今一例を掲げて此の表の使用法を示すへし。

完全粒61缺粒35係數100.なる場合には一平方耗中にある粒數は $(61 + 0.6 \times 35) \times 2 = 164$ 個なり。

此の表は唯一例を示せるものにして、平方吋又は任意の直徑を有する圓に對しても此と同様の表

を作り得へし。

### 第三 結論

吾等の案出せる方法は遮斷法及ヘイン氏法の不正確なるを表示せり、此の方法に依る 187 種の測定中に於て發見せる最大誤差は 6.4% にして平均 2.1% なり、而して「プラニメーター」の使用より生せる代數學上の平均誤差は +0.25% に相當す、我か新法による三十種の代表的測定の平均數によるに圓の全面積の 78.5% は完全粒により占めらるゝか、此の部分は我か方法に依り正確に定めらる、されは係數は全數の 21.5% に對してのみ使用せらるゝものなれば假に缺粒の測定中 5% の誤謬を生したりとするも最後の結果に於ける誤差は僅に 1% を少しく超過するに過ぎず、圓形に非ざる他の形狀を以てするも可なり、而して正方形或は矩形の場合は 20 に代ふるに 20 を以て係數となすへし。

#### 附記 試料に關する注意事項

冶金實驗上の試料は通常一の面に粒數 5,000,000 個以上を有す、而して此の中より該試料を代表すへき箇所を得ざる可からず、場合に應し適宜に變更するは勿論なれとも一般に次の各項を心得ふるを可とす。

- 一、畫影の倍數は圓周内に大凡五十粒を含有する程度の大きさをを用ふへし、粒數は五十個以上なる方夫れ以下なるものより可なり、但し百個以上なりとも倍數は常に偶數となすへし。
- 二、試料の直徑に沿ひ成るべく等距離に於て少くも五ヶ所に就き測定し、最後に是等の結果を平均すへし、又試料の外部と内部とに於て其の粒形に大差ある場合には前者に對してより大なる係數を用ふへきは言を俟たず、而して此の如き場合は第四項の注意に隨ふへし。
- 三、試料か針金の如く甚だ細小なる場合には數個の横斷面上の總粒及び縦斷面上の任意の長さに對する粒の總數を併せ採るへし、此の方法は時として粗大粒よりなる試料を扱ふに當りては倍數に

關せず實用的なり。

四、試料の部分により粒の大きさに甚たしき不同ある場合には各部分の平均數を求めずして、各部分の値を簡單なる圖の相當位置に記入すへし。

五、冷間加工を受けたる試料に就きては各方向に於ける其の影響の割合は粒の長さと同幅との比を以て表はすを得へし、而して此の場合にありてはヘイン氏法に依るを便とす。

粒形測定に要する器具及作業

此の目的に對しては暗箱を具備せる普通の顯微鏡を要し倍數は必ず偶數を用ふへし、若し觀測に際し四百六十九倍の如きは之を移動して五百倍とすへし、粒形測定は「スクリーン」の上或は寫真に就きて行ふを得、何れにしても「スクリーン」は曇硝子或は白紙を透明硝子に貼付したるものを用ふ、畫影を印する便法は適當の大きに截りたるタイプライター用紙の中央へ適宜の圓余等は七九八耗を用用せりを描きたるものを用意し置き之を透明硝子に貼付し其の紙に畫影を寫すなり、圓は程よく畫影中に在る如くなし、缺粒及完全粒の符標法及數へ方を各別に可し、而して各單位面積に對する粒數の計算をなし各紙葉は標點及計算を記入せる儘保存せは永久の記録となるへし、粒形の境界線か不明瞭なるものは其の都度靜かに焦點を變して明瞭となすへし、之か爲め焦點を合す螺子を延長し以て觀測者か畫影に對しつゝ自由に焦點を加減し得る様になるを便とす、試料は粒形境界線の明確に顯出するまで腐蝕すへし。

## ●可鍛鑄物に於ける冷剛の度を調製する事

(The Iron Trade Review Dec. 16, 1915)

數年前余(G. M. Thrasher)が或る可鍛鑄物工場の分析課長をして居た時に、所要の冷剛を得ん爲めに