

ニッケルクロム鋼の白點に関する二三の研究

下村 佳夫*

池田 健治**

I. 緒 言

ニッケルクロム鋼材に發生する白點の發生狀態 鋼塊の割疵と鍛鍊後に於ける鋼材の白點との關係を調査し併せて冷却速度、鍛鍊溫度及鍛鍊係數等の白點に及ぼす影響に就て研究する。

II. ニッケル・クロム鋼材に發生する白點の狀態

(1) 試験の方法: 一 從來ニッケル・クロム鋼材に對しては鋼塊の粗鍛鍊後鋼材兩端の破面を檢查し更に仕上鍛鍊後焼鈍及焼入焼戻の各狀態に於て鋼材の兩端より採取したる圓板に就て次の様な條件を以て腐蝕し白點の發生狀態を檢查してゐる。

液 濃鹽酸 1:水 1 (容積比) 溫度 100°C 時間 30 分

又機械加工中或は加壓後に於て割疵の發生したる場合は其の附近を縦斷且横斷し破面或はマクロ寫眞に依て白點の發生狀態を檢查する。鋼材切斷の一般要領は第1圖の如く試験の結果代表的のものを示すと第2圖及寫眞第1乃至第5の如くである。

次に鋼塊の割疵と鍛鍊後に於ける鋼材の白點との關係を知らんが爲 E 鋼材及 G 鋼材に引當てたるエルー式鹽基性電氣爐製 950 kg 四角鋼塊の若干數に就て第3圖其の1の要領に依て鋼塊上部の破面を檢查し割疵の有無を確めた後普通の如く作業し熱處理後及加壓後白點が發生したるや否やを調査した 第3圖其の2は鋼材の火造圖を示し寫眞第6は鋼塊の代表的破面を示す。

(2) 成績及二三の考察: 一 白點は通常鋼材の内部に存在し外部には殆んど存在しない事及鍛鍊係數の小なる部

分に多いこと等は本試験の結果に於ても亦明白である。白點に依る割疵の長さは數 mm 乃至數 10 mm にして深さは數 mm 乃至 10 數 mm に及び其の面は鍛伸せられたる方向に平行し之に直角なるもの極めて小いことは第2圖及寫眞第1乃至第4に依て明瞭である。

次に白點と幽痕との關係を調査した所3處前後或はこれ以上の鋼塊に於ては輪狀幽痕を生じ而も其の位置は通常鋼材の穿孔部内面に及ぶこと寫眞第2, 第4, 第5に見る而して輪狀幽痕を認めない場合にも割疵發生し又輪狀幽痕に依ると認められる割疵と雖も其の破面を檢查する時往々にして數箇の白點が直列しあるを知る 即ち寫眞第2其の3の如くである。

本試験の結果よりすれば幽痕を以て直接割疵の原因であると指定することは稍々困難であるが次の様な場合を考へると幽痕も亦割疵の原因となり得る 即ち外觀上幽痕に依る割疵の如くして實は數箇の直列しある白點に起因するものが多いことは既に記述したが此の種の割疵に對しては幽痕が白點の發生に關係を有するのではないかと疑はしめられる。

鋼材の穿孔部内面に著しく幽痕が析出するもの例へば寫眞第5の様なものを加壓すれば假に白點なしとするも割疵を發生せしめる懸念がある様に思はれる。寫眞第4に示すものは肉厚内部に於て幽痕の位置を中心に白點に非らざる割疵が發生した 而して其の理由は明瞭でないが本鋼材が加壓後なるに鑑みて加壓中不均質部に割疵が發生したものと考へられる。

次に鋼塊の割疵と鍛鍊後に於ける鋼材の白點との關係を調査した所寫眞第6其の1, 其の2に示した様な割疵のない鋼塊を以て製造せられたる鋼材と雖も其の内若干のものに白點發生し又是と反對に寫眞第6其の3, 其の4, に示した様な割疵のある鋼塊に依る鋼材と雖も其の内若干のものには白點が發生しない 即ち兩者の間に於ける特別の因果關係を發見することは不可能である。

* 陸軍省整備局

** 大阪工機鐵材製造所 舊石田健治

III. ニツケル・クロム鋼材の冷却速度 の白點に及ぼす影響並加熱及冷却 時に於ける内部温度の分布

(1) 試験の方法

(A) 冷却速度の白點に及ぼす影響 使用鋼塊はエル一式鹽基性電氣爐製 950 kg 四角鋼塊(第3圖其の1)3箇とし何れも同一鑄流に屬する白點に敏感なるニツケルモリブデン鋼にして鑄造凝固後適當時間を経て表面の温度約 850°C で型抜し空中冷却に附したものである。

鋼塊3箇の内 3E 7784 は第4圖其の1の要領に依り鋼塊の兩端を豫め切斷し他の2箇は其の儘とし何れも 1,500 吨蒸気水壓鍛鍊機に依て第4圖其の4の如く 40% 据込みたる後原長に鍛伸する 鍛鍊後 1E 7784, 3E 7784 を空中で冷却せしめ 2E 7784 を砂中冷却に附した

冷却後 3E 7784 は第4圖其の2の如く縦斷破面を檢查し白點の端末効果を確かめ次に其の他のものに就ては兩端の横斷破面を檢查したるに空中冷却したのものには何れも白點發生し 砂中冷却した 2E 7784 には白點を認めなかつた

依て尙之が確實を期する爲 縦斷破面を檢查したるに白點は存在して居たが其の数は極めて少かつた。

又空中冷却に依り白點を發生した 1E 7784 は第4圖其の3の如く再び 40% の据込を行ひ原長に鍛伸し空中冷却後其の中央部に於て横斷破面を檢查したるに横斷破面には白點の存在を認めなかつたが縦斷破面には尙多數の白點が發生した 即ち寫眞第7は之等の破面を示す。

斯の如く白點の發生は鍛鍊後の冷却速度に大なる關係がある 之鋼材の内外部に於ける冷却速度の差に起因するものであって 實際上内外部に幾何程の温度差を生ずるや其の狀況を次の如く調査した。

(B) 加熱及冷却時に於ける内部温度の分布

(a) 使用鋼材 鋼材は酸性平爐製にして其の形状寸法は第5圖の如く化學成分(%)は次の様である。

C.	Si	P.	S	Mn.	Cu.	Ni.	Cr.
0.325	0.249	0.026	0.043	0.613	0.144	3.088	0.519

第5圖に示す様に直径 35mm 深さ 390mm の孔を鋼材の中心より外周部に向て 129mm の間隔を置いて3箇穿ち之に白金線カツプルを挿入し其の末端に於て温度の測定を行ひ記録高温計に依て加熱及冷却曲線を畫かしめた

(b) 加熱及冷却 鋼材の加熱は横式重油加熱爐(間口

1,000×奥行 4,700mm ×高さ 900mm) 中で行はれ加熱直前に於ける爐竝鋼材の温度を常温とし加熱及冷却時鋼材の位置は常に第5圖の如く横向とした。

最初鋼材を徐々に加熱し約 20 時間を経て 1,000°C たらしめ同温度に 30 分間保持した後空中 爐中 砂中及灰中の4種に分ち冷却せしめた 但し砂中及灰中冷却に於ては作業の關係上加熱時昇熱時間を若干短縮せしめ加熱中止後臺車上の鋼材は其の儘之を引出し直ちに其の周圍を乾燥したる砂で厚さ約 500mm に或は藁灰で厚さ約 300mm に被覆し冷却せしめた 第6, 第7, 第8, 第9圖は之等加熱及冷却の曲線を示す。

(2) 成績及二三の考察

(A) 冷却速度の白點に及ぼす影響 寫眞第7に依て知るが如く同一條件の試験鋼塊3箇を空中冷却に附したる2箇には何れも著しく白點が發生したが 砂中で冷却したる1箇には其の傾向が少い 因り此の種試験数は未だ多からずして尙研究の必要あるも既往の經驗に依り砂中 灰中或は爐中冷却したる鋼材には白點の發生する危險が少い。

(B) 加熱及冷却時に於ける内部温度の分布

(a) 加熱時に於ける内部温度の分布 加熱時内部(4)と外部(2)との温度差は 1,000°C に達する迄の昇熱時間を約 19 時間とする場合は最大 80~90°C で 13~14 時間とする場合は最大 80~100°C である。

即ち内外部の温度差を可及的小とし遂に内部を所要鍛鍊温度に達せしめんが爲には昇熱時間を適當に延長すると共に等齊なる加熱を行ふべきである。

(b) 冷却時に於ける内部温度の分布:— 空中冷却の場合には冷却開始より稍々長時間に亙り内外部の温度に不同がある 變態點は内部(4)に於て 610°C 外部(2)に於て 570°C に現れる 而して變態點附近に於ける内外部の温度差は最大約 80°C である 且冷却速度大にして變態後 200°C に達するに 8 時間を要する。

爐中冷却の場合には冷却開始より常に内外部の温度差は小である 變態點は内部(4)に於て 590°C 外部(2)に於て 580°C に現れる 而して變態點附近に於ける内外部の温度差は最大約 20°C である 且冷却速度小にして變態後に達するに 36 時間を要する。

砂中冷却の場合には冷却開始に當り鋼材の外周部は砂で被覆せられるから其の影響を受ける爲か最初短時間は内外部の温度に不同を生ずるも爾後常に温度差は極めて小となる

變態點は内部(4)に於て615°Cに現れる。次に冷却速度極めて小にして變態後210°Cに達するに110時間を要する。

灰中冷却の場合は冷却開始より常に内外部の温度差は極めて小である。變態點は内部(4)に於て610°C外部(2)に於て605°Cに現はれる。次に冷却速度極めて小にして變態後200°Cに達するに82時間を要する。

即ち白點防止上鋼材の冷却に當り最も危険なるは變態點附近及200~300°Cであると考へられる。而して斯かる温度範圍の冷却に於て砂中、灰中或は爐中冷却は空中冷却に比し其の速度頗る小にして且内外部の温度差極めて小であるから應力の發生も亦小である。

IV. 鍛鍊温度並鍛鍊係數の白點に及ぼす影響

(1) 試験の方法 使用鋼塊はエルー式鹽基性電氣爐製950kg四角鋼塊(第3圖其の1)8箇とし何れも白點に敏感なるニツケル・モリブデン鋼にして鑄造凝固後適當時間を経て表面の温度約850°Cで型抜き空中冷却に附したものである。

鋼塊は總て之を第10圖其の1の如く縦斷二分し破面検査を行た。寫眞第8は其の結果の一例を示す。

次に縦斷したる鋼塊の兩端を第10圖其の1の如く切断し然る後鍛鍊係數2.0, 3.5, 5.0及6.5に鍛鍊した。但し鋼材の豫熱温度は約100°C加熱爐の温度は300°Cにして8~10時間加熱し爐内の温度を1,270°C, 1,140°C, 980°C及880°Cに達せしめる。此の場合鋼材の温度も亦略々之と平衡せしめ各温度に於て1時間保持する。鍛鍊は5噸蒸氣鎚に依り鋼塊軸に沿ひて鍛伸し鍛鍊後砂中冷却に附した。

鍛鍊温度並鍛鍊係數の組合せを示すと次の如くである。

鍛鍊係數	2.0	3.5	5.0	6.5
鍛鍊温度				
1,270°C	I 1E 8069	II 1E 8069	I 2E 8069	II 2E 8069
1,140°C	I 1E 8067	II 1E 8067	I 2E 8067	II 2E 8067
980°C	I 3E 8067	II 3E 8067	I 1E 8068	II 1E 8068
880°C	I 2E 8068	II 2E 8068	I 3E 8068	II 3E 8068

鍛鍊開始時鋼材の温度は爐内の温度と略々同一であるが終了時には若干低下する。特に鍛鍊温度低く且鍛鍊係數大なるものに於て然りである。従て鍛鍊係數5.0及6.5の鋼材では概ね2回加熱した。鋼材の冷却後第10圖其の2, 其の3如く横斷及縦斷し破面を検査した結果は寫眞第9の

如くである。

(2) 成績及二 三の考察:一鋼塊は寫眞第8に示す様に何れも豫め割疵を發生せしめて置いて鍛鍊したところ鍛鍊温度低く且鍛鍊係數の増大するに従て鍛鍊は益々困難となる。

又鍛鍊温度低下し980°C及880°Cとなる場合鋼材表面疵の發生も増大する。次に鍛鍊後横斷及縦斷破面を検査した結果は寫眞第9に示されたが尙之を一括すると次の如くである。

鍛鍊係數	2.0	3.5	5.0	6.5
鍛鍊温度				
1,270°C	白點若干あり	白點若干あり	白點なし	白點なし
1,140°	白點なし	白點なし	白點なし	白點なし
980°	白點若干あり	白點なし	金屬光澤なく貝殻狀破面	金屬光澤なく貝殻狀破面
880°	白點多數あり	金屬光澤なく貝殻狀破面	同上	同上

即ち鍛鍊係數3.5以上となれば白點の發生は著しく減少するが鍛鍊温度980°C及880°Cのものは鍛鍊係數2.0に於て白點發生し爾後鍛鍊係數の増大と共に貝殻狀破面を呈し金屬光澤なく且往々にして割疵を伴ひ鍛鍊の効果極めて小となる。鍛鍊温度1,270°Cのものは鍛鍊係數2.0及3.5に於て白點若干發生したが5.0及6.5の場合は破面緻密にして白點は存在しない。

又鍛鍊温度1,140°Cのものは何れの鍛鍊係數に於ても破面緻密にして白點の發生することなく成績良好である。尤も鍛鍊温度は鍛鍊開始前略々平衡した爐の温度を示し鍛鍊實施中の鋼材温度を示したのではない。

従て假りに鋼材を適當なる鍛鍊温度に加熱した後温度を低下せしめて鍛鍊すれば其の結果は本試験の場合に比して異なるであらう。

V. 結 言

調査研究した所を結言すると次の如くである。

白點に依る割疵の發生は同一鋼材の全長に對し必ずしも均一ではなく鍛鍊係數の小なる部分に多く同一横斷面に就ては通常内部に存在し外部には殆んど存在しない。又其の面は鍛鍊方向に平行にして直角なるものは稀である。

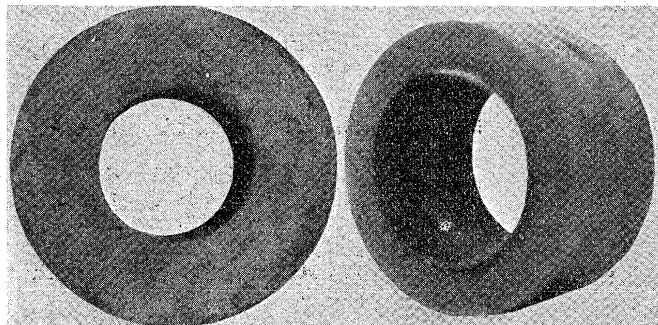
割疵は白點に起因する場合が多いが又使用する鋼塊の大となるに従て時として輪狀幽痕に依ると認められるもの

もある。
 鋼塊に既存する割疵と鍛鍊後に於ける鋼材の白點との間には必然的關係がない様である。
 砂中 灰中或は爐中冷却は白點防止上有効にして空中冷却に依て白點を發生する鋼材も之を砂中冷却する場合は其の發生程度小となり或は發生せしめない傾向を有する。
 即ち砂中 灰中或は爐中冷却は空中冷却に比して其の速

度頗る小にして白點防止上最も危険なる變態點附近及 200 ~ 300°C の領域を徐々に通過せしめることが出来ると共に鋼材内外部の温度差が極めて小であるから應力の發生も亦小である。
 白點防止の爲には鍛鍊温度適當に高く且鍛鍊數の適切な増大を可とし、1,000°C 以下の鍛鍊の効果が確實でない

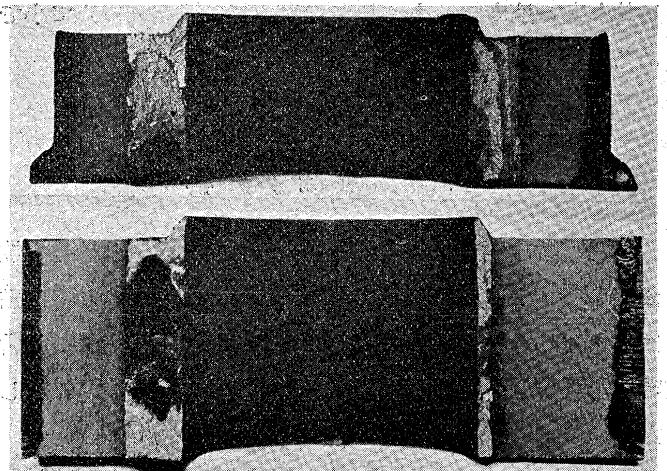
寫眞 第 1 鋼材 E の地疵

其の 1 1E 6773 (Ni-Cr 鋼) 其の 2 2E 6757 (Ni-Cr 鋼)



横斷面のマクロ組織 縦横斷面のマクロ組織
×1/2 × 0.4

其の 3 1E 6964 (Cr-Mo 鋼) ×3/4 × 0.6



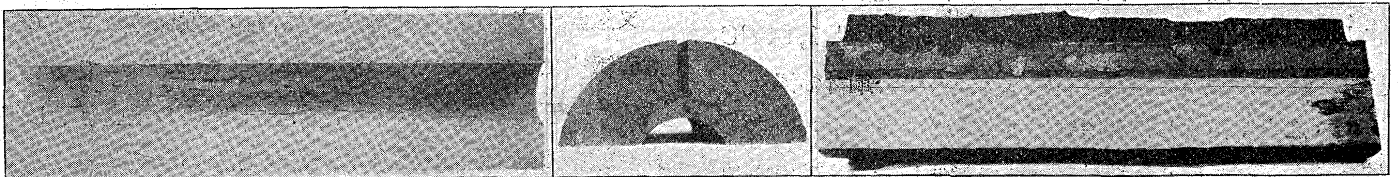
但し破面中黒變した部は地疵に酸が侵入したものである。

寫眞 第 2 鋼材 C の地疵

其の 1 縦斷面のマクロ組織 ×1/5
5A 10806 (Ni-Cr 鋼)

其の 2 横斷面のマクロ組織 ×3/10
5A 10806

其の 3 縦斷破面 5A 10806 ×3/8



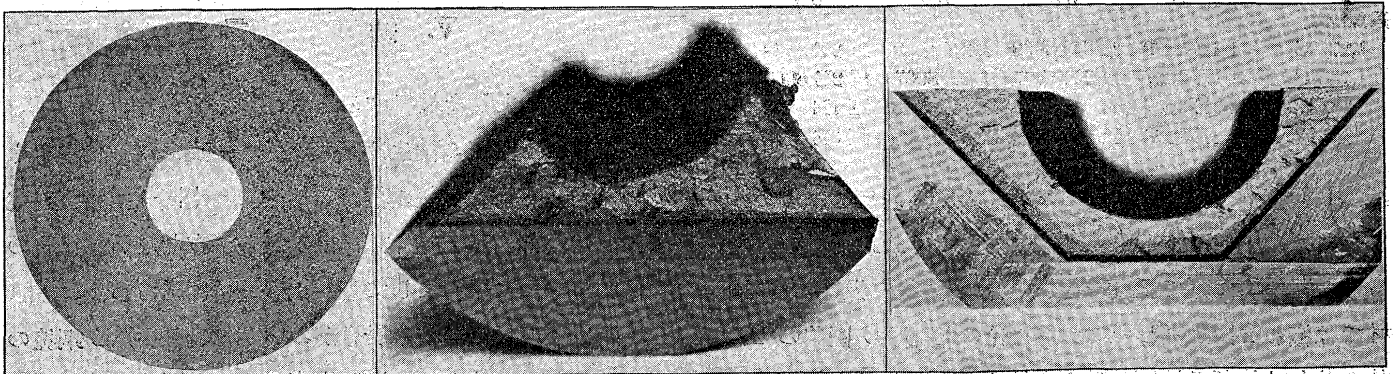
(上記の倍率のもの2に縮寫)

其の 1, 其の 2, の破面を示す

其の 4 横斷破面 ×1/1
5A 10806

其の 2, 其の 3, の破斷面を示す

其の 5 横斷面の硫黄寫眞其の 2, 其の 3, に於て白點起を生じた附近より加壓前採取



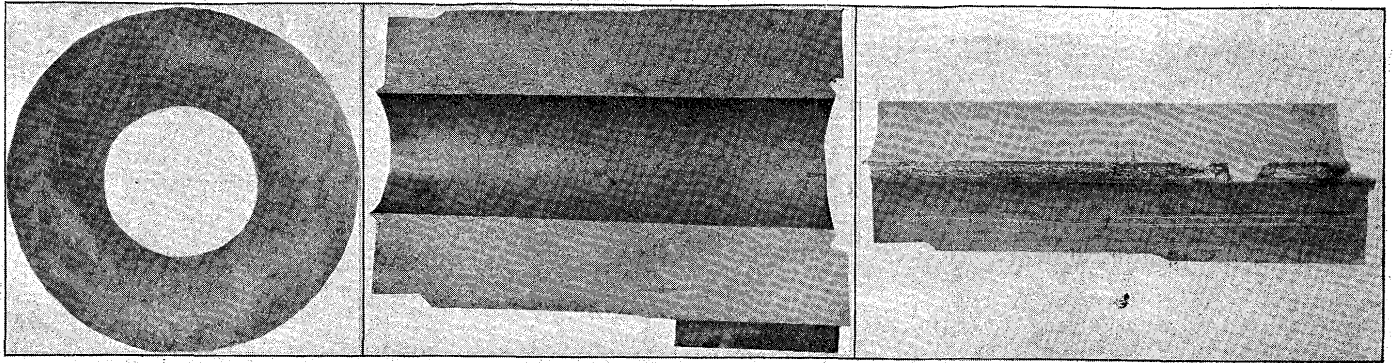
上記倍率のもの0.44に縮寫

寫眞 第 3 鋼材 C の地疵

其の1 横断面のマクロ組織 $\times 1/2$
5A 11042 (Ni-Cr-Mo 鋼)

其の2 横断面のマクロ組織 $\times 1/2$
5A 11042

其の3 縦断破面 $\times 2/5$ 5A 11042



上記倍率のもの約 1/2 に縮寫

寫眞 第 4 鋼材 B の地疵

寫眞 第 5 鋼材 A の地疵

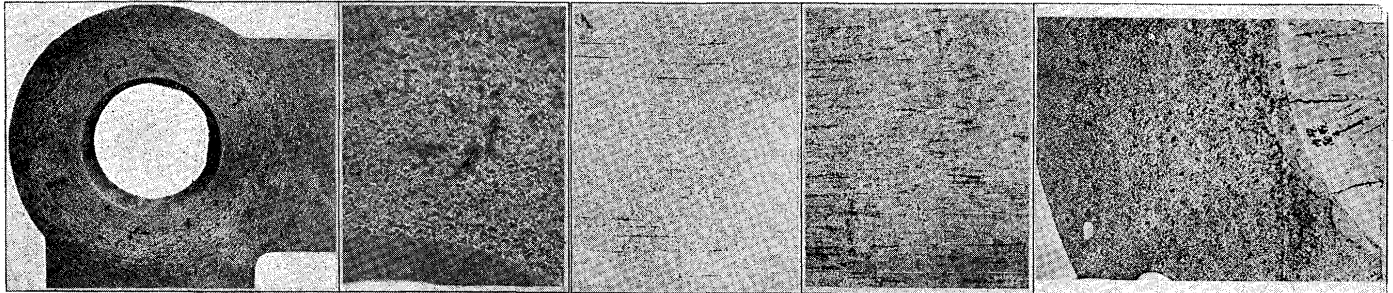
其の1 横断面のマクロ組織
1A 11133 (Ni-Cr-Mo 鋼)

其の2 横断面のマクロ組織
其の1の擴大

其の1 口内面の硫黄寫眞
(1)口附近のもの

(2)尾附近のもの

其の2 口端面の硫黄寫眞



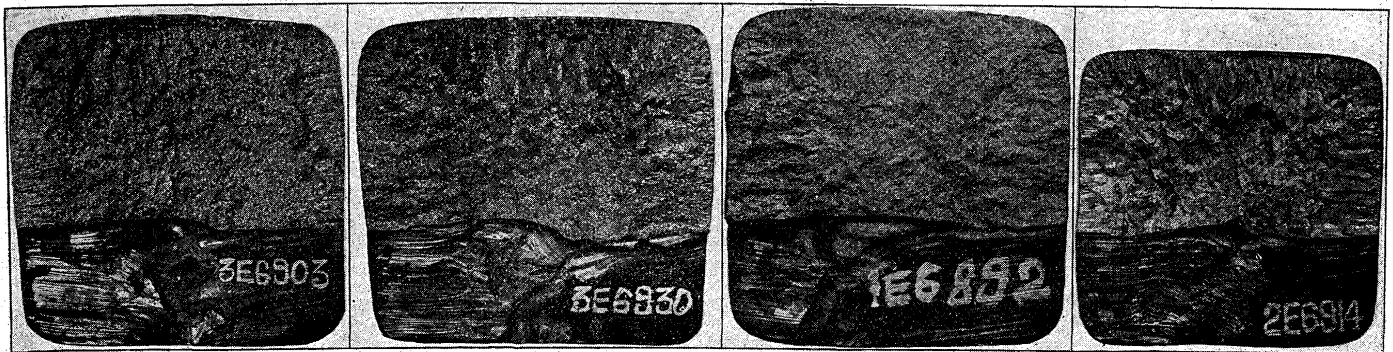
寫眞 第 6 鋼塊の横断破面

其の1 Ni-Cr 鋼塊の健全なる破面

其の2 Cr-Mo 鋼塊の健全なる破面

其の3 Ni-Cr 鋼塊の割疵を有する破面

其の4 Cr-Mo 鋼塊の割疵を有する破面



倍率 1/4 を 0.45 に縮寫

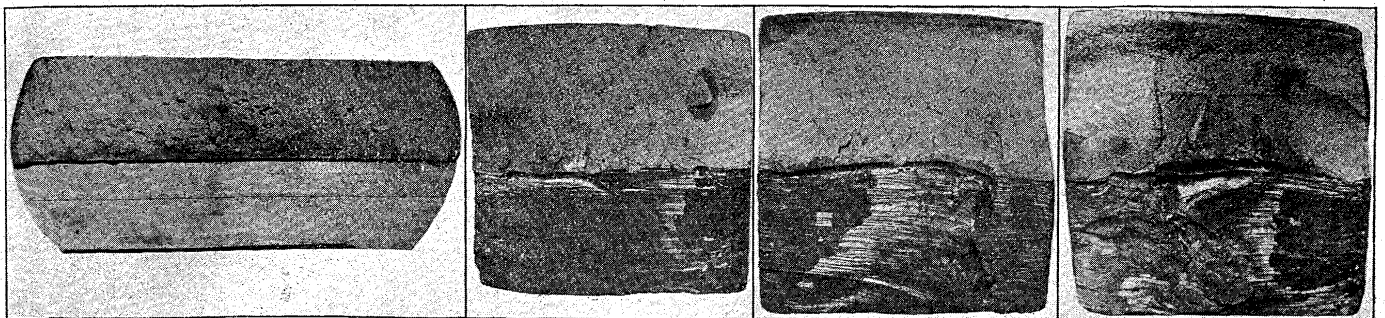
寫眞 第 7 冷却速度の白點に及ぼす影響

其の1 第1回据込鍛錬後空中冷却した破面 1/4
3E 7784 の縦断破面白點を有す
(Ni-Mo 鋼)

其の2 第1回据込鍛錬後砂中冷却した破面 1/4
1E 7784 の横断破面
押湯側白點を有す

湯底側白點を有す

其の3 第1回据込鍛錬後砂中冷却 2E 7784 の横断破面
押湯側白點なし $\times 1/3$



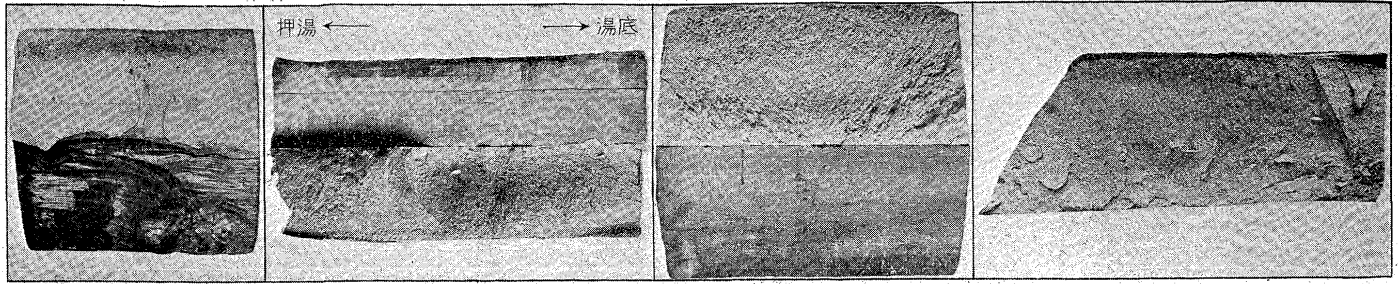
其の3 第2回据込鍛錬後空中冷却した破面 $\times 1/3$

湯底側白點なし

2E 7784 の縦斷破面白點を有するもの其數少し $\times 1/5$

1E 7784 の横斷面白點なし

1E 7784 の縦斷面白點を有す



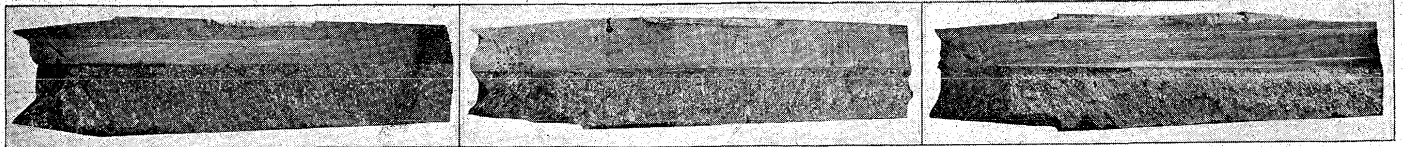
上記倍率を0.4に縮寫

寫眞 第 8 ニッケルモリブデン鋼の縦斷面

I 1E 8067 (Ni-Mo 鋼)

I 1E 8068 (Ni-Mo 鋼)

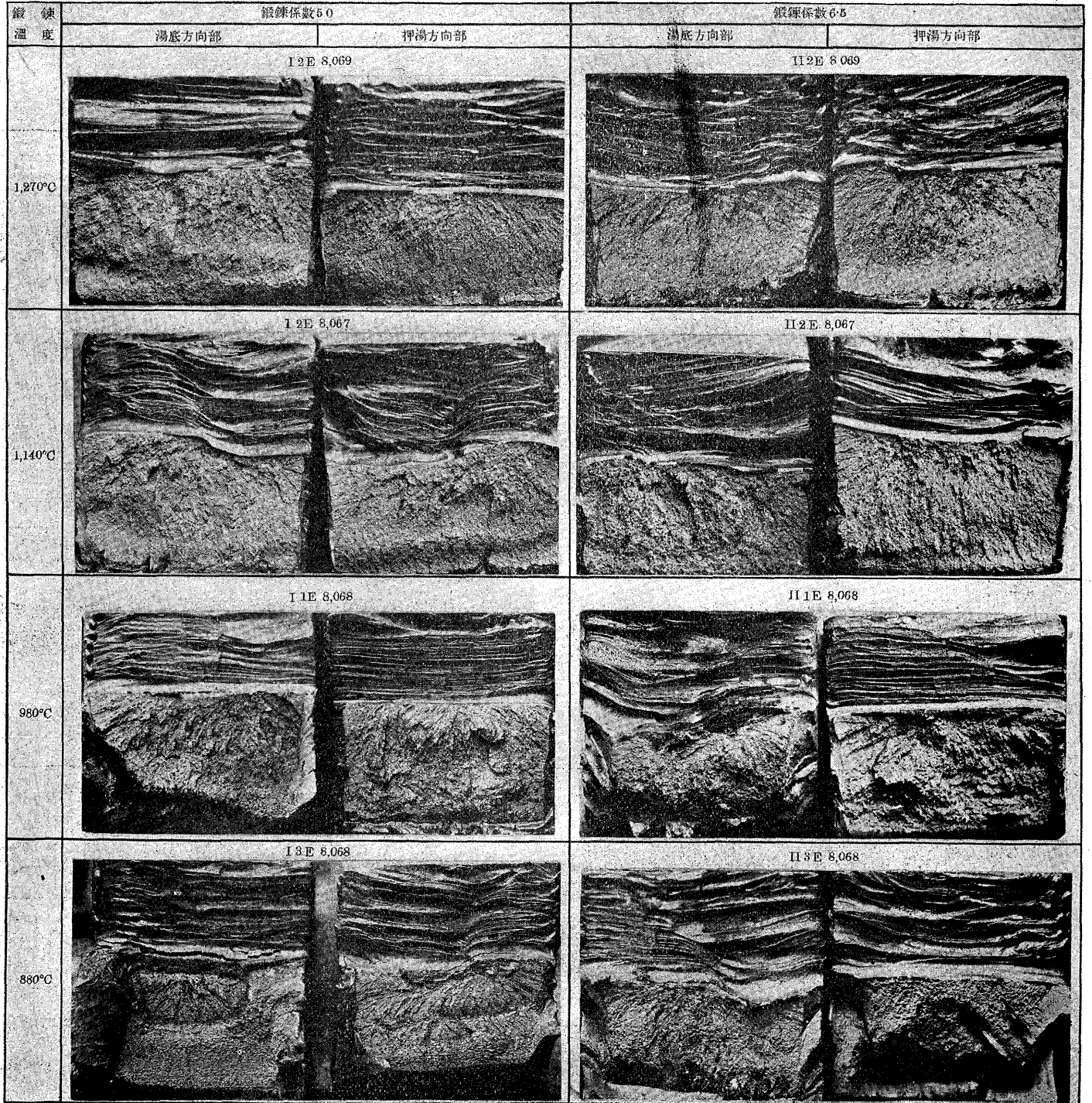
I 1E 8069 (Ni-Mo 鋼)



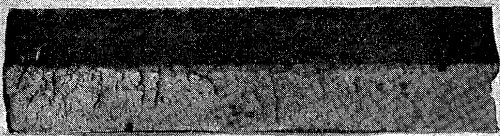

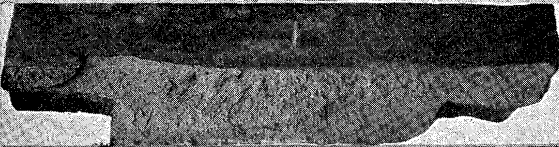

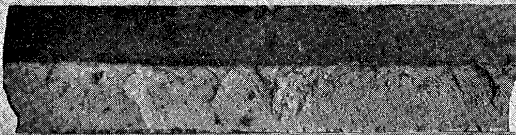



寫眞 第 9 鍛鍊溫度並に鍛鍊係數の白點に及ぼす影響 其の 1 横斷面









鍛鍊溫度	鍛鍊係數 2.0		鍛鍊係數 3.5	
	湯底方向部	押湯方向部	湯底方向部	押湯方向部
1,270°C	I 1E 8,069		II 1E 8,069	
1,140°C	I 1E 8,067		II 1E 8,067	
980°C	I 2E 8,067		II 3E 8,067	
880°C	I 2E 8,06		II 2E 8,068	

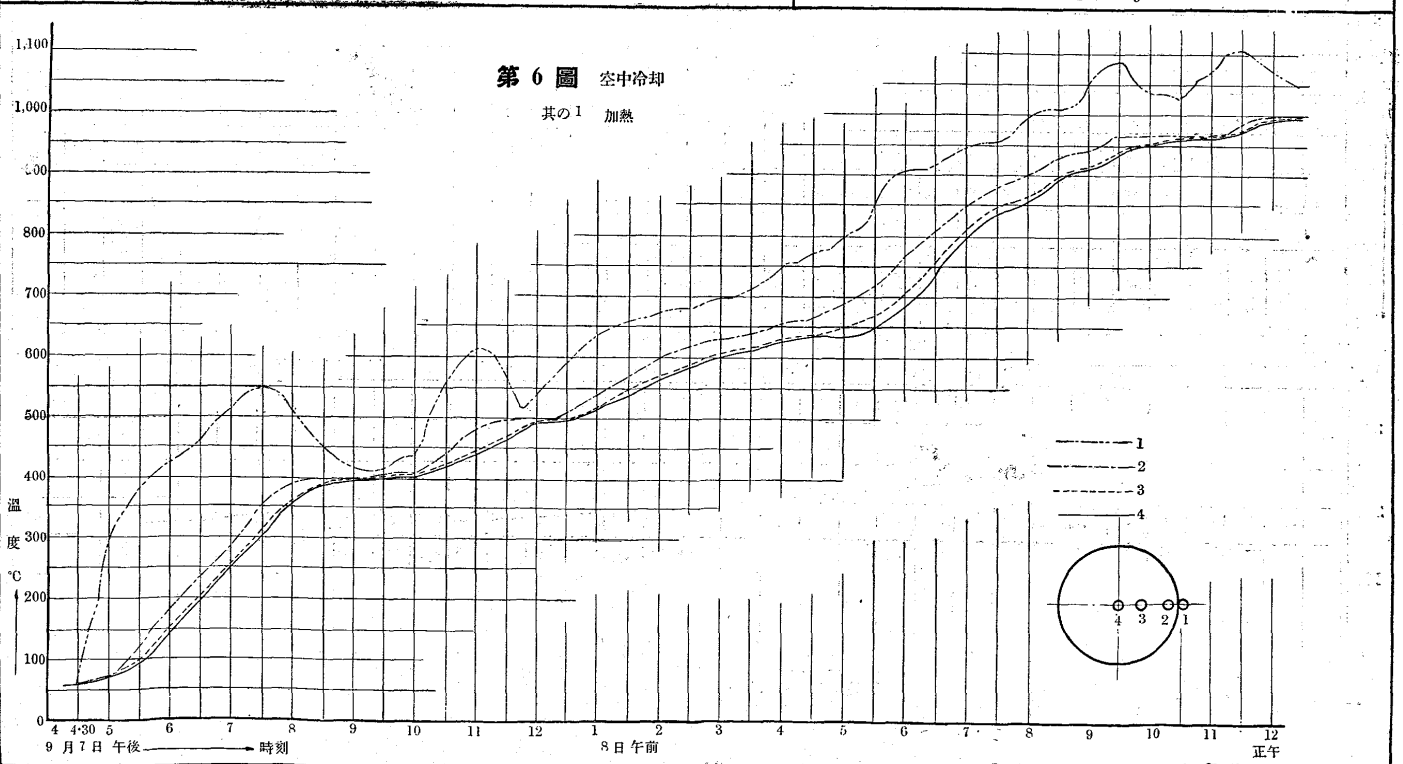
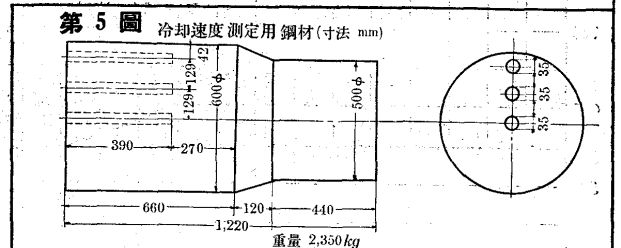
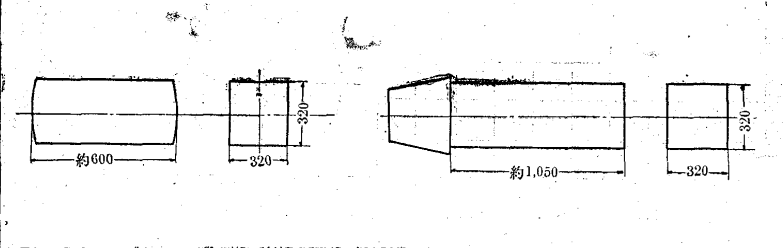
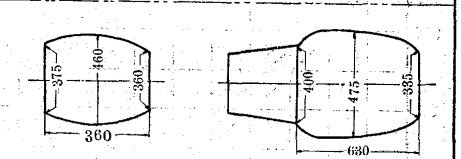
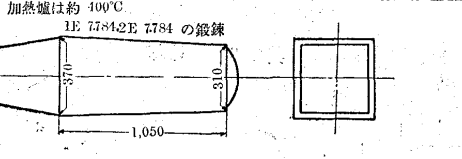
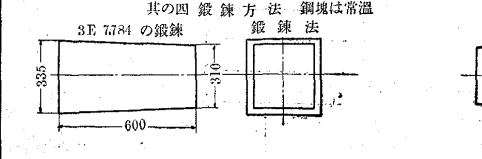
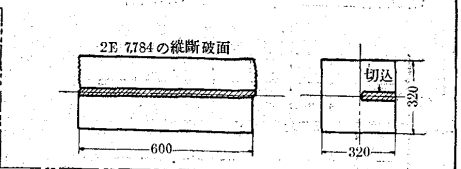
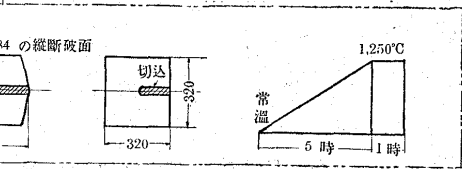
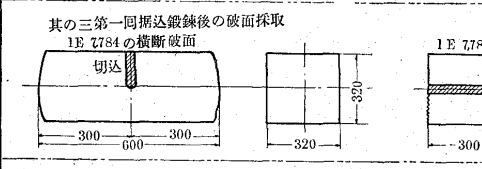
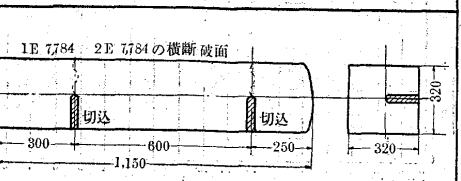
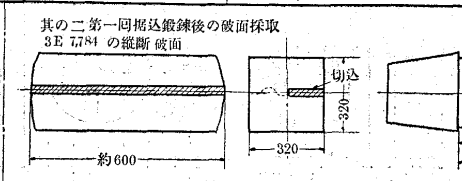
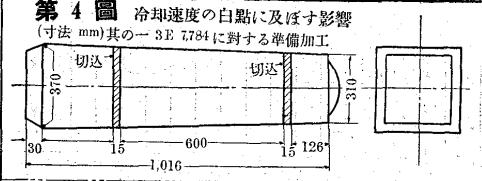
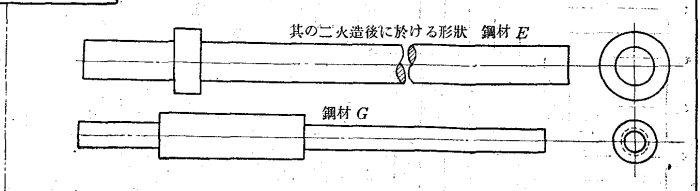
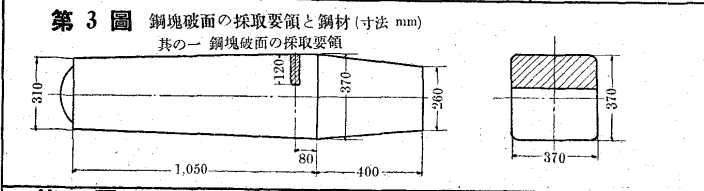
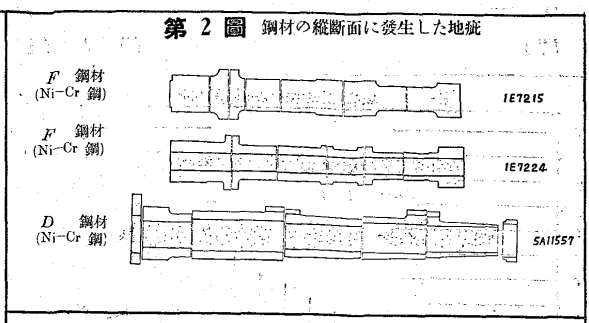
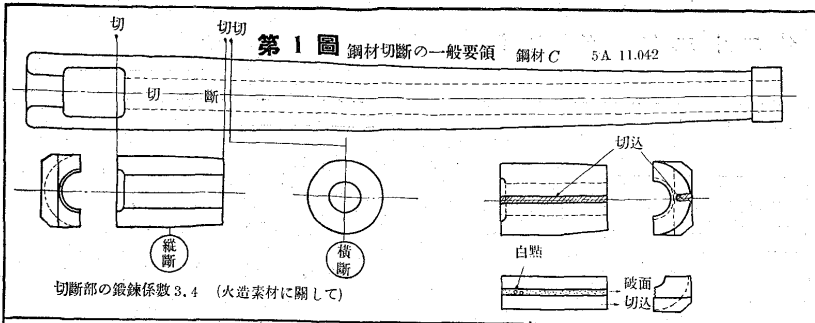
寫眞 第 9 其の 1 の 續 き

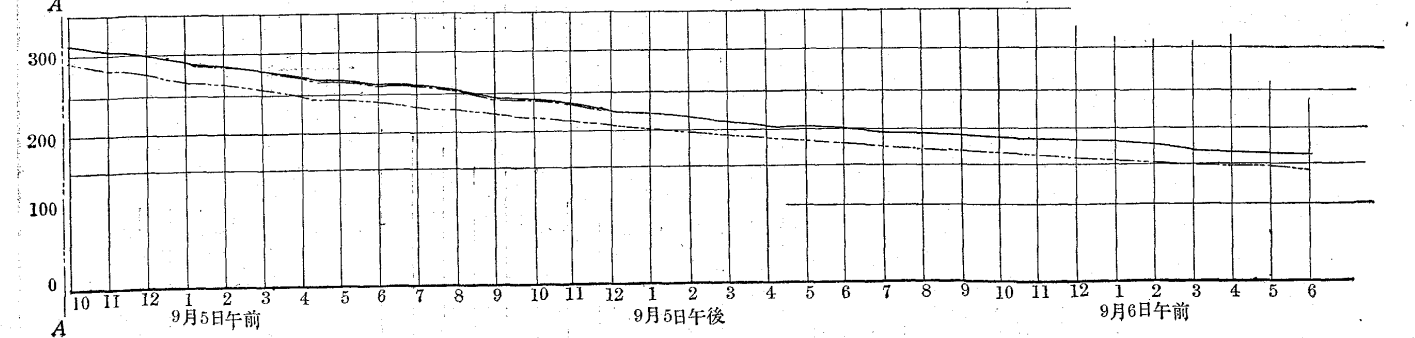
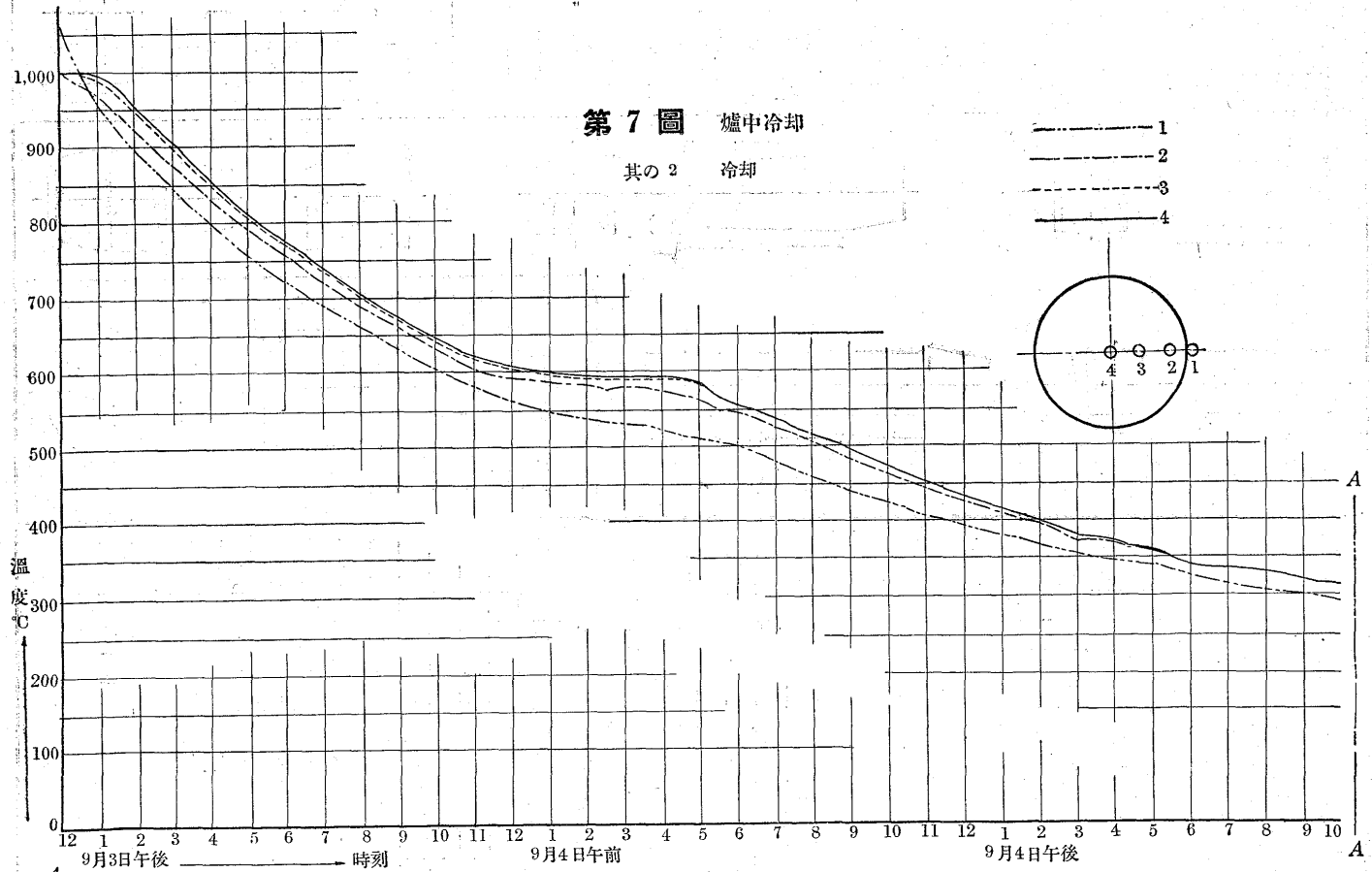
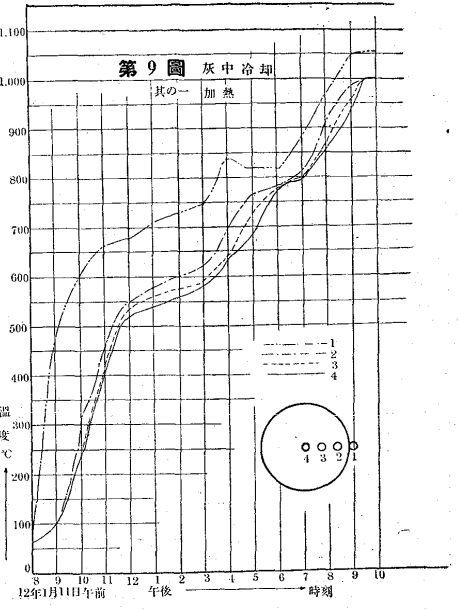
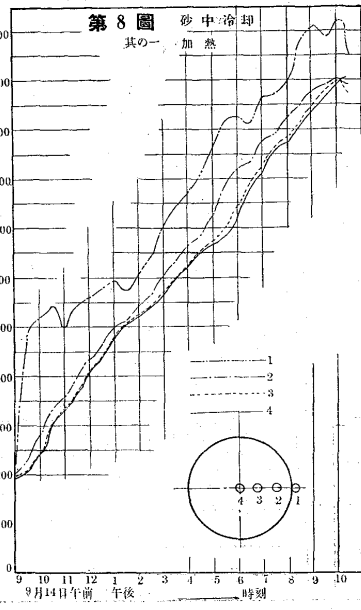
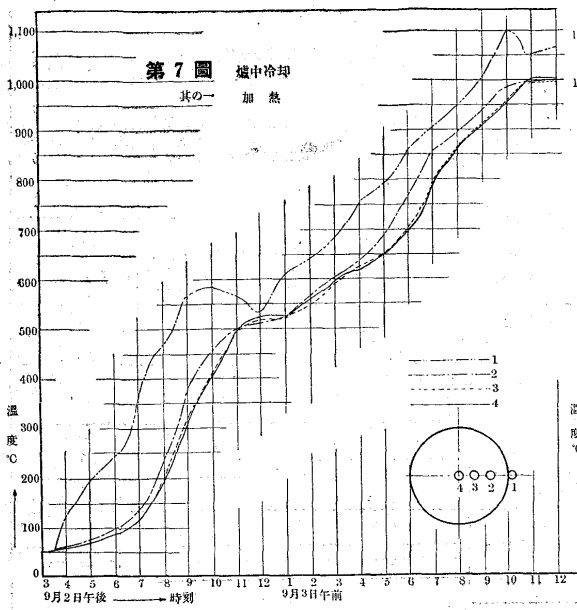


寫真第 9 其の 2 縱斷面

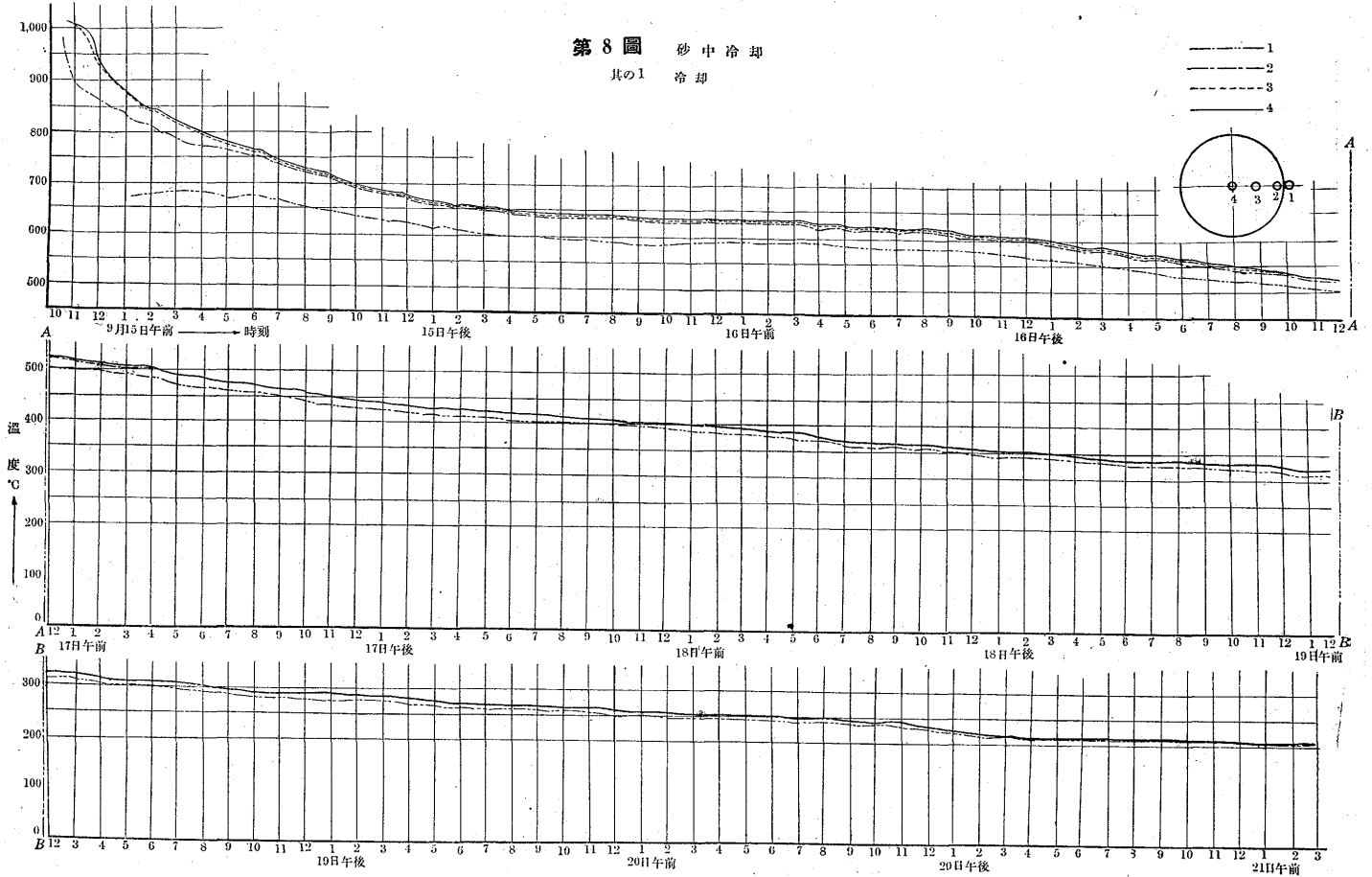
鍛鍊溫度	鍛鍊係數 2.0	鍛鍊係數 3.5
1,270°C	I 1E 8,069 	II 1E 8,069 
1,140°C	I 1E 8,067 	II 1E 8,067 
980°C	I 3E 8,067 	II 3E 8,067 
880°C	I 2E 8,068 	II 2E 8,068 

鍛鍊溫度	鍛鍊係數 5.0	鍛鍊係數 6.5
1,270°C	I 2E 8,069 	II 2E 8,069 
1,140°C	I 2E 8,067 	II 2E 8,067 
980°C	I 1E 8,068 	II 1E 8,068 
880°C	I 3E 8,068 	II 3E 8,068 

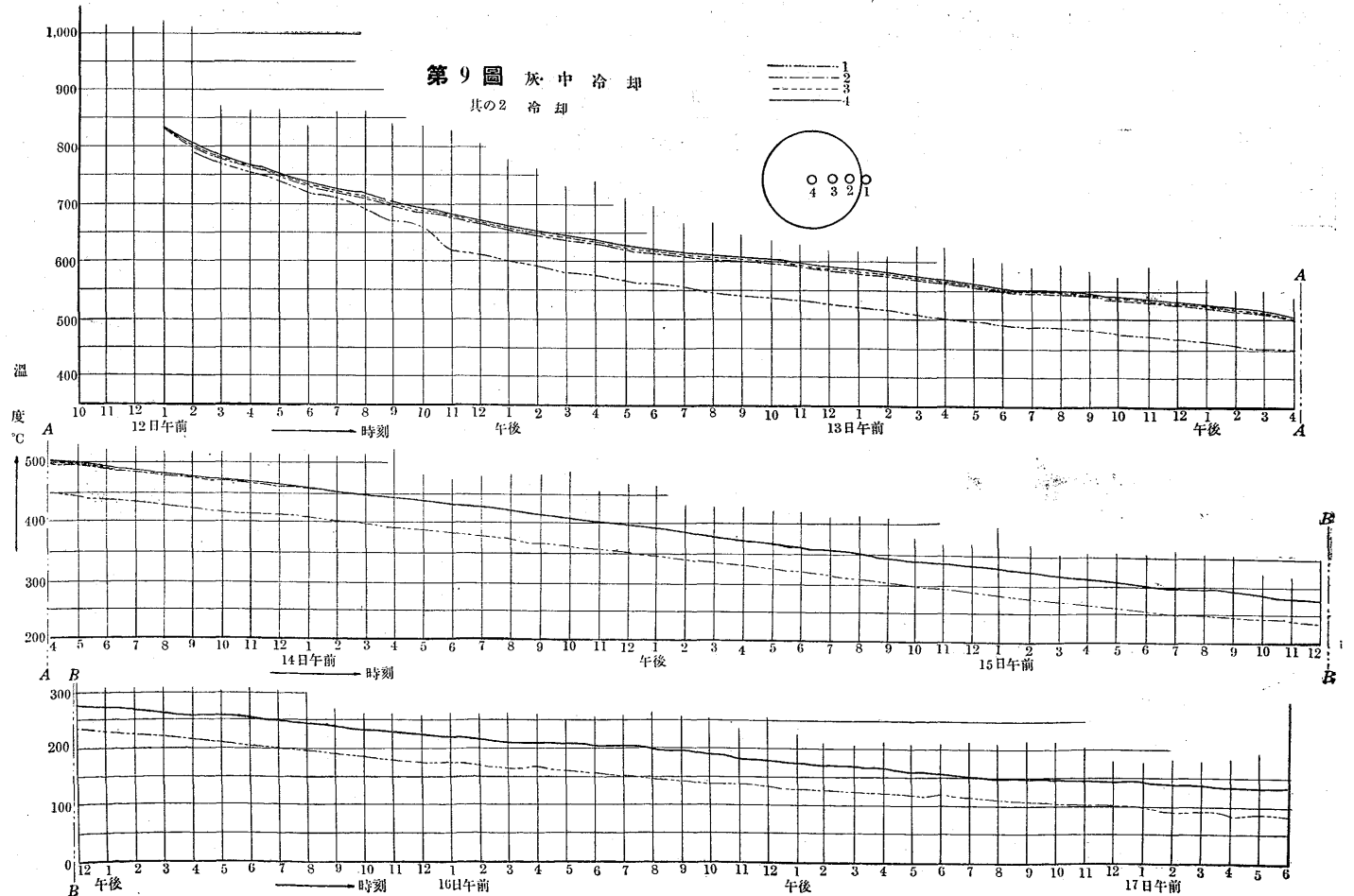


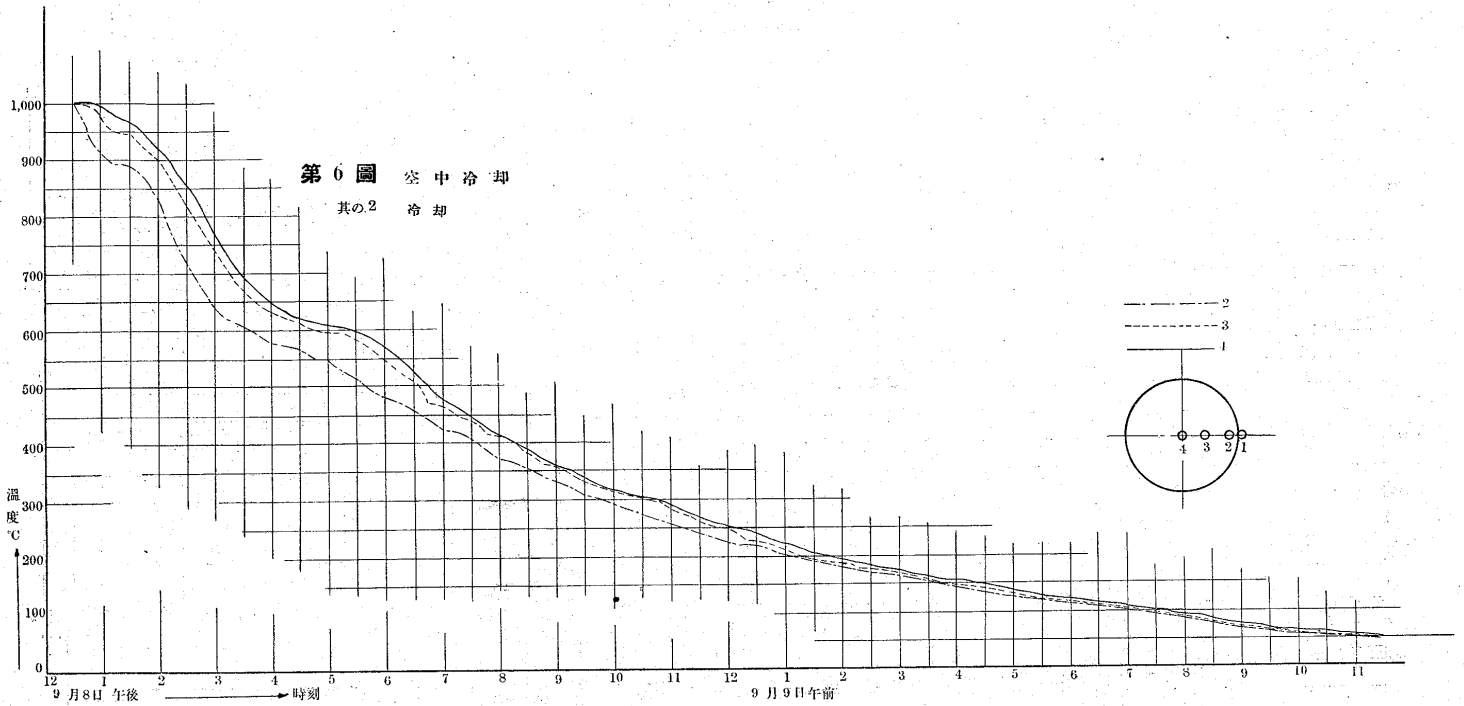


第8圖 砂中冷却
其の1 冷却



第9圖 灰中冷却
其の2 冷却





第10圖 鍛鍊温度並に鍛鍊係数の白點に及ぼす影響(寸法mm)

