

鐵

と

鋼

第十年 第二號

大正十三年二月二十五日發行

ニツケル・クローム鋼に關する研究

吉川晴十

目次

第一章 強靱性ニツケル・クローム鋼

第一節 緒言

第二節 標準ニツケル・クローム鋼

第三節 炭素含有量高くニツケル一%以下クロミウム〇乃至一、六八%のニツケル・クローム鋼

第四節 炭素含有量中位ニツケル一%以下クロミウム〇乃至二%のニツケル・クローム鋼

第五節 炭素含有量約〇、三%ニツケル約二%クロミウム〇乃至二%のニツケル・クローム鋼

第六節 炭素及びニツケル含有量標準ニツケル・クローム鋼に近くクロミウム〇及二%を含有するニツケル・クローム鋼

第七節 炭素含有量約〇、二五%ニツケル約四%クロミウム〇乃至二%のニツケル・クローム鋼

第八節 炭素含有量約二%ニツケル約五%クロミウム〇乃至二%のニツケル・クローム鋼

第九節 第一章の結論

第二章 不鏽性ニツケル・クローム鋼

第一節 緒言

第二節 ニツケル含有量一、五%のニツケル・クローム不鏽鋼

第三節 ニツケル含有量三%のニツケル・クローム不鏽鋼

第四節 ニツケル含有量八%のニツケル・クローム不鏽鋼

第五節 第二章の結論

第一章 強靱性ニツケル・クローム鋼

第一節 緒言

從來鋼の靱性を判断するに主として牽引試験錐の延伸度を以て目安となし其大なるものを靱性大なりと稱し居たれども之れは必ずしも實用上に於ける靱性を的確に示すものに非ず殊にニツケル・クローム鋼等合金鋼に於ては試験錐の延伸度は比較的小なるも實用上強靱のものあり又延伸度は充分にありても實地使用にあたり少しの延伸もなく破断することあるは往々にして見る所なり、之れ實用の際は多くの場合衝撃的の應力を受くるのみならず牽引試験錐の如く完全なる表面を有せず凹凸或は角隅を有するを常とし斯かる場合の靱性は普

通牽引試験に於ける靜的應力を受くる時には大に其の趣を異にするものあるに因るなり、近時切込を附したる試験鐸の衝撃に對する抵抗力を測定する各種試験機の應用盛になり砲身材、飛行機用材等重要なる鋼材には牽引試験に加ふるに此衝撃試験を規格に入れたるもの多く之れによりて實用上の韌性を確實ならしるに至れり。

本研究は現今一般に使用せらるるニツケル・クロミウム鋼即ち炭素約〇・三%ニツケル約三、五%クロミウム約一%なる鋼を標準鋼とし炭素、ニツケル及びクロミウムの量を變化したるニツケル・クロミウム鋼の性質を特に前記實用上の韌性即ち衝撃試験を加味したる強度の見地より研究し右標準のニツケル・クロミウム鋼と比較して炭素或はクロミウムの量を適當に配合し尙熱處理を適當に施せばニツケルを前記標準含有量より減少するも強韌性に於て標準鋼に劣らざるものを得べきや又ニツケルを同量として炭素及びクロミウムを變更し或はニツケルを多少高くしても標準鋼より一層強韌なる材料を得べきや等を研究したるものなり。

衝撃試験としてはアイゾツド式が最も簡單にして充分に韌性を表はし且世界的に廣く行はれつゝあるを以て専ら之れに依ることとしたり。

試験材料は炭素及びニツケルを一定としクロミウムを〇%、一%及び二%となしたる三種一組のものを六組即ち總數十八種とし何れも坩堝にて熔製し四角二十三庇鋼塊となし一吋角に鍛延したるものに熱處理を施して牽引試験鐸を製造したり衝撃試験鐸は更に之れを二分の一吋角に鍛延したる後熱處理を施したるものより製造したり従つて本研究に於ける試

驗成績は試験鐸製造の方向普通砲身材料等の場合とは異なるを以て其儘之れと比較すること能はず單に相互間の比較をなし得るに止まること論を俟たず。

第二節 標準ニツケル・クロミウム鋼

標準ニツケル・クロミウム鋼を鋼番號第一とす。

(イ) 化學分析

標準鋼の化學分析結果第一表の如し、滿俺は實際砲身材料などとする場合には高けれども本研究に於てはなるべく他の元素の影響を避くる爲め單に鋼塊鑄造に必要な程度に止めたり。

第一表 標準鋼の化學成分

成分	炭素%	硅素%	滿俺%	磷%	硫	ニツケル%	クロミウム%
鋼番號	〇・三一	〇・一六	〇・二五	〇・三二	〇・二四	三・二六	〇・九八

(ロ) 變態點

本材料の變態點を熱膨脹測定装置によりて求めたるものは第一圖Aに示すが如くにして即ち次の如し。

第二表 標準鋼の變態點

變態點	溫度(攝氏)	記
Ac	七五七—七九二度	加熱最高溫度九二二度昇熱時間一時間十七分
Ar	六八三—六四三度	九二二度より二二〇度迄冷却時間一時間五十一分

變態點Arは冷却速度によりて變化あり、試料を爐中より引出し空氣中冷却を行ひたる場合の變態點は第一圖Bに見る如くにしてAr著しく下降し四五一度乃至三六二度なり(此時の加熱最高溫度九二〇度其溫度より七〇度まで冷却時間一二分間)變態點の測定は熱處理分析に依るよりも此の熱膨脹測定の方輕便に於て且明瞭なる故全部之れによることとせり。

(ハ)各種温度に於て焼入せる場合の硬度
 二分の一吋立方の試料を表中記入の温度に熱し一〇分間保熱の上、油中冷却を行ひたるもの、ブリネル硬度(壓力三〇〇〇庇)を測定したる結果第三表の如し。

第三表 各種温度にて焼入せる場合の硬度

試片符號	焼入温度°C	ブリネル 硬度數
A	七五〇	四七七
B	七七五	五一四
C	八〇〇	五一四
D	八二五	四九二
E	八五〇	五一四
F	八七五	五一四
G	九〇〇	五一四

右表によれば七七五度以上に於ては硬度殆んど一定なり。即ち變態區域を略々通過すればそれ以上に於ては殆んど硬度に變化なし。

(ニ)牽引及衝撃試験

各種の處理を施したるもの、牽引及衝撃試験成績第四表の如し。

牽引試験鐸の寸法は標點間長さ二吋直徑〇、五三三吋衝撃試験鐸はアイツッド式一二〇呎听機に對する規定寸法の者なり以下各鋼番號試験鐸もすべて之れと同一のものなり。

第四表 牽引衝撃試験

符號	處理	彈破 性mm ² 斷mm ²	延時 伸に付	斷面 縮收	斷面 狀態	硬 度	衝 擊
A	鍛延の儘	—	二九、五	二六、六	—	—	—

ニッケル・クロム鋼に關する研究

B 八〇〇度×一時間爐中冷却 五三〇、七三、二五、四、五三、八 Cup 三三三、三〇、八、五、四、五、三

C 九〇〇度×一時間大氣中冷却 (ノルマライジング) 五六〇、二〇、三、一六、七、三六、七 Cup (FIBROUS) 二五三、三三〇、〇、二二、九

D 九〇〇度×三十分爐中にて四〇〇度迄冷却し後七〇〇度×一時間爐中冷却 四六〇、六九、九、二六、〇、五、六 Cup 三九一、九、六、五〇、五、五、二、七

右第四表に於て見る如く本ニッケル・クロム鋼は九〇〇度にて加熱し靜止の大氣中にて冷却する處理即ち所謂ノルマライジングによりて軟化せられず略々鍛延の儘のものと同樣にて破斷界一〇〇 kg/mm²以上に達す。

八五〇度より爐中冷却を行ひたるものは九〇〇度一旦熱し爐中にて四〇〇度迄冷却したるものを更に變態點以下なる七〇〇度に熱したる場合と殆んど差違なし。

次に焼入後各種の温度にて焼戻したるもの、材料試験を行ふ、焼戻に際し焼戻温度より冷却する方法の相違によりて衝撃試験成績に差異を生ずるものあり之れを焼戻脆性 (temper brittleness) と稱し特にニッケル・クロム鋼に於て著しけれ共坩堝爐製の鋼に於ては此の焼戻脆性甚だ少なく本實驗に使用したる材料は皆坩堝鋼にして焼戻後の冷却方法は殆んど關係なければども茲には操作迅速の爲めにすべて油中冷却を行ふ事となしたり。

焼入は變態點を完全に超過したる温度に於てすることとし尙第三表の硬度數より見ても充分なる硬度を得る温度を選ぶ事とし八五〇度にて油焼を行ひたり即ち試料を八五〇度に昇熱して一時間保ち油中冷却の後牽引及衝撃試験片一本宛を表中記入の温度にて一時間焼戻し油中に投入冷却したり其成績

を第五表に掲ぐ。

第五表 八五〇度にて油焼後各種温度にて焼戻した

試片符號	焼戻温度 C°	弾性限界 kg/mm ²	破斷 kg/mm ²	延時 伸付 %	斷面 縮收	硬 度		衝擊 呎呎
						斷面 硬 度	ブリ スクレ ロ	
A	四〇〇	一三六、六	二〇、〇	三、九	四、九	四、九	三、八	二二、八
B	五〇〇	一八〇、〇	二七、〇	四、七	三、五	三、五	三、〇	二二、〇
C	六〇〇	一九九、九	三六、四	四、七、六	三、九	三、九	三、五	二二、六
D	六〇〇	一九五、五	一六、七	四、七	三、〇	三、〇	三、五	二二、〇
E	七〇〇	一七五、五	一八、四	五、八	三、六	三、六	三、〇	二二、〇
F	七〇〇	一七〇、〇	一七、〇	四、〇	三、四	三、四	三、〇	二二、〇

るもの、成績表
 斷面狀態欄中A、B及Cなる文字は試験鋼の切斷位置を示し、夫れは試験鋼の眞中央、標點間三分の一の中部及び其兩側に於て切斷したることを表はす。

右の成績を線圖にて表せば第二圖の如し。

本材料試験の成績を考察するに四〇〇度焼戻のものは強度猶著しく高し五〇〇乃至六〇〇度のものは何れも大差なし六五〇度の者は急に弾性限破斷界及び硬度下り衝擊値著しく増大す七〇〇度にて焼戻したるものは再び強度増加す變態點測定に於ては七〇〇度にて未だ變態點に達せざるを見れども之は加熱速度大なる故眞の變態點よりは多少高く現はれ焼戻の場合には長時間保熱する故七〇〇度にて既に幾分焼入作用を受くるに至りたるべし茲に最も顯著なる事實は此七〇〇度にて焼戻したるものが硬度高くなりたるに拘はらず衝擊値甚だ大にして六五〇度焼戻のものより却て高き事なり即ち六五〇度焼戻のものはブリネル硬度二六六にて衝擊四三、四及四五、

〇呎呎なるに七〇〇度焼戻のものは硬度三三四にて衝擊値は五四、二及五三、〇呎呎なり之れは此種材料の實用上に於て非常に重要な事柄にしてなるべく強度大にして且衝擊値も大なる熱處理を選ぶを最も適當とするを以て多少は延伸度減少するとも七〇〇度焼戻のもの、方實用上強靱なることゝなるなり。

(ホ) 顯微鏡的組織

九〇〇度にて一時間加熱し大氣中にて冷却したる衝擊試験片の顯微鏡的組織は顯微鏡寫眞第一に掲ぐるものにして殆んどマルテンサイト組織をなす。

寫眞第二は九〇〇度にて三〇分間加熱後爐中にて一旦四〇〇度迄冷却し更に七〇〇度に昇熱し一時間保熱後爐中冷却を行ひたるものなり此場合には多量のフェーライト現出し居るを見る、層狀をなせるは鍛延の方向に平行の面にて寫眞を取りたるが故なり七五〇度乃至九〇〇度にて油焼入を行ひたるものは何れも皆殆んど同様の顯微鏡的組織を呈す七五〇度にて焼入したるものは多少硬度低けれども顯微鏡的には相違を見ず之れ焼入前に鍛鍊の儘なる故フェーライトの析出なく初めよりマルテンサイトの組織を呈し居るによるなり顯微鏡寫眞第三は七五〇度にて油焼したるもの、百倍擴大、第四は四百倍擴大なり百倍にてはマルテンサイトの針狀組織明瞭ならざれども四百倍大ならば之れを見る事を得、寫眞第五は八五〇度油焼のもの、百倍擴大、第六は同四百倍なり之れは七五〇度焼入のものと殆んど變化なし、寫眞第七は九〇〇度油焼百倍擴大、第八は同四百倍なり九〇〇度に至れば明かに針狀結晶の長大なることを知る。

焼入後焼戻したるもの、顯微鏡組織は焼戻温度の高くなるに従ひて漸次腐蝕液に浸さるゝこと早くなるのみにて著しき相違を見ず、顯微鏡寫眞第九は八五〇度油焼後四〇〇度にて一時間焼戻したるもの第十は同じく六五〇度焼戻のものなれども何れも組織にては區別し難し寫眞第十一は七〇〇度焼戻のものにて之れは既に分解完全に行はれ針狀結晶を失ふに至りたり。

第三節

炭素含有高くニッケル一%以下クロミウム〇乃至一、六八%のニッケル・クロミウム鋼

ニッケルの量を著しく節減し炭素を多くしクロミウムの量を加減したる鋼の性質を前記標準ニッケル・クロミウム鋼と比較せんが爲め次記の坩堝鋼を用ゐて試験したり。

(イ) 化學分析

第六表 化學分析

成分	炭素%	硅素%	滿侷%	燐%	硫%	黃%	ニッケル%	クロミウム%
鋼番號	〇、五二〇、〇八〇、二五〇、〇〇四、〇〇二九〇、六二〇							
第二	〇、五二〇、〇八〇、二五〇、〇〇四、〇〇二九〇、六二〇							
第三	〇、五三〇、一四〇、二六〇、〇三二、〇〇三五〇、八五〇							
第四	〇、四八〇、一七〇、一八〇、〇三六、〇〇一五〇、九六〇							

(ロ) 變態點

熱膨脹による變態點測定結果緩冷及急冷の場合第三圖乃至第五圖の如くにして變態點の位置次の如し。

第七表 變態點

變態點番號	爐中	大氣	Ar	圖
第二七四五—七九五	爐中七三〇—六八〇	大氣冷七二〇—六四〇	最高加熱溫度九一〇度 却時間二時間十五分	第三圖 A
			最高加熱溫度九〇〇度 却時間七分間	第三圖 B

ニッケル・クロミウム鋼に關する研究

第三	七六七一—八〇二	爐中七一一—六九三	最高加熱溫度九一〇度 却時間二時間六分	第四圖 A
		大氣冷六三〇—五九〇	最高加熱溫度九一〇度 却時間一五分	第四圖 B
第四	七九二—八三七	爐中七三七—七一一	最高加熱溫度九一〇度 却時間二時間十三分	第五圖 A
		大氣冷二五三—一二七	最高加熱溫度九〇〇度 却時間十分間	第五圖 B

クロミウムを含有する鋼の變態點は普通よりも高きこと既知の事實にして本試験に於てはクロミウム一、六八%を含有する第四は八〇〇度以上に於てAcを現はしArも緩冷の場合には七〇〇度以上に現はる、急冷の場合にはクロミウム多きものは變態點の下降著しく第三は六三〇度に於て始まり第四は二五三度に於て初めて發現す、即ちクロミウムを多量に含有する鋼は所謂自硬鋼にして空中緩冷によりて焼入を行ふ事を得。

(ハ) 各種温度に於て焼入せる場合の硬度

二分の一吋角の試験片を七五〇度乃至九〇〇度の温度にて一〇分間保熱の上油中冷却を行ひたるものに就きブリネル硬度を測定したる結果を第八表に掲ぐ。

第八表 各種温度に於て焼入せるもの、ブリネル硬度

鋼番號	炭素%	ニッケル%	クロミウム%	焼入温度	硬度
第二	〇、五二	〇、六二	〇、〇〇	七五〇	二七七
第三	〇、五三	〇、八五	〇、〇〇	七五〇	二六九
第四	〇、四八	〇、八五	〇、〇〇	七五〇	二七四
				七五〇	四七七
				七五〇	五四六
				七五〇	四七七
				七五〇	六〇一
				七五〇	六一七

七三

八二五	二八八	四九六	五七八
八五〇	二九三	五一四	六〇一
八七五	二八五	四九六	六四二
九〇〇	二九〇	五一四	六五四
九二五			六〇一
九五〇			五五五
九七五			五五五

右第八表にて著しき事實はクロミエウム含有量増加するに従ひて硬度の増大することよりクロミエウムを含有せざる第二に於ては硬度二九三を出でざるにクロミエウム一、〇二%を含有する第三は硬度五一四に達し更に一、六八%を含有する第四は六五四の硬度を有す尚クロミエウム一、〇二%の第三は八五〇度にて充分の硬度を得れ共クロミエウム一、六八%の第四は焼入温度の昇るに従ひて硬度を増す、變態點測定に於ては八三七度にて完全に變態を終了するもの、如く見ゆれ共焼入硬度試験に於ては八五〇度にて猶未だ完全の焼入を受けざるもの、如し、尙此鋼は冷却の時の變態點即ちArは二五三—一二七度と云ふが如き低き温度に在る故一旦昇熱の時變態點を通過すれば焼入作業甚だ容易なるが如く思はるれど事實は然らず焼入温度によりて著しく硬度異なるなり。

(二)牽引及衝撃試験

鍛延の儘及び各種焼鈍試験片の試験成績は第九表の如し。

第九表 各種處理後の材料試験

試片	鋼番號第二			炭素	破斷	延縮	断面	硬度	衝撃
	符號	處	理						
A 鍛延	の儘	彈性	破斷	0.62	%	%	%	%	%
		限kg/mm ²	界kg/mm ²						

C	九〇〇度×一時間	六、七	三三、六	四五、八	A F	二九	三三、〇	一三三、〇
D	九〇〇度×三十分	七、〇	六一、三	三三、五	A Cup	一七	二〇、〇	九、四
	九〇〇度×十分							二六、〇
	四〇〇度×十分							一六、〇

鋼番號第三 炭ニツケル素0.0、0.5、0.8、1.0、1.2、1.5、2.0

A	鍛延の儘	三〇、〇	六六、〇	一八、二	四七、六	F		
B	八〇〇度×一時間	三〇、〇	六二、六	二二、八	四三、一	B Cup	二四	三三、〇
C	九〇〇度×一時間	三九、〇	六一、〇	二〇、五	四七、六	B F	二八	二六、〇
D	九〇〇度×三十分	四〇、〇	六二、〇	二〇、〇	四三、〇	B F	二六	二五、〇

鋼番號第四 炭ニツケル素0.0、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2

A	鍛延の儘	以上			ウイットオース試験機にて切斷せず			
B	八五〇度×一時間	四六、〇	八三、〇	一九、七	四四、四	B Cup	二五	三三、〇
C	九〇〇度×一時間	一三〇、六	八〇、〇	一四、八	GA (Granular)		三六	
D	九〇〇度×三十分	四〇、〇	八三、〇	二〇、三	B F		三三	二五、〇
E	七〇〇度×一時間	三三、〇	九二、三	一七、二	C Cup		二六	一五、三

右第九表の試験成績を考察するにクロミエウム含有せざる鋼番號第二は鍛延の儘のものどノルマライシツングのものど大差なく一旦九〇〇度迄熱し七〇〇度にて焼鈍爐中冷却を行ひたるものは強度少しく下る然れども此作業を行ひたるものは強度下るに拘はらず衝撃試験成績却つて低下するを見る。之れを第四表の標準ニツケル・クロミエウム鋼の成績に比すれ

ばすべての點に於て劣り殊に衝撃試験成績に於て著しく相違あり。

クロミウム一、〇二%を含有する鋼番號第三に於ては鍛延の儘及びノルマライシングのもの甚だ硬く脆性を帶ぶ八五〇度にて焼鈍爐中冷却のものは強度高く而かも衝撃試験成績良好なり只九〇〇度に加熱し七〇〇度にて一時間保熱せる試片符號Dは強度前記八五〇度のものと同様に衝撃試験成績其半にも達せずノルマライシング即ち空氣中冷却のものも劣るを見る、本材料を第四表の標準ニッケル・クロム鋼と比較する時は鍛延の儘及びノルマライシングの状態にてはあまり遜色なけれ共焼鈍状態に於て本材料の方衝撃試験成績悪しく多少脆き傾あり。

次にクロミウム一、六八%を含有する鋼番號第四に就て見るに本材料は鍛延の儘及びノルマライシングの状態にては非常に强度高く旋盤にては漸く削り得れ共成形機にては切削不可能なり八五〇度にて焼鈍爐中冷却を行ひたるものは破斷界八三 kg/mm²に達し衝撃試験も三五、七及び三一、〇呎听を示し良好なるものなり九〇〇度に加熱し更に七〇〇度にて焼鈍爐中冷却のもの(D)は右八五〇度焼鈍のものと同牽引試験成績異ならざれども衝撃試験成績悪し之れは前記クロミウム一、〇二%の鋼番號第三の場合にも起りたる事實にして此種の材料は變態點を甚だしく超過せざる温度にて焼鈍する方良好なる成績を得る事を示すものなり。

焼入焼戻作業を施したる場合の試験成績を求むる爲め完全に焼入せらるゝ温度即ち鋼番號第二及び第三は八五〇度にて、第四は九〇〇度にて三十分間加熱し油中冷却を行ひたる

後變態點以下各種の温度にて一時間焼戻し其の温度より直ちに油中冷却を行ひたるもの、試験成績は次表の如し。

第十表 焼入焼戻後の材料試験成績

鋼番號第二		鋼番號第三		鋼番號第四	
炭素	クロミウム	炭素	クロミウム	炭素	クロミウム
〇、五二	〇、六二	〇、八五	〇、二	〇、四八	〇、九六
八五〇度油焼後	一時間焼戻	八五〇度油焼後	一時間焼戻	九〇〇度油焼後	一時間焼戻
試片符號	度温	試片符號	度温	試片符號	度温
A	四〇〇	A	五〇〇	A	五〇〇
B	五〇〇	B	五五〇	B	五五〇
C	五〇〇	C	六〇〇	C	六〇〇
D	六〇〇	D	六五〇	D	六五〇
E	六五〇	E	七〇〇	E	七〇〇
F	七〇〇	F	七五〇	F	七五〇
彈限	kg/mm ²	彈限	kg/mm ²	彈限	kg/mm ²
破斷	kg/mm ²	破斷	kg/mm ²	破斷	kg/mm ²
延時	%	延時	%	延時	%
縮收	%	縮收	%	縮收	%
硬	度	硬	度	硬	度
面斷	面	面斷	面	面斷	面
状態	ブル	状態	ブル	状態	ブル
衝擊	呎听	衝擊	呎听	衝擊	呎听
試驗	試驗	試驗	試驗	試驗	試驗

B	500	—	143.4	92.3	25.1	F _B	45	5.6	—	—	—	—
C	500	—	129.0	23.3	42.1	F	35.3	3.6	—	—	—	—
D	500	101.0	125.5	143.3	44.4	C _{Cup}	34.1	3.5	—	—	—	—
E	400	77.0	93.0	20.0	56.2	B _{Cup}	25.5	2.6	—	—	—	—
F	500	76.5	91.5	16.9	54.8	C _{Cup}	26.8	2.6	—	—	—	—

右表の結果を第六圖第七圖及び第八圖に線圖として掲ぐ。

(ホ)顯微鏡的組織

顯微鏡寫眞第十二は鋼番號第二のノルマライジングの後の組織なり之れはクロミウムを含まざるを以て九〇〇度より空氣中冷却を行ふもフェーライトの網目を發生す、寫眞第十三は九〇〇度にて三分間加熱し四〇〇度迄爐中冷却の後七〇〇度にて昇熱して更に一時間保熱し爐中冷却を行ひたるものなり之れは寫眞第十二よりも太きフェーライトを有す爐中冷却なるが故にフェーライトの分離完全なりしに因るなり。七五〇度乃至九〇〇度にて油焼したるものは完全に焼入作用を受けマルテンサイトの組織をなし顯微鏡的には殆んど區別すること能はず寫眞第十四は七五〇度にて焼入したるもの第十五は九〇〇度にて焼入したるものなり、但し本試片は二分の一吋立方の小片なる故比較的低温度にて完全に焼入作用を受け居るなれ共試片の大きが大なる時は七五〇度近傍より急冷するも完全なるマルテンサイト組織を得ること困難なり。

鋼番號第三の顯微鏡的組織は顯微鏡寫眞第十六乃至第二十に示す如くにして第十六は九〇〇度にて一時間加熱し空氣中冷却のものなり、之れは既に一、〇二%のクロミウムを含有するを以て空氣中冷却によりてマルテンサイト組織となり従

つて強度も大なる事第九表に見るが如し、寫眞第十七は九〇〇度にて熱し四〇〇度迄爐中冷却の後七〇〇度にて一時間焼鈍したるものにして多少フェーライトの分離し初め居るを見る。

寫眞第十八は七五〇度にて油焼したるものにして未だ完全に焼入せられざる故濃く腐蝕せられたる部分あり寫眞第十九は八〇〇度にて油焼したるものにて完全にマルテンサイト組織となり居るを見る寫眞第二十は九〇〇度にて油焼したるものにて同じくマルテンサイトなれ共寫眞第十九のものに比し焼入温度高き丈けに長き針狀結晶をなす。

鋼番號第四はクロミウム一、六八%を含有するが故にノルマライジングにては更に明瞭なるマルテンサイト組織を現はす顯微鏡寫眞第二十一は即ち此九〇〇度より空氣中冷却を行ひたるものなり、寫眞第二十二は九〇〇度より四〇〇度迄爐中冷却次に七〇〇度にて一時間焼鈍したるものにて此處理によるものは矢張りフェーライトを發生するを知る、即ち高炭素クロム鋼にてクロミウム一、六八%位にては爐中冷却にてフェーライト發生し従つて硬度も爐中冷却のものは著しく高からず尙此事は變態點測定に於て第五圖に見るが如く比較的高温度に於てAr變態點を現はすことによりても知る事を得。

顯微鏡寫眞第二十三は七五〇度にて油焼したる者にしてマルテンサイトと共に猶多少のフェーライト存在し居るを見る未だ完全に焼入せられざるなり七七五度にて焼入したる者を檢すれば全くマルテンサイトのみとなるを知る八〇〇度にて焼入したるものは多少針狀結晶を認め得べし之れ以下の温

度にて焼入したるもの、マルテンサイトは針狀結晶を呈せず
 ハーテナイトとも稱すべきものなり八五〇度にて焼入したる
 ものは針狀結晶明瞭にて九〇〇度のもものは其針狀が更に長く
 なり居るを見る寫眞第二十四は八五〇度にて、第二十五は九
 〇〇度にて油焼したるものを示す。

第四節 炭素含有量中位ニツケル一%以下、クロミ
 ユーム〇乃至二%のニツケル・クローム鋼
 前節記述のものに比し炭素含有量稍低き左記材料に就き同
 様に各種の試験を行ひたり。

(イ) 化學分析

第十一表 化學分析

鋼番號	成分	炭素%	硅素%	滿俺%	燐%	硫黃%	ニツケル%	クロミユーム%
第六		〇、三五〇	〇、〇七〇	〇、〇三〇	〇、〇四六	〇、九三		
第五		〇、四一〇	〇、一六〇	〇、二六〇	〇、〇五〇	〇、二〇〇	〇、五九一	〇、七
第七		〇、四〇〇	〇、〇六〇	〇、二四〇	〇、〇五〇	〇、〇一三	〇、五七二	〇、八

之れを前節の鋼と比較する時は鋼番號第五は鋼番號第二よ
 りも炭素〇、一七%低く鋼番號第六は鋼番號第三よりも炭素
 〇、二二%低く鋼番號第七は鋼番號第四よりも炭素〇、〇八%
 低くニツケルも少しく低くクロミユーム僅かに高し。

(ロ) 變態點

熱膨脹による變態點測定結果爐中緩冷及び爐外に取出して
 空氣中冷却の場合第九圖乃至第十一圖に示すが如く變態點の
 位置次の如し。

第十二表 變態點

鋼番號	變態點	最高加熱溫度	冷却時間
第五	七七〇—八三〇	九〇〇度	二時間二分
	爐中七九五—七一一	九〇〇度	二時間二分
	冷却	九〇〇度迄冷	第九圖A

ニツケル・クローム鋼に關する研究

第六 七八一—八四一
 大氣中冷却 七五〇—六五〇
 最高加熱溫度九〇〇度
 時間一分
 第九圖B

第六 七八一—八四一
 爐中冷却 七七六—七一
 最高加熱溫度九二〇度
 時間二分
 第十圖A

第六 七八一—八四一
 大氣中冷却 七六〇—六八〇
 最高加熱溫度九〇〇度
 時間一分
 第十圖B

第七 七九六—八六六
 爐中冷却 七七一—七二六
 最高加熱溫度九一一度
 時間二分
 第十一圖A

第七 七九六—八六六
 大氣中冷却 四七三—三七三
 最高加熱溫度九一一度
 時間一分
 第十一圖B

右表變態點の位置を前節第七表と比較する時は本試験の試
 料の方一般に高溫度にて變態するを見る前節のものに比し異
 なる所は主として炭素のみなる事より見れば炭素の量減少す
 るに従ひて變態點は高まる事となる。

(ハ) 各種溫度に於て焼入せる場合の硬度
 二分の一時角に鍛延したる材料を七〇〇度にて焼鈍し切斷し
 て二分の一時立方の試片を作り之れを七五〇度以上各種の溫
 度にて一〇分間保熱し油焼入を行ひブリネル硬度を測定した
 る結果を第十三表に掲ぐ。

第十三表 ブリネル硬度

鋼番號	燒入溫度	炭素%	ニツケル%	クロミユーム%	硬度
第五	七五〇	〇、三五	〇、九三	〇、〇七	二〇七
第五	七七五	〇、三五	〇、九三	〇、〇七	二二二
第五	八〇〇	〇、三五	〇、九三	〇、〇七	二二二
第五	八二五	〇、三五	〇、九三	〇、〇七	二四一
第五	八五〇	〇、三五	〇、九三	〇、〇七	一九七
第五	八七五	〇、三五	〇、九三	〇、〇七	二一一

九〇〇	二〇七	五二六	五五五
九二五	—	四四四	—
九五〇	—	四九六	—
九七五	—	四七七	—

七五〇度にてはクロミウムを含有するものは未だ完全に焼入せられざるを以てクロミウムを含有せざるものと硬度あまり異ならず。

鋼番號第五は八二五度にて最高硬度に達すれども其値は僅かに二四一に過ぎずクロミウム増すに従ひて硬度増加し鋼番第六は九〇〇度にて最高五二六なり鋼番號第七はクロミウム二、〇八%を含有し八二五度焼入にて最高五八七の硬度を有す。

之れを炭素高き第八表の硬度と比較する時は鋼番號第六と鋼番號第三と殆んど同硬度なる外何れも炭素低きもの、方著しく硬度低きを見る。

(二) 牽引及衝擊試驗

鍛延の儘並に焼鈍状態に於ける材料試驗成績第十四表の如し。

第十四表 各種處理後の材料試驗

鋼番號第五

試片符號	處	彈 性 破 斷		伸 縮		斷 面		硬 度		衝 擊
		mm ²	mm ²	%	%	リ	度	度	度	
A	鍛 延	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	九〇〇度×一時 間空中冷却	三三、〇	三三、〇	二七、三	四、七	—	—	—	—	—
D	九〇〇度×三十 分冷却の 後七〇 度×一時 間 爐中冷却	四三、〇	四三、〇	二六、三	一六、七	—	—	—	—	—

鋼番號第六

試片符號	處	彈 性 破 斷		伸 縮		斷 面		硬 度		衝 擊
		mm ²	mm ²	%	%	リ	度	度	度	
A	鍛 延	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	九〇〇度×一時 間空中冷却	四〇、〇	四〇、〇	三三、〇	七、〇	—	—	—	—	—
D	九〇〇度×三十 分爐中冷却の 後七〇度×一時 間 爐中冷却	四三、〇	四三、〇	二五、六	一七、四	—	—	—	—	—

鋼番號第七

試片符號	處	彈 性 破 斷		伸 縮		斷 面		硬 度		衝 擊
		mm ²	mm ²	%	%	リ	度	度	度	
A	鍛 延	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	九〇〇度×一時 間空中冷却	三三、〇	三三、〇	二六、三	六、七	—	—	—	—	—
D	九〇〇度×三十 分爐中にて四 〇度迄冷却の 後七〇度×一時 間 爐中冷却	四三、〇	四三、〇	二六、三	六、七	—	—	—	—	—

右成績表中鋼番號第五は第九表の鋼番號第二に優れども標準鋼の第四表成績には及ばず鋼番號第二に優るはニツケル含有量鋼番號第二は〇、六二%なるに對しこれは〇、九三%なるになるならん試片符號D即ち九〇〇度にて焼鈍したる後更に七〇〇度に加熱したるものは彈性限高まり破斷界大差なく衝擊値は甚だ改善せられ居るを見る、之れ即ちニツケル鋼の純炭素鋼に比し優る所にしてニツケル鋼は純炭素鋼よりも炭素含有量を低くしても同程度の彈性限及び破斷界を有せしめ得べく而して其延伸度及び衝擊値は純炭素鋼よりも遙かに上等のものを得るなり。

鋼番號第六は第九表の鋼番號第二に比すべきものなれども炭素含有量〇、一二%小なるのみならずニツケル含有量も鋼番號第三より〇、二六小なる故強度著しく低く衝擊値は甚だ

大なり。

鋼番號第七は第九表の鋼番號第四と對照するものにて之れも炭素及びニツケル含有量小なるを以て強度低く衝擊値もあまり大なるものに非ず。

次に之れ等の鋼を適當なる溫度にて焼入したる後各種の溫度にて焼戻し油中急冷を行ひたるもの、材料試驗成績を第十五表に掲ぐ。

第十五表 焼入焼戻後材料試驗成績

鋼番號第五
炭素 〇、三五
ニツケル 〇、九三
クロミウム 〇、三〇
八五〇度にて三〇分
間保熱油焼入の後各
種溫度にて一時間焼
戻油中冷却

試片符號	燒戻溫度	彈性界限	破斷界	延縮%	斷面收縮%	斷面狀態	硬度	衝擊	呖听
A	四〇〇	五、〇	七〇、〇	二五、〇	五、八	A Cup	三三	二六、六	五、〇
B	四〇〇	四、〇	六二、〇	二五、五	五、八	B Cup	二〇、七	三三、六	四、〇
C	五〇〇	四、〇	六五、〇	二五、〇	五、七	A Cup	一九、七	三三、三	五、〇
D	六〇〇	四、〇	六三、二	二四、七	五、八	C F	—	三三、六	六、〇
E	六〇〇	四、〇	五九、〇	二二、〇	五、三	B Cup	一八、〇	三〇、〇	七、〇
F	七〇〇	四、〇	五五、五	二〇、五	五、一	B Cup	一八、六	三三、三	七、五

鋼番號第六

炭素 〇、四一
ニツケル 〇、五九
クロミウム 一、〇七
九〇〇度にて三〇分
間保熱油焼入の後各
種溫度にて一時間焼
戻油中冷却

試片符號	燒戻溫度	彈性界限	破斷界	延縮%	斷面收縮%	斷面狀態	硬度	衝擊	呖听
A	五〇〇	七、五	九五、〇	一七、〇	四、九	A Cup	三六	三五、〇	一五、〇
B	五〇〇	七、〇	九三、六	一七、〇	五、三	B Cup	二六、九	三三、七	一六、三
C	六〇〇	六、七、五	八四、七	一九、三	五、八	B F	二四、一	二七、〇	一五、二
D	六〇〇	六、〇	七六、四	二三、〇	五、七	C F	三三、五	二六、〇	一五、〇

ニツケル・クロム鋼に關する研究

試片符號	燒戻溫度	彈性界限	破斷界	延縮%	斷面收縮%	斷面狀態	硬度	衝擊	呖听
E	七〇〇	五、〇	七二、〇	二四、三	六、八	A Cup	二三	三四、一	七、三
F	七〇〇	五、〇	七三、四	二三、八	六、一	C Cup	三〇、七	三三、〇	七、三

鋼番號第七

炭素 〇、四〇
ニツケル 〇、五七
クロミウム 二、〇八
八五〇度にて三〇分
間保熱油焼入の後各
種溫度にて一時間焼
戻油中冷却

試片符號	燒戻溫度	彈性界限	破斷界	延縮%	斷面收縮%	斷面狀態	硬度	衝擊	呖听
A	四〇〇	—	一〇、二	一〇、一	三、五	A Cup	四六	四六、二	一〇、二
B	五〇〇	—	一二、五	一七、三	四、八	B Cup	三三	三七、五	三、七
C	五〇〇	九、〇	一〇三、五	一六、二	五、八	C Cup	三三	三六、六	三、〇
D	六〇〇	九、五	一〇五、〇	一七、〇	五、八	C Cup	三三	三六、〇	三、二
E	六〇〇	七、六	八六、五	二〇、四	六、六	B Cup	二九	三三、三	三、〇
F	七〇〇	六、〇	八二、〇	二三、一	六、五	B Cup	三三	三九、三	六、〇

右の成績を別々に線圖として第十二、第十三及び第十四圖に掲ぐ鋼番號第五の成績を第十表の鋼番號第二と比較する時は第五は炭素少なき故彈性限、破斷界共に約一〇 kg/mm² 低く延伸及び斷面收縮多けれども特に衝擊值著しく高し即ち鋼番號第二は七〇〇度にて焼戻したるものも其衝擊值僅かに一九、八呖听及び二四、〇呖听(第十表)なれども鋼番號第五は四〇〇度にて焼戻したるものにて猶五、一、〇呖听及び四九、〇呖听を示す而かも此兩者の牽引試驗成績を比較する時は彈性限及び破斷界は鋼番號第五を四〇〇度にて焼戻したる者の方寧ろ高く延伸斷面收縮等は略々同一なり此事實は或る強度の材料を要する場合に炭素多きものを高温にて焼戻して使用するよりも炭素少なきものを低温にて焼戻して使用する方安全なりと云ふ事を示すものなり。

(ホ)顯微鏡的組織

顯微鏡寫眞第二十六は鋼番號第五を九〇〇度にて一時間加

熱し空氣中冷却を行ひたるもの、組織なり之れはクロミウムを含有せざるを以てフェーライトが殆んど完全に分離し居るを見る、寫眞第二十七は八〇〇度にて油焼入したるもの第二十八は九〇〇度にて油焼入したるものにして擴大百倍なる故明瞭ならざれども之れを一層擴大して檢する時は何れもフェーライトとハーデナイトとより成り居るを見る即ち本材料は之れ等の温度にて油焼したるにては完全なるマルテンサイト組織となすことを得ず。

顯微鏡寫眞第二十九は鋼番號第六の九〇〇度空中冷却のものなり之れはニツケル及びクロミウム少量故空中冷却にて多量のフェーライトを發生するなり寫眞第三十は七五〇度焼入のものを示す此温度にては未だ完全に焼入せられざるを以てパーライトの部分あり黒く見ゆるは即ち之れにして白きはハーデナイトの部分なり七七五度にて焼入したるものは四百倍に擴大して見る時はマルテンサイトの針狀結晶を示す八〇〇度にて焼入すれば針狀結晶明瞭なり寫眞第三十一は此八〇〇度にて焼入したるものなり八七五度迄はマルテンサイトの針狀結晶中比較的黒き部分見ゆれども九〇〇度に至れば寫眞第三十二に見るが如く殆んど濃淡なきマルテンサイト組織となる。

鋼番號第七はクロミウムを多量に含有するを以て九〇〇度より空中冷却を行ひたるものはフェーライトを發生せず顯微鏡寫眞第三十三は即ち之れにしてマルテンサイトの組織を示す七五〇度にて焼入したるものは未だ完全に硬化せられず寫眞第三十四に見るが如く猶一部分パーライトを殘存す、寫眞中黒きは即ちパーライトにして白きはマルテンサイトとな

りし部分なり七七五度にて焼入したるものは完全なるマルテンサイトなり此ものは普通の如く一%硝酸液にて一分間半腐蝕した丈けにては腐蝕充分ならず、よりに二分間腐蝕して寫眞第三十五を撮影したり八二五度にて焼入したるものは針狀結晶明瞭なり九〇〇度にて焼入したるものは長き針狀結晶を示す寫眞第三十六は此九〇〇度焼入のものを一%硝酸液にて三分間腐蝕したるものなり。

第五節

炭素含有量約〇、三%、ニツケル約二%、クロミウム〇乃至約二%のニツケル・クロミウム鋼

炭素含有量は標準ニツケル・クロミウム鋼と同様としニツケルを約一、五%節約して二%としクロミウムを〇%一%及び二%と變化して標準ニツケル・クロミウム鋼と比較す。

(イ) 化學分析

試料の化學的成分を第十六表に掲ぐ鋼番號第八はクロミウムを含有せず第九は約一、〇%第十は約二、〇%を含有し他は殆んど同一と見て可なり。

第十六表 化學分析

鋼番號	炭素%	珪素%	滿俺%	磷%	硫黃%	ニツケル%	クロミウム%
第八	〇、三一〇	〇、八〇	二、八〇	〇、〇七〇	〇、三九一	八、九〇	〇
第九	〇、三一〇	〇、〇六〇	二、八〇	〇、〇〇四	〇、〇二二	一、八四一	〇、四〇
第十	〇、三〇〇	〇、一三〇	二、六〇	〇、〇〇五	〇、〇一六	一、八四一	九、八〇

(ロ) 變態點

爐中緩冷並に大氣中冷却の場合の熱膨脹測定による變態點の位置は第十五圖乃至第十七圖に示す如くにして即ち第十七圖の如し。

第十七表 變態點

變態點
鋼番號

鋼番號	AC °C	Ar °C	最高加熱溫度	冷却時間	圖
第八	七四一—八二一	七五〇	九一一度	二時間一分	第十五
	爐中七四一—六九一	七五〇	九一一度	二時間一分	第十五
	冷却七四一—六九一	七五〇	九一一度	二時間一分	第十五
	大氣	七五〇	九一一度	二時間一分	第十五
	中冷六九一—五八二	七五〇	九一一度	二時間一分	第十五
第九	七六一—八二六	七五〇	九一一度	二時間一分	第十六
	爐中七二一—六六一	七五〇	九一一度	二時間一分	第十六
	冷却七二一—六六一	七五〇	九一一度	二時間一分	第十六
	大氣	七五〇	九一一度	二時間一分	第十六
	中冷四七三—三六四	七五〇	九一一度	二時間一分	第十六
第十	七七一—八五一	七五〇	九一一度	二時間一分	第十七
	爐中七一—一六七	七五〇	九一一度	二時間一分	第十七
	冷却七一—一六七	七五〇	九一一度	二時間一分	第十七
	大氣	七五〇	九一一度	二時間一分	第十七
	中冷四二〇—二四〇	七五〇	九一一度	二時間一分	第十七

之れを前節第十二表の變態點と比較する時は此もの、方變態點の位置低し分析成分を比較するにこれは第十二表のものに比して炭素低くニッケル高し炭素低きものは却つて變態點高かるべき筈なれども此場合には變態點低きを見ればニッケルが約二%となりたるにより之れ丈の變態點降下をなしたるものなりと思はる。

(ハ)各種溫度にて焼入せる場合の硬度
前記各試験と同様二分の一寸角に鍛延したる試料を七〇〇度にて焼鈍し切斷して二分の一寸立方の試片を作り各種溫度にて油焼を施しブリネル硬度を測定したる結果は第十八表に見るが如し。

第十八表
ブリネル硬度

ニッケル・クロム鋼に關する研究

鋼番號	炭素	ニッケル	クロミウム	燒入溫度 °C
第八	〇.三一	一.八	〇.九	七五〇
第九	〇.三一	一.八	〇.九	七五〇
第十	〇.三一	一.八	〇.九	七五〇

鋼番號第八の硬度を第十三表の鋼番號第五と比較すれば何れも二一〇附近にて大差なし即ちニッケルの量一、八九を〇、九三に減じ其代りに炭素を〇、三一より〇、三五に増加したるものはブリネル硬度は略々同一なりと云ふことを得。

鋼番號第九はクロミウム多くなりたる故焼入の場合の硬度ニッケル丈けのものより甚だ高く最も硬き状態にて鋼番號第八の二〇〇に對し五〇〇位の比なり之れを第十三表の鋼番號第六と比較すれば後者の方ニッケルは少なけれ共炭素高き故硬度は却つて前者よりも高きものあり即ち此場合に於てもクロミウムと炭素と共存すれば著しく硬度を増すことを示す。

鋼番號第十はクロミウム高けれども硬度は鋼番號第九と大差なく八五〇度に於ては全く同一の數字を得たり即ちクロミウムは多くとも同時に炭素が存在せざれば硬度を大にすること困難なるを知る。

(二)牽引及衝撃試験
鍛延の儘及焼鈍せるもの、材料試験成績は第十九表の如し

第十九表
各種處理後の材料試験成績

鋼番號第八

炭素 〇、三一
クロミウム 一、八九

號符片試	處	理	彈 破	性 斷	延 伸	面 斷	硬 度	吸 听
			限 Kg/mm ²	界 Kg/mm ²	%	縮 收 %	プリ スクレ 度	ハリスコ 衝 撃
A	鍛 延 の 儘	四〇、〇	六〇、〇	二四、〇	五〇、八	—	—	—
C	九〇〇度×一時間 空中冷却	三六、五	五七、六	二五、六	四二、一	—	—	—
D	九〇〇度×三十分 四〇〇度迄爐中冷却 の 後 一 時 間 爐 中 冷 却	三三、〇	五二、五	二六、八	五三、八	—	—	—

鋼番號第九

炭素 〇、三一
クロミウム 一、八四

號符片試	處	理	彈 破	性 斷	延 伸	面 斷	硬 度	吸 听
			限 Kg/mm ²	界 Kg/mm ²	%	縮 收 %	プリ スクレ 度	ハリスコ 衝 撃
A	鍛 延 の 儘	五五、〇	七七、七	三三、二	六二、五	—	—	—
C	九〇〇度×一時間 空中冷却	五〇、〇	六六、五	三三、八	五五、八	—	—	—
D	九〇〇度×三十分 四〇〇度迄爐中冷却 の 後 一 時 間 七 〇 〇 度 迄 保 熱 爐 中 冷 却	四〇、〇	六六、八	二六、一	五三、八	—	—	—

鋼番號第十

炭素 〇、三〇
クロミウム 一、八四

號符片試	處	理	彈 破	性 斷	延 伸	面 斷	硬 度	吸 听
			限 Kg/mm ²	界 Kg/mm ²	%	縮 收 %	プリ スクレ 度	ハリスコ 衝 撃
B	鍛 延 の 儘	—	—	—	—	—	—	—
C	九〇〇度×一時間 空中冷却	—	—	—	—	—	—	—
D	九〇〇度×三十分 四〇〇度迄爐中冷却 の 後 一 時 間 七 〇 〇 度 迄 保 熱 爐 中 冷 却	—	—	—	—	—	—	—

右成績中鋼番號第八及び第九は鍛延の儘にて延伸度も高く良好なる性質を示す即ち炭素約〇、三%ニツケル約二%のものはクロミウム約一%迄含有するも著しく自硬性を現はさざることを知るクロミウム一、九八%の鋼番號第十は既に著しく自硬性を有し鍛錬の儘にては切削不可能なり。

ノルマライツングのものも鍛延の儘と殆んど異ならず只鋼番號第八は第九に比し衝撃試験良好なり九〇〇度にて熱し爐中冷却の後更に七〇〇度に加熱焼鈍したるものは最も軟く衝撃試験良好なり此處理を施したる後はクロミウム多きものも他より甚だしく硬からず衝撃試験はクロミウムの多き程良好なり、之れを第四表の標準ニツケル・クロミウム鋼の同様處理をなしたる者即ちDと比較すれば鋼番號第九は標準鋼より少しく軟かく鋼番號第十は少しく硬きのみ延伸度衝撃試験も殆んど差異なし、之れによつて見ればニツケル含有量は標準鋼即ち三、二六%よりも著しく少なく約二%にてもクロミウムを一、五%位とすれば此の處理に於ける強度は實用上同等の材料試験成績を得べきものなる事を知る。

次に之れを硬度測定によりて得たる適當の焼入温度にて油焼を行ひたる後各種の温度にて焼戻したる試片の材料試験成績を第二十表に掲ぐ。

第二十表 焼入焼戻後の材料試験成績

鋼番號第八

炭素 〇、三一
クロミウム 一、八九

號符片試	燒 戻 温 度 °C	彈 性 限 Kg/mm ²	破 斷 界 Kg/mm ²	延 伸 %	面 斷 縮 收 %	硬 度	吸 听
						プリ スクレ 度	ハリスコ 衝 撃
A	四〇〇	五〇、〇	七〇、〇	二四、四	五〇、八	—	—
B	五〇〇	四七、〇	六六、〇	二六、九	五〇、八	—	—
C	五〇〇	四七、〇	六六、〇	二六、〇	五〇、八	—	—
D	六〇〇	四三、〇	六二、二	二六、四	五〇、八	—	—
E	六五〇	四三、〇	六二、〇	二九、七	五〇、八	—	—

鋼番號第九

F	700	430.0	61.0	25.0	60.6	Cup	177	33.0	80.5
A	400	—	127.7	10.6	4.0	Cup	33	43.6	15.6
B	500	81.0	93.0	27.4	57.8	Cup	253	77.6	33.5
C	550	85.0	96.0	16.2	55.8	Cup	299	36.0	35.0
D	600	76.0	90.0	10.2	56.7	Cup	369	33.3	45.0
E	650	66.0	80.0	33.9	65.1	Cup	333	33.0	55.5
F	700	62.0	76.5	35.0	65.1	Cup	377	27.6	76.8

鋼番號第十

炭素 〇、三〇
 ニッケル 一、八四
 クロミウム 一、九四
 八五〇度にて三〇分
 間保熱油焼入の後各
 種温度にて一時間焼
 戻油中冷却

A	400	—	127.3	11.0	36.7	A	415	41.3	20.0
B	500	66.0	106.7	15.6	49.7	Cup	305	35.0	39.5
C	550	99.0	107.7	16.8	55.8	Cup	377	33.6	45.6
D	600	81.0	95.0	33.5	60.6	Cup	373	33.0	55.3
E	650	75.0	86.3	22.2	62.2	Cup	263	26.3	65.5
F	700	70.0	81.0	19.9	60.6	Cup	233	26.0	74.0

右の成績を線圖に表はしたるものは第十八乃至二十圖なり

鋼番號第八の成績は第十五表の鋼番號第五と殆んど同一なり
 而して第八と第五との化學分析を比較する時は炭素含有量前者は〇、〇四%小にしてニッケル含有量は〇、九六%大なり即ちニッケル約1%を節約して炭素〇、〇四%を増加すれば實

ニッケル・クロム鋼に關する研究

用上殆んど同一の試験成績を表はす材料を得べきことを知る。

鋼番號第九はクロミウムを有する故第八よりも弾性限及び破斷界甚だ高し殊に四〇〇度五〇〇度等低温にて焼戻せる場合に此事實著しく之れ等の場合の衝撃試験はクロミウムなきものに比して悪し七〇〇度にて焼戻したるものは鋼番號第八の同温度にて焼戻したるものと同様の延伸度及び衝撃試験成績を有し弾性限は一、九〇 kg/mm² 破斷界は一、五、五 kg/mm² 高し之即ちクロミウムの及ぼす有利なる影響なり。

之れを第十五表中の鋼番號第六即ちクロミウム同様にしてニッケル〇、五九%炭素〇、四一%のものと比較する時は同一處理の場合第九の方一般に弾性限及破斷界高く延伸及び衝撃試験は略々同一なり即ち1%クロミウムを含有するニッケル・クロム鋼に於てはニッケル一、八四%にて炭素少きもの、方ニッケルを節約して其代りに炭素を多くしたるものよりも材料試験成績よろしき事を知る。

鋼番號第十はクロミウムの含有量更に大なる故四〇〇度五〇〇度五五〇度等にて焼戻せるもの皆一〇〇 kg/mm² 以上の破斷界を有す然れども衝撃試験は比較的長く五五〇度にて焼戻したるもの、如きは一〇七、七 kg/mm² の破斷界を有し乍ら四五呎以上の衝撃試験成績を表はし第五表の標準ニッケル・クロム鋼を六五〇度にて焼戻したるものに劣らず焼入温度進むに従ひ弾性限及び破斷界低下すれども延伸度は六〇〇度にて二〇、五%にて其後あまり増加せず即ち炭素〇、三%にてクロミウム二%内外のものは延伸度を二〇%以上にするに困難なる事を知る。

尙右第二十表の成績に就きて見ればクロミウムを含有せざる鋼は七〇〇度にて焼戻せば多少硬度を増し延伸度を減少する傾向を生ずるを見れどもクロミウムを含有するものは七〇〇度迄漸次硬度減少し行くを知る之れ第十七表にても見る如く變態點がクロミウムの爲めに高められ居るが爲めにしてクロミウム多きもの程焼戻温度を高くすることを得るなり。

右第二十表にて標準ニツケル・クロム鋼の材料試験成績に匹敵するものを求むるにクロミウムを含有せざる鋼番號第八は彈性限及び破斷界低くして望みなけれども鋼番號第九及び第十の中には標準ニツケル・クロム鋼の如何なる状態にも匹敵すべきものあり、即ち第五表の各試片符合に相當する第二十表中試片符號を左表に掲ぐ。

第二十一表 標準ニツケル・クロム鋼とニツケル
ニ含有ニツケル・クロム鋼との材

料試験成績比較

上に相當する材料試験成績を示す第二十表の試片符號

	A	A
A	C	A
B		C
C		C
D		D
E		E
F		D

鋼番號第九 鋼番號第十

右表によりて見る時はクロミウム一%のものは極めて硬き場合に標準鋼に匹敵することを得るのみなれどもクロミウム二%を含有するものは適當に處理すれば標準鋼の如何なる

強度の場合にも匹敵する性質を與ふることを得即ちニツケルは二%迄低下するもクロミウムを二%に増加すれば同様の材料試験成績を得べく却つて衝擊試験成績はニツケル少なきもクロミウム多きもの、方優良にて各種機械の衝擊を受ける部分に使用して安全なるものなり。

(ホ)顯微鏡的組織

鋼番號第八はクロミウムを含有せざるを以てノルマライツングにてフェーライト及パーライト組織より成る顯微鏡寫眞第三十七は即ち此九〇〇度にて一時間加熱し大氣中にて冷却したるものなり、九〇〇度にて焼鈍し七〇〇度にて一時間保熱したるものは寫眞第三十八に見る如く大氣中冷却のものど殆んど異ならず鍛鍊したる試片を七五〇度にて焼入したるものは寫眞第三十九に示す如くにて此焼入温度は A_{c1} の少しく上なる故ハーデナイトとフェーライトの稍太き者を含む焼入温度進むに従ひフェーライトを減じ寫眞第四十に示す八五〇度焼入のものは殆んど全部ハーデナイトより成り八七五度にて焼入したるものには明かなる針狀結晶を有するマルテンサイトの點在するを認む寫眞第四十一は九〇〇度にて油焼したるものにして更に多くのマルテンサイトの散在するを見る右焼入試料の寫眞は一%硝酸のアルコール溶液にて一分間腐蝕し撮影したるものにて本鋼番號第八はクロミウムを含有せざる故焼入したるものも甚だ容易に腐蝕せらる。

鋼番號第九は九〇〇度にて一時間加熱大氣中冷却のもの寫眞第四十二に見る如くフェーライトの外にマルテンサイト組織を有し自硬性をあらはす九〇〇度焼鈍七〇〇度にて一時間保熱し爐中冷却したる者は寫眞第四十三の組織にしてフェー

ライトとパーライトより成れ共寫眞第三十八の鋼番號第八の組織に比すればフェーライト甚だ少なく其の代りにパーライト多し而して炭素及びニッケルの含有量は此兩鋼何れも同様なるによりて考ふればフェーライトの少なきはクロミウム存在に原因すること明かなり即ちニッケル・クロミウム鋼のパーライトは炭素〇・九%を含有せずユーテクトイド點が下降することを尤も此種のニッケル・クロミウム鋼に於て炭素が之れよりも少しく高くなるも直ちに炭化物を現はすには至らざるべし即ち之れ等のパーライトは炭素含有量一定ならざるものなり。

鋼番號第九の各種溫度に於ける焼入狀態の組織を検すれば七五〇度にて焼入したるものは寫眞第四十四に示す如くマルテンサイトとトルースタイトに似たる黒色の網目狀組織より成り即ち未だ完全に焼入せられず七七五度にて焼入したるものは全部マルテンサイトとなり八二五度以上のもは漸次針狀結晶長くなる寫眞第四十五及び第四十六はそれぞれ八五〇度及び九〇〇度にて油焼したるものなり之れ等焼入狀態の試料は腐蝕し難きを以て一%硝酸溶液にて一分間半腐蝕して顯微鏡寫眞を撮影したり。

鋼番號第十は九〇〇度にて一時間保熱大氣中冷却の場合寫眞第四十七の如く全然マルテンサイトより成るはクロミウム一、九八%を含有する故當然なり九〇〇度にて焼鈍し七〇〇度にて一時間保熱爐中冷却のものは寫眞第四十八に見る如くクロミウム一、〇四%を含む鋼番號第九の焼鈍狀態なる寫眞第四十三よりも寧ろフェーライト多きかと思はるゝ位なり故にクロミウムは一%以上になれば増加するともユーテ

ニッケル・クロミウム鋼に關する研究

クトイド點を動かさざるものと見ゆ。

焼入試料の組織を見るに七五〇度焼入のものは眞四十九に見る如く全部マルテンサイトより成れども針狀結晶明かならず七七五度以上にては明かなるマルテンサイトとなり八七五度以上のもは腐蝕甚だ遅し寫眞第五十は八五〇度焼入のものは寫眞第五十一は九〇〇度焼入のものにて腐蝕は何れも一分間半一%硝酸溶液を以てなしたるものなり。

第六節 炭素及びニッケル含有量標準ニッケル・クロミウム鋼に近くクロミウム〇及び二%を含有する鋼

炭素含有量約〇・二%ニッケル約三、五%としクロミウムの多少によりて如何に強度の變化するかを見たり。

(イ) 化學分析

化學分析結果第二十二表の如し鋼番號第十二はニッケル四、〇一%にて少しく豫定を超過したり。

第二十二表 化學分析

鋼番號	炭素%	硅素%	滿俺%	燐%	硫黃%	ニッケル%	クロミウム%
第十一	〇・三二〇	二・八〇	三・一〇	〇・〇三〇	〇・〇二二	三・一九	〇
第十二	〇・三〇〇	〇・八〇	二・八〇	〇・〇〇七	〇・〇一四	四・〇一	二・〇〇

(ロ) 變態點

他の試料と同様爐中緩冷並に大氣中冷却の場合の變態點を熱膨脹法によりて測定せり其結果は第二十一圖及び第二十二圖に示す尙變態點溫度を第二十三表に掲ぐ。

第二十三表 變態點

鋼番號	變態點	最高加熱溫度	時間	冷却	圖
第十一	七五三—七九七	九〇二	六度	冷卻	第二十圖

第十二 七五六—八四一

大氣 中冷却六二〇—四六 二五分	爐中 四二七—三三三 最高加熱溫度九一〇 度一九度迄冷却時間 二五分	最高加熱溫度九一〇 度二一六度まで冷却 時間一時間一三分	第二 圖A
大氣 中冷却三一四—一七八 一二分	最高加熱溫度九一〇 度七一度まで冷却時間 二二分	第二 圖B	

鋼番號第十一の變態點の位置を標準ニツケル・クロム鋼の變態點と比較する時はAcは殆んど變化なくAr標準鋼の方低き溫度に於て起る之れ即ちクロミウム存在に原因するものにして大氣中冷却の場合に此傾向殊に著し。

尙之れを第十七表の鋼番號第八(ニツケル一、八九%)の場合と比較すればAcは大差なけれどもArは爐中冷却の場合鋼番號第八は七四一度より起るに對し鋼番號第十一は七〇三度に於て初めて起るを見る此二つの鋼に於て異なる所はニツケルの含有量のみなる故ニツケルが一、八九%より二、一九%に増加したる爲めにArは約四〇度降下したるものと云ふ事を得勿論此Arは冷却速度さへ充分遅ければ之れより高き溫度にてニツケル多きものも少なきものも略々同じ位置にて起るべき筈なれどもニツケル多きものは變態を緩漫ならしむるが爲めに斯く下降せる如く現はるゝなり。

鋼番號第十二のAcは七五六度に始まりクロミウムなき鋼番號第十一とあまり異ならずクロミウムを含むものは一般に變態點高めらるゝを普通とす此鋼の場合にも終點は八四一度にて他のものより高し。

此鋼は爐中緩冷の場合にもArは四二七度以下り大氣中冷却の場合には三一四—一七八度と云ふが如き低溫度にて變態を

起す之れをクロミウムを含有せざるもの或はクロミウム〇、九八%を含有する標準ニツケル・クロム鋼と比較する時はクロミウム二%になりたるが爲めにArは著しく下降することを知る。

(ハ)各種溫度に於て焼入せる場合の硬度

七五〇度乃至九〇〇度の各溫度に於て一〇分間保熱し油中冷却を行ひたるものに就きブリネル硬度試験を行ひたる結果は第二十四表の如し。

第二十四表 ブリネル硬度

試片 符號	燒入溫度°C	鋼番號 炭素〇、三 ニツケル三、九 〇	鋼番號 炭素〇、三 ニツケル四、〇 二
A	七五〇	五二四	四五二
B	七七五	四八九	四五二
C	八〇〇	五一四	四六一
D	八二五	四八九	四六一
E	八五〇	四七七	四六一
F	八七五	五一四	四七七
G	九〇〇	四七七	四七七

鋼番號第十一はクロミウムを含有せざる故七五〇度にて既に最高硬度に達し九〇〇度にては寧ろ硬度低くなる傾向あり。

鋼番號第十二はクロミウム二、〇%を含有するにも拘はらず硬度却つて鋼番號第十一よりも低し之れを標準ニツケル・クロム鋼の場合に比較すれば鋼番號第十一は略々標準鋼と等しく第十二はブリネル硬度數約五〇低し、此事實はニツケル・クロム鋼に於てブリネル硬度高きを欲する場合には炭素高きを必要とする事を示す者にて甲板表面に炭和を施す

事或は徹甲彈用鋼の炭素含有量高き事等皆此理によるなり。
 右の硬度を第十八表のニッケル少量なきもの、硬度と比較するに鋼番號第十一と第八とは硬度に著しき相違あり第十一は硬度約五〇〇なるに第八は二〇〇を出づる事大ならず其差實に三〇〇なり炭素〇、三%附近に於てニッケル二%と三%にて斯くも大なる相違あらんとは豫期せざりし所なりクロミウム一、〇四%を含む鋼番號第九及び其一、九八%を含む鋼番號第十は何れも硬度五〇〇を超ゆるものありニッケル二、一%の鋼番號第十一と相似たり即ちニッケルを節減してもクロミウムを増加せば同様の硬度を有せしむる事を得るなり。

(二)牽引及び衝撃試験

鍛延の儘及び焼鈍状態の材料試験成績第二十五表の如し。

第二十五表 各種處理後の材料試験成績

試片符號	處	理	彈破		延斷		硬	衝
			性限	斷界	伸縮	面斷		
A	鍛延の儘	八五〇度×一時	六、〇	八二、五	三〇、五	四七、六	—	—
B	間爐中冷却	九〇〇度×一時	—	—	—	—	—	—
C	間空中冷却	九〇〇度×三十分	—	—	—	—	—	—
D	分爐中冷却	九〇〇度×七十分	—	—	—	—	—	—
	爐中冷却	〇〇度×一時間	—	—	—	—	—	—
	爐中冷却	〇〇度×一時間	—	—	—	—	—	—

鋼番號第十一 (炭素〇、三二、クロミウム三、一九)

鋼番號第十二 (炭素〇、三〇、クロミウム二、〇〇)

A 鍛延の儘 試驗機は出來たれども強度過大にて試験器具破損の恐れあり試験せず

ニッケル・クロミウム鋼に關する研究

符號	處	理	彈破	延斷	硬	衝
O	九〇〇度×一時	間空中冷却	—	—	—	—
D	九〇〇度×三十分	分爐中冷却	—	—	—	—
	〇〇度×七十分	爐中冷却	—	—	—	—
	〇〇度×一時間	爐中冷却	—	—	—	—

鋼番號第十一の鍛鍊の儘及び九〇〇度より大氣中冷却の場合の成績は強度あまり大ならず延伸も二〇%以上あり衝撃もノルマライツングのもの四〇呎以上あり之れを第四表の標準ニッケル・クロミウム鋼に比すれば鋼番號第十一の方遙かに優秀なるものなり即ち鍛延の儘或はノルマライツングの状態にて使用するが如き場合にはクロミウムを含有する鋼よりは之れを含有せざるもの、方安心して使用し得る材料なりと云ふ事を得る故適當なる熱處理を行ひ得ざる工場用の材料としてはニッケル・クロミウム鋼よりは寧ろニッケル鋼を有利なりとす。

九〇〇度にて焼鈍せる後一旦冷却して更に七〇〇度即ちAc點直下に於て焼鈍したるものは標準ニッケル・クロミウム鋼の方鋼番號第十一に優る即ち標準鋼は破斷界は幾分高く斷面收縮大にして衝撃試験は鋼番號第十一の三四、〇及び三二、六、二呎所に對し標準鋼は五〇、五及五一、七なり故に適當なる焼鈍を行ふ場合には焼鈍状態にて使用する場合にてはニッケル・クロミウム鋼の方ニッケル鋼に優ることを知る。

鋼番號第十二は鍛延の儘或はノルマライツングの状態にて衝撃試験片製作不可能なるのみならず旋盤にて漸く製造し得る牽引試験片も強度非常に大にしてノルマライツングのもの實に一六〇、五 Kg/mm²の破斷界を有す九〇〇度にて加熱冷却後七〇〇度にて焼鈍せるものは破斷界九七 Kg/mm² 延伸一

七、一%にて衝撃試験も四〇呎附近あり實用上良好なる材料なり。

次に八五〇度にて焼入を行ひ各種温度にて焼戻したるもの試験成績を第二十六表に掲ぐ。

第二十六表 焼入焼戻後の材料試験成績

鋼番號第十一

炭素	〇、三二
ニッケル	三、一九
クロミウム	〇、九

八五〇度にて三〇分間保熱油焼の後各温度にて一時間焼戻油中冷却

試片符號	燒戻温度°C	彈限Kg/mm ²	破斷界Kg/mm ²	延伸%	縮收%	斷面狀態	硬度	冲击
A	800	85,0	101,0	14,6	44,4	A Cup	35	15,0
B	800	84,0	98,4	17,0	47,6	B Cup	37,0	16,0
C	800	81,0	92,5	19,2	47,7	A Cup	36,2	14,0
D	800	80,0	91,2	18,8	53,8	B Cup	37,0	15,0
E	800	77,0	86,0	20,5	51,8	B Cup	35,0	15,0
F	800	—	89,0	18,2	44,2	C Cup	36,3	16,0

鋼番號第十二

炭素	〇、三一
ニッケル	四、〇〇
クロミウム	二、〇〇

八五〇度にて三〇分間保熱油焼の後各温度にて一時間焼戻油中冷却

試片符號	燒戻温度°C	彈限Kg/mm ²	破斷界Kg/mm ²	延伸%	縮收%	斷面狀態	硬度	冲击
A	800	—	129,9	11,0	49,7	C Cup	27,5	17,2
B	800	97,0	105,0	16,8	55,8	C Cup	29,9	19,0
C	800	92,0	101,1	17,1	57,8	B Cup	26,0	16,5
D	800	84,0	95,3	20,0	59,7	B Cup	27,7	17,7
E	800	76,0	88,0	23,0	64,2	C Cup	25,3	18,8
F	800	60,0	90,0	26,1	73,8	C Cup	23,3	20,7

此成績を圖表としたるものは第二十三圖及第二十四圖なり。

り。

右の成績に於て何れも六五〇度にて焼戻したる場合が最も軟かにて七〇〇度のは既に少しく硬くなるを見る變態點測定に於てはAc七五〇度附近にあれども此場合には速かに温度上昇し焼戻の場合には一時間保熱せるを以て斯かる相違を來せるなり。

鋼番號第十一は低温度にて焼戻したる場合にも甚だしく硬からず五〇〇度にて焼戻したるものも衝撃試験四一、八呎听到達する者あり第五表標準鋼のB及び右第二十六表中鋼番號第十二のBは衝撃試験成績良好ならざる所を見ればクロミウムを含むものは焼入状態或は焼入後五〇〇度以下の温度にて焼戻したる儘にては衝撃抗力小なるものと見ゆ尙鋼番號第十一の成績を第五表の標準ニツケル・クロミウム鋼の成績と比較する時は五〇〇度以上にて焼戻せるものは鋼番號第十一の方却つて良好なりと思はるゝ位なり之れによりて見れば焼入状態にて硬度高きを欲する場合の外は強度のみより云へばクロミウムを加へざる方良き様に見ゆ。

鋼番號第十二はクロミウム二、〇%を含有すれども低温度にて焼戻せる場合に強度高く硬度大なる外六〇〇度六五〇度等にて焼戻せるものは標準ニツケル・クロミウム鋼或は鋼番號第十一と大差なし衝撃試験も却つてクロミウムなきものゝ方良好なり。

鋼番號第十二の成績を第二十表の鋼番號第十と比較するに此兩者は炭素及びクロミウムの含有量は互に相等しくニツケルの含有量鋼番號第十二の方倍量なれども強度は却つて第十二の方稍劣るを見る即ち炭素〇、三%の場合にはニツケル

の量は4%にもすることは無益なることを知る。

(ホ) 顯微鏡的組織

鋼番號第十一のノルマライジング即ち九〇〇度にて一時間保熱大氣中冷却のもの、組織は顯微鏡寫眞第五十二に示す如く細き網目のフェーライトとパーライトとより成る、九〇〇度にて三〇分間焼鈍し七〇〇度にて一時間保熱爐中冷却の試料は寫眞第五十三に見る如く略々等量のフェーライトとパーライトとより成り之れをノルマライジングの組織と比較すれば爐中冷却のもの、方遙かに多量のフェーライトを含む即ちニツケル多きものは矢張り多少の自硬性を有し大氣中冷却を行へばフェーライトの析出少なくなるを知る此事實は變態點測定曲線に於ても知らるゝ所にして第二十一圖Bの大氣中冷却の場合に於ける變態點下降の度はニツケル少なき例へば鋼番號第二の曲線第三圖Bに見る變態點下降の度よりも著しく大なり焼入状態のものは七五〇度の場合には寫眞第五十四の如くトルースタイトに近き黒色の組織をなし七七五度焼入のものはマルテンサイト結晶の周圍に暗黒色のトルースタイトに近き組織を有し八〇〇度以上にては全部マルテンサイトとなる寫眞第五十五は八五〇度焼入の者なり寫眞第五十六は九〇〇度焼入のものにしてマルテンサイトの針狀結晶大なり。

鋼番號第十二は多量のニツケル及びクロミウムを含有する故ノルマライジングに於て明瞭なるマルテンサイト組織を有すること寫眞第五十七に見るが如し九〇〇度にて焼鈍し爐中にて四〇〇度迄冷却し更に七〇〇度以上上げて一時間保熱爐中冷却を行ひたるものは寫眞第五十八に示す如く殆んど全部パーライトより成る即ち斯くニツケル及びクロミウム高き

ものは炭素〇・三%にても明瞭なるフェーライト組織を出すこと能はざるなり之れは變態點測定曲線にても知ることを得る所にして第二十二圖Aの曲線に於て爐中冷却なるにも拘はらずAr變態點は四二七度より始まるを見る斯く低溫度にてフェーライトの析出始まる時はフェーライト分子の凝集する時間なく極めて微細なるものとなるなり。

鋼番號第十二の焼入状態の組織は七五〇度焼入のものは寫眞第五十九に見る如く甚だ暗黒なる組織なり之れ七五〇度が丁度Ac變態點の始めなるを以て完全に焼入せられずトルースタイトに似たる組織となるが故なり八〇〇度焼入のものは多少淡きマルテンサイトにて八五〇度焼入のものは寫眞第六十に示すものにして明かなるマルテンサイトなり。

寫眞第五十一は九〇〇度にて焼入したるものなれども八五〇度焼入のものと大差なし。

第七節

炭素含有量約〇・二五%ニツケル約四%クロミウム〇乃至約二%のニツケル・クロ

ム鋼

ニツケルを標準鋼よりも多くすると云ふことは鋼の價格を高むる事となれども其代りに炭素を少なくすれば牽引試験は同等にても衝撃試験良好なる鋼を得べきかとの考よりニツケル含有量を約四%とし炭素を約〇・二五%としてクロミウム含有量異なる三種の鋼を作りたり。

(イ) 化學分析

化學分析結果第二十七表の如く鋼番號第十五はニツケル含有量三・三九%にて豫定に達せず他の三つは少しく豫定を超過せり。

第二十七表 化學分析結果

成分	炭素%	硅素%	滿俺%	燐%	硫黃%	ニッケル%	クロミウム%
鋼番號							
第十三	〇.二六〇	一.五〇	三三.〇	〇.三二〇	〇.三四四	二.四〇	〇.〇
第十四	〇.二五〇	二.〇〇	二五.〇	〇.三四〇	〇.一四四	二.六一	〇.〇六
第十五	〇.二四〇	〇.七〇	二五.〇	〇.〇〇五	〇.一四三	三.九二	〇.〇〇

(口)變態點

熱膨脹測定法によりて變態點の位置を爐中緩冷並に大氣中冷却の場合に測りたる結果を第二十五圖乃至第二十七圖に示し尙變態溫度を第二十八表に掲ぐ。

第二十八表 變態點

鋼番號	變態點	最高加熱溫度	時間	冷却時間
第十三	七三一—七八三	爐中六七八—六〇四	度一七〇度まで	一分
第十四	七六三—八二三	爐中五五四—四三五	度三一五度迄	一分
第十五	七六五—八五五	爐中四九〇—三九五	度二〇〇度まで	一分

鋼番號第十三はニッケル鋼なる故Ac點比較的低くArも爐内冷却の場合と大氣中冷却の場合との差小なり。
鋼番號第十四はクロミウムを含有する故Ac高くArは爐中冷却にてもよほど下り大氣中冷却にては著しく下降し完全な

る自硬性をあらはす。

鋼番號第十五はクロミウム二%を含めども鋼番號第十四とあまり異ならず此れはニッケルの量少しく低き故もあるべけれども自硬性はクロミウム一%にても二%にても大差なきものなる事を知る。

(ハ)各種溫度に於て焼入せる場合の硬度

前記Ac變態點の始まる位の溫度より二五度置きの各溫度にて一〇分間加熱し油中冷却を行ひたる結果第二十九表の試片に就きブリネル硬度試験を行ひたる結果第二十九表の如し。

第二十九表 各種溫度にて焼入したる試料の硬度

試片號	燒入溫度	鋼番號	炭素%	鋼番號	炭素%	鋼番號	炭素%
A	七五〇	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
B	七七五	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
C	八〇〇	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
D	八二五	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
E	八五〇	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
F	八七五	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
G	九〇〇	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
H	九二五	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇
I	九五〇	十三	〇.二六	十四	〇.二四	十五	〇.二〇

鋼番號第十三及び第十四は七五〇度より九〇〇度迄何れの溫度にて焼入すも硬度殆ど同一なり全體として鋼番號第十四は第十三よりはブリネル硬度約四十高し炭素及びニッケルの量は略々同様なるを以て此硬度の差はクロミウム一%を含有するとせぬと原因するなり。

鋼番號第十五は九〇〇度焼入の場合に最高硬度五一四に達す之れクロミウム二%を含有するを以て變態點測定に於て見る如くAc變態の終點が他に比し高温度なるが故に適當なる焼入温度も從つて高くなるによるなり而して此最高硬度と云ふも標準ニツケル・クロミウム鋼の硬度に比すれば同様なれども炭素高き鋼番號第四或は鋼番號第七などには及ばず即ちブリネル硬度を高むるは是非炭素の相當に高きことを必要とすることを知る。

(ニ)牽引及び衝撃試験

鍛鍊の儘及び焼鈍状態に於ける材料試験成績第三十表の如し。

第三十表 各種状態に於ける材料試験成績

鋼番號第十三 (炭素 〇.二六、クロミウム 四.二四)

試片符號	處理處	彈力性 kg/mm ²	破斷 mm ²	伸縮 %	延斷 %	斷面 狀況	硬 度 (HRC)	衝 撃 功 (J)
A	鍛延の儘	50,0	67,0	33,3	50,8	A Cup	—	—
B	九〇〇度にて一時 間保熱中冷却	44,0	6,0	26,4	53,8	B Cup	86	55,0
C	九〇〇度にて一時 間保熱大氣中 冷却	42,5	6,3	25,7	47,7	A F	86	53,3
D	九〇〇度にて三十分 保熱中冷却 の儘 七〇〇度× 一時 間保熱中冷却	40,5	6,5	29,6	56,8	B Cup	86	54,0

鋼番號第十四

炭素 〇.二五、
クロミウム 四.二六

A 鍛延の儘 50,0 110,0 33,0 50,8

B Fsh

ニッケル・クロミウム鋼に関する研究

試片符號	處理處	彈力性 kg/mm ²	破斷 mm ²	伸縮 %	延斷 %	斷面 狀況	硬 度 (HRC)	衝 撃 功 (J)
B	八五〇度にて一時 間保熱中冷却	—	96,0	16,5	35,2	B Cup	—	—
C	九〇〇度×一時 間大氣中冷却	60,0	26,7	14,2	35,2	B F	86	53,3
D	九〇〇度×三十分 分四〇〇度×三十分 分大氣中冷却後七〇 〇度×一時 間保熱中冷却	50,0	87,5	18,4	30,0	B F	86	56,0

鋼番號第十五

炭素 〇.二四、
クロミウム 三.三九

試片符號	處理處	彈力性 kg/mm ²	破斷 mm ²	伸縮 %	延斷 %	斷面 狀況	硬 度 (HRC)	衝 撃 功 (J)
A	鍛延の儘	—	123,2	10,7	30,6	A F	—	—
B	九〇〇度×一時 間大氣中冷却	—	123,2	10,7	30,6	B F	—	—
C	九〇〇度×三十分 分四〇〇度×三十分 分大氣中冷却の 後七〇〇度×一時 間保熱中冷却	—	123,2	10,7	30,6	A up	—	—
D	七〇〇度×一時 間保熱中冷却	—	123,2	10,7	30,6	A up	—	—

鋼番號第十三は低炭素のニッケル鋼なる故爐中冷却にても大氣中冷却にても強度に大差を生ぜず衝撃試験も甚だよろしく低炭素のニッケル鋼は如何なる處理をなすも著しく脆くなる恐れなきことを知る適當なる焼鈍状態即ち九〇〇度にて三〇分加熱し四〇〇度迄爐中冷却後再び七〇〇度に加熱し一時間保熱して爐中冷却を行ひたる試片Dの成績をニッケル少なく炭素多き鋼の之れに相當する焼鈍を行ひたる試片即ち第二十五表の鋼番號第十一(ニッケル三.一九%)第十九表の鋼番號第八(ニッケル一.八九%)及び第十四表の鋼番號第五(ニッケル〇.九三%)のDと比較する時は弾性限及び破斷界はあまり異ならず延伸度も鋼番號第十三は少しく大なるのみなれど衝撃試験は鋼番號第十三の方著しく大にして他の鋼に於てもニッケルの多くなるに従ひて多少衝撃試験改善せらるゝを見るニッケル含有量を多くして其代りに炭素を減ずることは焼鈍状態に於て弾性限及び破斷力同等にて衝撃試験成績を大なら

しめ鋼の性質を改善するものなることを知る。

鋼番號第十四は鍛延の儘或は變態點以上の溫度より爐中冷却を行ひたる場合等硬度高けれども衝撃試験悪しく不安心なる材料なることを知る九〇〇度焼鈍後七〇〇度にて加熱すれば強度大にして衝撃試験も敢て低からず相當實用に適するものなり。

鋼番號第十五はクロミウムを二、〇%含有するを以て鍛錬の儘にては切削不可能なり、九〇〇度より大氣中冷却にては一七三、二kg/mm²なる驚くべき破斷界を有す、九〇〇度焼鈍後七〇〇度に加熱したるものは強度あまり高からざれども衝撃試験は甚だ良好にて七二、三及六九、〇呎听なる成績を示す。

硬度及び組織等より見て適當なりと思はるゝ焼入溫度にて三〇分間保熱油焼入の後各種溫度にて一時間焼戻し油中冷却を行ひたる試片の材料試験成績を第三十一表に掲ぐ。

第三十一表 焼入焼戻後の材料試験成績

試片符號	燒戻溫度 °C	彈限 kg/mm ²	破斷界 kg/mm ²	延時 %伸付	斷面 %縮收	斷面狀態	
						硬 度	呎听
A	四〇〇	六三、〇	八一、五	一七、九	四三、四	〇、二四	八五〇度にて三〇分間保熱油燒の後各溫度にて一時間燒戻油中冷却
B	五〇〇	六〇、〇	七五、五	二一、〇	四九、七	〇、二六	
C	五〇〇	六三、〇	七〇、〇	二一、七	四八、八	〇、二四	
D	六〇〇	五五、〇	七二、四	二二、八	五五、八	〇、二四	
E	六〇〇	五二、〇	六九、五	二七、一	六二、四	〇、二四	

鋼番號第十四

炭ニ素〇、二五
クロミウム一、〇六
八五〇度にて三〇分間保熱油燒の後各溫度にて一時間燒戻油中冷却

試片符號	燒戻溫度 °C	彈限 kg/mm ²	破斷界 kg/mm ²	延時 %伸付	斷面 %縮收	硬 度	呎听
A	四〇〇	—	一三四、五	二二、三	四三、二	〇、二四	八五〇度にて三〇分間保熱油燒の後各溫度にて一時間燒戻油中冷却
B	五〇〇	一〇一、〇	一〇七、〇	一五、〇	四九、七	〇、二四	
C	五〇〇	一〇三、〇	一〇七、五	一六、六	五〇、八	〇、二四	
D	六〇〇	九〇、〇	一〇五、〇	一六、八	五三、八	〇、二四	
E	六〇〇	八四、〇	九三、五	一八、二	四九、七	〇、二四	
F	七〇〇	—	九四、三	一九、八	五〇、八	〇、二四	

鋼番號第十五

炭ニ素〇、二四
クロミウム二、〇〇
九〇〇度にて三〇分間保熱油燒の後各溫度にて一時間燒戻油中冷却

試片符號	燒戻溫度 °C	彈限 kg/mm ²	破斷界 kg/mm ²	延時 %伸付	斷面 %縮收	硬 度	呎听
A	五〇〇	—	一三〇、八	二二、五	四二、〇	〇、二四	八五〇度にて三〇分間保熱油燒の後各溫度にて一時間燒戻油中冷却
B	五〇〇	—	一二七、一	二二、二	四三、四	〇、二四	
P	六〇〇	九二、〇	一〇三、〇	一八、〇	五七、八	〇、二四	
D	六〇〇	七〇、〇	九九、〇	一九、〇	五七、八	〇、二四	
E	七〇〇	六五、〇	八〇、五	二二、二	六六、八	〇、二四	
F	七〇〇	六六、〇	八二、五	二三、二	六三、九	〇、二四	

右の成績を圖表として第二十八、第二十九及び第三十圖に掲ぐ。

此一組の鋼の右成績を考ふるに鋼番號第十三及第十四は六五〇度にて焼戻したる時最も軟かき状態となり七〇〇度にては少しく硬くなれども鋼番號第十五は七〇〇度が最も軟く七三〇度にては多少硬くなる之れ後者はクロミウム二%を含有するが故にてクロミウム多きものは最軟の状態を得るに

は成るべく高温にて焼戻せざるべからざるものなる事を知る。

此組の成績は弾性限及破断界第十表の炭素高き鋼の組に劣るのみ他に比しては略々同等なり衝撃試験は右第十表のものよりは著しく良好にて他の組に比しても敢て遜色なく鋼番第十五の如きは八一呎所に達する成績を示す即ち炭素を減じニッケルを増加すれば同等の牽引試験成績を得しむると同時に良好なる衝撃成績を得。

鋼番第十三は第十表の鋼番第二(炭素〇、五二
ニッケル〇、六二)に相當する強度を有す只衝撃試験が鋼番第十三は甚だ良し殊に六五〇度附近にて焼戻したるものを然りとす之れ炭素少なくニッケル多きによるなり。

鋼番第十四は強度甚だ高く延伸度小なり衝撃試験も一般に惡し此鋼は六五〇度にて焼戻したるもの以外は何れもあまり良好なるものに非ず。

鋼番第十五は六〇〇度にて焼戻したるもの破断界一〇三 Kg/mm²にて衝撃試験四一、〇及四七、〇呎所を表はし甚だ良好なる材料なり尤も第二十表の鋼番第十もニッケル含有量は一、八四%に過ぎざれども殆んど同様の成績を表はすを見れば此位の成績を得るには必ずしもニッケルを多くせざるべからずと云ふには非ず七三〇度にて焼戻したるものは七〇〇度のものより多少硬くなりたる様なれども衝撃試験は敢て惡しからざるを以て、クロミウム多き鋼は焼戻温度は多少高きに過ぐるとも鋼を悪化するものに非ざる事を知る。

鋼番第十五の成績を第五表の標準ニッケル・クロミウム鋼の成績と比較する時は前者の焼戻温度を五〇度位高むれば弾

性限及破断界は大差なく延伸及断面收縮は少し。番號第十五の方良く衝撃試験は鋼番第十五の方著しく良し而かも衝撃試験良好なる焼戻温度の範圍廣きを以て熱處理作業容易なり而して此兩種の鋼を比較するにニッケル含有量は略々同一にて只標準ニッケル・クロミウム鋼は炭素〇、三一%クロミウム〇、九八%なるに鋼番第十五は炭素〇、二四%クロミウム二、〇%なり即ち標準ニッケル・クロミウム鋼の炭素を低くし其代りにクロミウムを多くして且焼戻温度を約五〇度高むる時は強度は略々同等にして衝撃試験著しく良好なる鋼を得。

獨逸クルツプ社の砲身材料はニッケル約三、〇%クロミウム約一、五%炭素約〇、四%にて衝撃試験成績良好なるものなれども之れを普通のシーメンス式平爐にて製造することは稍困難なり何となれば斯かる炭素及クロミウム多き鋼は析出(セグレゲーション)大なる故平爐にて製造し短時間に大鋼塊を鑄造する時は凝固時間長き故凝固中に大なる析出を起し鍛鍊材に所謂横目を起し鍛鍊方向に直角に採りたる試験鉋に於て断面にラミネーションを表はし延伸度及び断面收縮率著しく小なり、されば若しかゝる高炭素ニッケル・クロミウム鋼の代りに鋼番第十五の如き低炭素高クロミウムのニッケル・クロミウム鋼を利用することゝすれば平爐にて製造すること容易なるべく熱處理も容易にて衝撃試験著しく良く砲身材料等として良好なるものなるべしと思はる。

(ホ)顯微鏡的組織

鋼番第十三は鍛延の儘にてフェーライトとパーライトとの分離すること寫眞第六十二に見るが如し九〇〇度にて一時

間加熱し大氣中冷却を行ひたるものは寫眞第六十三に示す如くにて略々同様の組織を有す九〇〇度にて焼鈍後七〇〇度にて一時間保熱し爐中冷却を行ひたる場合は寫眞第六十四の組織にて之れも大氣中冷却の場合と大差なし之れ牽引衝擊試験等試験成績が何れの場合にも大差なきこと一致す。

各種温度にて焼入したる試料は腐蝕の際硝酸の一%アルコール溶液にて容易に腐蝕せらる七五〇度にて焼入したるものは寫眞第六十五に見る如くマルテンサイト結晶の周圍に黒きトルースタイト存在すトルースタイトは焼入温度上るに従ひ少なくなれども八五〇度にて焼入したる寫眞第六十六に猶多少残存するを見る寫眞第六十七は九〇〇度にて焼入したるもの組織にして既に全くマルテンサイトのみとなり針狀結晶も明瞭なり。

鋼番號第十四は鍛延の儘及び九〇〇度より大氣中冷却にてマルテンサイト組織をなすこと勿論なり寫眞第六十八は鍛延の儘第六十九はノルマライジングのものにして何れも完全に非ざれども明瞭なるマルテンサイトなり九〇〇度にて焼鈍し七〇〇度にて一時間保熱せるものは寫眞第七十に示す如くにして極めて少量のフェーライトを析出し居るのみ前にも見たる如くクロミウム多きものはユーテクトイド點を降下するを以て此鋼の如きは炭素〇・二五%に過ぎざるにも拘はらず焼鈍の場合フェーライトの析出極めて少量なり。

焼入状態の組織は七五〇度油焼のもの寫眞第七十一に示すものにして既に美麗なるマルテンサイトとなる焼入温度高くなるに従ひ腐蝕困難となり針狀長大となること一般と異ならず寫眞第七十二は八五〇度焼入第七十三は九〇〇度焼入のものなり。

鋼番號第十五は鍛延の儘及びノルマライジングにて勿論マルテンサイト組織をなす寫眞第七十四は九〇〇度にて一時間加熱し大氣中冷却のものなり寫眞第七十五は九〇〇度にて焼鈍し七〇〇度にて一時間保熱爐中冷却のものなれども極めて微細のフェーライト網目を有するのみ殆んどユーテクトイドの如く見ゆ、之れ即ち二%のクロミウムの存在に因るなり。

寫眞第七十六は七五〇度にて油焼のものにして完全のマルテンサイトなり焼入温度上るに従ひてマルテンサイトの結晶發達すれども他の鋼に比して針の長くなること少なく八五〇或は八七五度焼入のものも針狀明瞭ならず九〇〇度に至りて初めて針狀明瞭なり寫眞第七十七は即ち九〇〇度焼入のものなり更に九五〇度にて焼入したるものは寫眞第七十八に見る如く針狀結晶一層明瞭なり此鋼及鋼番號第十四の焼入試料は硝酸一%アルコール溶液にて一分間半腐蝕したるものなり。

第八節 炭素含有量約〇・二%ニツケル約五%クロ

ミウム〇乃至約二%のニツケル・クロ

ム鋼

前節に於て炭素少なくニツケル多きものは衝擊試験良好にて即ち靱性大なることを知りたれども炭素を更に低下しニツケルを一層増加したる鋼に就て試験したる結果は本節に記述する如くにして却つて衝擊試験不良なるを見たり。

(イ) 化學分析

供試材料三個の化學分析結果を第三十二表に掲ぐ何れもニツケル含有量豫定よりも多けれども殊に鋼番號第十八は五、

六八%に達しクロミウム量の豫定よりも少しく下り一、七八%なり。

第三十二表 化學分析結果

鋼番號	炭素%	硅素%	滿鐵%	燐%	硫黃%	ニッケル%	クロミウム%
第十六	〇、一七〇、二〇〇、三〇〇、〇三二〇、〇三二五、二二〇						
第十七	〇、二〇〇、一四〇、二五〇、〇三三〇、〇二八五、二二〇						
第十八	〇、一七〇、二二〇、二五〇、〇三四〇、〇一九五、六八						

(口)變態點
熱膨脹曲線は第三十一圖乃至第三十三圖に示す如くにして變態點の位置を第三十三表に掲ぐ。

第三十三表 變態點

鋼番號	變態點	AC	Ar
第十六 七二一—八〇二	爐中六五三—五九三 冷却六〇一—四九一	最高加熱溫度九三二度 二二〇度迄冷却時間一時間四分	第三十圖A
第十七 七二八—七九七	爐中四七四—三九四 冷却二九三—一九六	最高加熱溫度九六二度 六七度まで冷却時間一時間五分	第三十圖A
第十八 七二〇—七八五	爐中三六〇—二五〇 冷却三四〇—一七七	最高加熱溫度九〇〇度 六七度まで冷却時間三時間四分	第三十圖A

鋼番號第十六はクロミウムを含有せざる故Ac點も低くAr點も爐中冷却の場合と大氣中冷却の場合と大差なし鋼番號第十七は爐中冷却の場合に於てもArは四七四度に至りて始ま

ニッケル・クロミウム鋼に關する研究

り大氣中冷却に於ては三〇〇度以下にて變態するを以て從つて完全なる變態をなすこと能はず即ち自硬性をあらはすなり鋼番號第十八は爐中冷却の場合三六〇度にて變態を始め大氣中冷却にてもこれとあまり異ならざる三〇四度に於て變態を始む即ち斯くニッケル及びクロミウムを同時に多量に含有する鋼は爐中冷却を施すも空中冷却の場合と同様の性質を表はすを知る之れ甲鉄材等が爐中冷却を施すも猶甚だ硬き理由なり。

(ハ)各種溫度に於て焼入せる場合の硬度
例によりて七五〇度以上各種溫度にて油焼入を行ひたる試片のブリネル硬度を第三十四表に掲ぐ。

第三十四表 各種溫度にて焼入したる試料の硬度 (ブリネル三〇〇K)

試片符號	燒入溫度C	鋼番號	炭素%	ニッケル%	クロミウム%	鋼番號	炭素%	ニッケル%	クロミウム%	鋼番號	炭素%	ニッケル%	クロミウム%
A	七五〇	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇
B	七七五	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇
C	八〇〇	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇
D	八二五	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇
E	八五〇	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇
F	八七五	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇
G	九〇〇	十六號	〇、一七	三、三	〇	十七號	〇、一七	三、三	〇	十八號	〇、一七	三、三	〇

右の成績によれば此組の鋼は何れも皆硬度甚だ低し之れ炭素低きが故にしてブリネル硬度を高くするには是非炭素を多くせざるべからざるものなること之によりても明かなり。鋼番號第十六を第二十九表の鋼番號第十三と比較するにニ

ツクルは前者の方約一%多けれ共炭素〇、〇九%少ない故硬度は前者の方約四〇%低し鋼番號第十七は第十六に比しクロミウムを含むと炭素〇、〇三%多きとにより硬度約一〇〇%高し鋼番號第十八はクロミウム多けれども炭素〇、〇三%少ない故か硬度は寧ろ鋼番號第十七に劣る位なり即ち一%以上のクロミウムは炭素少ないニツクル・クロム鋼のブリネル硬度を増す能力を有せざるものなり。

(二)牽引及び衝撃試験

鍛鍊の儘及び焼鈍の場合の材料試験成績を第三十五表に掲ぐ。

第三十五表 各種状態に於ける材料試験成績

試片符號	處	理	彈 性		延 縮	面 積	硬 度	衝 擊
			限 kg/mm ²	界 kg/mm ²				
A	鍛延の儘	四七〇	三六〇	二六〇	五〇、八	—	—	—
B	八五〇度にて一時保熱中冷却	四七〇	三六〇	二六〇	五〇、八	—	—	—
C	九〇〇度にて一時保熱大氣中冷却	四七〇	三六〇	二六〇	五〇、八	—	—	—
D	九〇〇度にて三十分保熱中冷却	四七〇	三六〇	二六〇	五〇、八	—	—	—
	四〇〇度にて一時保熱中冷却	四三〇	三二〇	二二〇	四七、八	—	—	—
	四〇〇度にて一時保熱中冷却	四三〇	三二〇	二二〇	四七、八	—	—	—

鋼番號第十六 炭素〇、一二七
クロミウム 五、二二〇

鋼番號第十七

試片符號	處	理	延 縮	面 積	硬 度	衝 擊
A	鍛延の儘	—	—	—	—	—
B	八五〇度×一時保熱中冷却	—	—	—	—	—

試片符號	處	理	延 縮	面 積	硬 度	衝 擊
D	九〇〇度×一時保熱大氣中冷却	—	—	—	—	—
C	九〇〇度×三十分保熱中冷却	—	—	—	—	—
	七〇〇度×一時保熱中冷却	—	—	—	—	—

鋼番號第十八

試片符號	處	理	延 縮	面 積	硬 度	衝 擊
A	鍛延の儘	—	—	—	—	—
B	八五〇度×一時保熱中冷却	—	—	—	—	—
C	九〇〇度×一時保熱大氣中冷却	—	—	—	—	—
D	九〇〇度×三十分保熱中冷却	—	—	—	—	—
E	七〇〇度×一時保熱中冷却	—	—	—	—	—

鋼番號第十六はクロミウムを含有せざるを以て鍛延の儘にても爐中緩冷にても或は其他の焼鈍状態にても強度に大なる差を生ぜず只九〇〇度にて焼鈍し更に七〇〇度にて一時間保熱し爐中緩冷を行ひたる試片Dは著しく衝撃試験惡し此種のニツクル鋼は斯く衝撃試験惡しき筈なき故之れは例外なりと見て可なり参考の爲め之れと分析成分殆んど同一なる他のニツクル鋼の各種處理後の衝撃試験成績を第三十六表に掲ぐ。

第三十六表 五%ニツクル鋼の衝撃試験成績

試片符號	處	理	延 縮	面 積	硬 度	衝 擊
A	鍛延の儘	—	—	—	—	—
B	八五〇度×一時保熱中冷却	—	—	—	—	—

分 析 成 分

鋼 符 號	炭 素 %	硅 素 %	滿 僃 %	磷 %	硫 黃 %	ニ ッ ケ ル %
A	〇、二二	〇、〇六	〇、四一	〇、〇〇三	〇、〇三九	四、六五
B	〇、一四	〇、〇六	〇、五一	〇、〇〇五	〇、〇三四	五、四七
C	〇、一七	〇、〇五	〇、五一	〇、〇〇六	〇、〇三八	五、四七

之れによりて見るも低炭素の五%ニッケル鋼は如何なる温度よりても爐中冷却をなせば衝撃試験良好なるものなる事を知る。

鋼番號第十六の成績を第三十表のニッケル四、二四%炭素〇、二六%を含む鋼番號第十三の成績と比較する時は鋼番號第十六の方多少強度低氣味にて第十六の大氣中冷却のもの第十三の爐中冷却のものと極めてよく相似たり即ちニッケル一%多きことは炭素〇、〇九%を減じたるが爲めに強度を大ならしむる事能はず寧ろ低下したるものにして炭素が如何に鋼の強度を増すに有力なるかを知ることを得ると同時にニッケル四、二四%迄は炭素を減じてニッケルを増せば衝撃試験改善せらるゝを見たれどもそれ以上はニッケルを増加することも衝撃試験を改善するものに非ざる事を知る。

鋼番號第十七は破斷界も著しく高からず衝撃試験も悪しく燒鈍状態にては使用に適せざる鋼なり。

鋼番號第十八は破斷界高く鍛延の儘にてはウイットオース試験機にて切斷せざりしを以て之れを七〇〇度にて一時間燒鈍し爐中冷却を行ひたるに前表Eに示す如く九一、一kg/mm²

衝 撃 試 驗 (呎 吋)

七〇〇度	八〇〇度	八〇〇度	八五〇度	八五〇度	九〇〇度	九〇〇度
熱爐中冷	熱爐中冷	熱爐中冷	熱水中冷	熱爐中冷	熱水中冷	熱爐中冷
七四、〇	二一、八	八二、五	二一、九	七九、七	二二、〇	八一、二
七〇、〇	二一、八	八一、五	二一、〇	七七、八	二二、〇	八一、二
七一、〇	二四、八	七三、五	二六、一	八二、二	二五、五	八四、〇
六六、〇	二五、九	七四、〇	二五、三	八三、五	二四、五	八九、〇
五六、〇	二七、〇	七五、二	二七、〇	七六、五	二四、三	七七、五
五六、七	二八、五	六八、三	二六、〇	七六、〇	二八、七	七七、〇

の破斷界を示せり八五〇度より爐中冷却のものも九〇〇度より大氣中冷却のものも強度甚だ高くしかも延伸度は相當に大なり九〇〇度にて燒鈍し更に七〇〇度にて一時間保熱したる試片Dは衝撃試験七〇呎以上を示し甚だ強靱なる鋼なる事を知る。

次に八五〇度にて三〇分間加熱油燒の後四〇〇度乃至七〇〇度の各種温度にて一時間燒戻し油中急冷を行ひたる試料の材料試験成績を第三十七表に掲ぐ。

第三十七表 燒入燒戻後の材料試験成績

鋼番號第十六

炭素〇、一七
ニッケル五、二二
クニツケル五、二二
クロミウム〇
八五〇度にて三十分間保熱油燒の後各温度にて一時間燒戻油中冷却

試片符號	燒戻温度	彈性限度	破斷界	延伸率	斷面收縮率	斷面狀態	硬 度 (ブリーネル)	衝擊 呎 吋
A	四〇〇	七〇、〇	八三、五	二八、八	四七、六	A F	二六三	三六、〇
B	五〇〇	六九、〇	六五、五	三二、五	四八、八	B F	二四一	三一、六
C	五五〇	七〇、〇	七九、五	二八、九	四七、六	A Cup	二五三	二九、三
D	六〇〇	六六、〇	七五、五	二六、六	四五、八	C Cup	二三三	二七、〇

鋼番號第十七	炭素	ニッケル	クロミウム	素	八五〇度にて三〇分間保熱油焼の後各温度にて一時間焼戻油中冷却
E	六〇	七〇	三〇	二五	五九〇
F	七〇	七九	四〇	二五	六〇〇
A	四〇	一五	〇	三三	二六〇
B	五〇	九〇	一六	二九	二六〇
C	五〇	五〇	一〇	二六	二六〇
D	六〇	九〇	一七	二六	二六〇
E	七〇	一〇〇	一七	二六	二六〇

鋼番號第十八	炭素	ニッケル	クロミウム	素	八五〇度にて三〇分間保熱油焼の後各温度にて一時間焼戻油中冷却
A	四〇	一三	〇	二六	二六〇
B	五〇	九〇	一六	二九	二六〇
C	五〇	五〇	一〇	二六	二六〇
D	六〇	九〇	一七	二六	二六〇
E	七〇	一〇〇	一七	二六	二六〇

右の成績を圖表として第三十四、第三十五及第三十六圖に示す。

此成績を考察するに鋼番號第十六は爾餘のニッケル鋼の同様な熱處理したるものよりは一般に彈性限及び破斷界高く衝擊試驗も敢て低からずニッケル四、二四%含む鋼番號第十三よりは却つて良好なり即ちニッケルを多くし炭素を少なくしたる鋼を焼入焼戻すれば強度大にして韌性に富むものとなること

とを知る。
しかし之れを第五表の標準ニッケル・クロミウム鋼に比較すれば未だ彈性限及び破斷界遙かに低く其代用となすこと能はざるものなり。

鋼番號第十七は他のクロミウム含有の鋼に比して強度大ならず且七〇〇度焼戻のものは既に却つて硬化の傾向を示し衝擊試験著しく悪くなるを以て實用上此鋼はニッケル含有量僅かに一、八四%なる鋼番號第九(第二十表)に劣る即ち低炭素ニッケル・クロミウム鋼に於けるニッケルを五%にもすることは徒らにニッケルを費し却つて材質を悪しくするものなる事を知る六〇〇度或は六五〇度にて焼戻したるものは標準ニッケル・クロミウム鋼の同様な熱處理を施したるものと略々同一の材料試験成績を有す、併し斯かる材料はニッケル消費量多きのみならず鋼塊製造も標準ニッケル・クロミウム鋼に比して困難なるを以て實用に適せざるものなり。

鋼番號第十八も略々第十七と同様の強度を有し實用上適當のものに非ず低炭素の場合にはクロミウムも一%以上加ふることは無益なることを知る。
(ホ)顯微鏡的組織

鋼番號第十六の鍛延の儘の組織は寫真第七十九に見る如くフェーライトとパーライトとより成る九〇〇度より大氣中に冷却したるものは寫真第八十の如く多少結晶粒大なるパーライトと細き網目狀のフェーライトとより成る此組織を見たる所にては炭素〇、一七%の鋼とは思はれざれどもニッケルも亦鋼のユークトイド點を降下するものと見え次の寫真第八十一は九〇〇度にて焼鈍し爐中にて四〇〇度まで冷却し更

に七〇〇度以上一時間保熱して爐中冷却を行ひたるものなれども矢張りフェーライトの析出極めて小なり。

七五〇度乃至九〇〇度にて焼入したるものはすべてマルテンサイト組織より成る只温度低き場合には針狀結晶明かならず即ちパーダナイトにして温度高くなるに従ひ針狀長大となる寫眞第八十二及び第八十三はそれ〳七五〇度及び九〇〇度にて油焼入したるものなり。

鋼番號第十七は炭素量小なりと雖もクロミウムを含有するを以て鍛延の儘(寫眞第八十四)及び九〇〇度より大氣中冷却(寫眞第八十五)にて焼入状態となり前者はマルテンサイトののみ後者はマルテンサイト結晶の周邊にトルースタイトの細き網目狀組織を有するを見る九〇〇度にて焼鈍し七〇〇度にて一時間保熱爐中冷却を行ひたるものは寫眞第八十六に見る如く極めて微細なるフェーライトとパーライトとより成り一見焼入せしものかと思はるゝ位なり之れ第三十二圖Aにも見る如く爐中緩冷に於ても變態が甚だ低温度に於て起るが故にフェーライトとパーライトの分子が凝集する時間を有せざるによるなり。

焼入のものは甚だ腐蝕し難く何れも一%硝酸にて四分間半腐蝕して檢鏡せり寫眞第八十七は七五〇度焼入のものにてマルテンサイトなれども針狀結晶明かならず七五〇度焼入のものとは少しく明瞭となる寫眞第八十八は九〇〇度焼入のものなれども他のニツケル・クロム鋼の場合の如く針狀結晶長大ならず之れニツケル含有量大なるものは結晶の生長速度小なることを示すものなり。

鋼番號第十八を鍛延したる後七〇〇度にて一時間加熱し爐

中冷却を行ひたるものゝ組織は寫眞八十九に示すものにしてソルバイト的組織とトルースタイト的組織とより成る之れは思ふにニツケル及びクロミウムの含有量大なる故顯微鏡的析出を起し比較的クロミウム多き部分がトルースタイトとして殘存するによるなるべし九〇〇度より大氣中冷却を行ひたるものは寫眞第九十に示す如く完全のマルテンサイトより成る寫眞第九十一は九〇〇度にて焼鈍し七〇〇度に一時間保熱の後爐中冷却を行ひたるものにて多少フェーライトの凝集したるを見る。

燒入のものは鋼番號第十七と同様腐蝕し難く七五〇度乃至九〇〇度燒入のもの何れもマルテンサイトの針狀結晶明瞭ならず寫眞第九十二は七五〇度燒入のもの寫眞第九十三は九〇〇度燒入のものゝ組織を示す之れは四〇〇〇倍に擴大して見るも針狀結晶甚だ小なり。

第九節 第一章の結論

以上各節に掲げたる各組の鋼の試験結果を綜合し強靱性ニツケル・クロム鋼の各種性質に就きて次に其一班を述べんとす。

(イ)變態點

各鋼の變態區域位置を一目瞭然たらしむる爲め重複を顧みず更に一纏として第三十八表を作る。

第三十八表 變態區域

鋼番號	炭素%	ニツケル%	クロミウム%	A.C.	C.C.
第二	〇.〇三	〇.〇三	〇	七四一—七五五	七三〇—七六〇
第五	〇.〇三	〇.〇三	〇	七〇一—八三〇	七九一—七二五

A.

爐中冷却の場合

大氣中冷却の場合

第八	0.3	1.89	0	741-821	741-821	691-753
第十一	0.3	3.19	0	751-797	751-797	601-640
第十三	0.26	4.24	0	721-763	721-763	601-641
第十六	0.27	5.33	—	721-782	721-782	601-641
第三	0.55	0.85	1.03	767-803	767-803	630-690
第六	0.41	0.95	1.07	761-841	761-841	601-660
第九	0.31	1.84	1.04	761-836	761-836	473-534
第一	0.31	3.26	0.99	757-793	757-793	451-512
第十四	0.35	4.26	1.06	751-833	751-833	451-512
第十七	0.3	5.33	1.03	721-797	721-797	451-512
第四	0.46	0.66	1.06	791-837	791-837	351-412
第七	0.40	0.77	1.08	796-866	796-866	473-534
第十	0.30	1.84	1.06	771-851	771-851	430-491
第十二	0.30	4.01	1.00	756-841	756-841	341-402
第十五	0.24	3.19	1.08	756-855	756-855	301-360
第十八	0.27	5.36	1.06	730-815	730-815	301-360

先づAc變態區域に就きて考ふるにクロミウムを含有せざる鋼はニッケル含有量少なく炭素高きもの、方ニッケル多く炭素低きものよりも却つてAcの始まる温度高く鋼番號第二は七四五度より始まるに對し鋼番號第十三或は第十六は七一二度にて始まるAcの終點も亦ニッケル多きものは其少なきものに比し高からず即ちニッケル鋼は焼入の際炭素鋼に比し特別の注意を拂ふ必要なきものなり。

クロミウム約一%を含むものは前記のものに比し多少Acの始點上り居れども終點は八四一度を最高とす故に何れも八五〇度に加熱したる後焼入を施せば完全なる焼入作用を受くるものなり、クロミウム約二%に至ればAcの始點著しく上り鋼番號第七の如きは七九六度に於て初めて變態を起すを見

る只炭素極めて低き鋼番號第十八は七二〇度に於て變態を始む之れによりて見ればAc點の上昇はクロミウム單獨の作用に非ず炭素との共同作用にて即ち炭化クロミウムに原因するものなることを知る。

次にAr變態區域は爐中冷却と大氣中冷却との場合によりて相違あり此相違はクロミウムの増加に従つて大なり爐中冷却の場合クロミウムを含有せずニッケル少量のものはAcと甚だ近く即ち「ラグ」少なくニッケルの増すに従ひて多少「ラグ」大となる即ちニッケルはAcを上げざれどもArを下げる作用を有す但し此程度は著しからず。

クロミウム一%を含むものもニッケル少なき場合にはArの始點高けれどもニッケル多きものは著しく下降しニッケル五、二二%を含む鋼番號第十七は四七四度に至りて始まる。

クロミウム二%を含むものも其傾向同様にして只程度更に著しくニッケルの量も最も多き鋼番號第十八の變態始點は三六〇度なり。

大氣中冷却の場合のAr變態區域はクロミウムを含まずニッケルも少きものは爐中冷却の場合と殆んど異ならざれどもニッケル多きものは五〇度乃至八〇度位爐中冷却の場合よりも低し即ちニッケルのみにても多少單なる炭素鋼よりも自硬性を有することを知る。

クロミウム一%のものはニッケルの量進むに従ひてAr變態區域著しく下り、ニッケル五、二二%クロミウム一、〇二%を含む鋼番號第十七は二九三—一九六度と云ふが如き低温にて變態し充分の自硬性を有す。

クロミウム二%に上るも炭素低きものはAr變態區域の

下降クロミウム一%ニツケル多きものに比して著しからずされども炭素〇、四八%を含む鋼番號第四はAr二五三一—二七度なるを見れば自硬性は炭素ニツケル及クロミウムの共同作用にして炭素高き場合にはクロミウム一%の時よりも其二%附近を含む時の方著しく自硬性大なることを知る但し鋼の自硬性はクロミウムに負ふ處最も大なる事はクロミウムを含有せざる鋼の自硬性が殆んど云ふに足らざるものなることによりて知らるクロミウムは單なるクロム鋼としても適當なる含有量にて完全なる自硬性を有することエドワーズ教授と著者との研究(C. A. Edwards: "The Physical Chemical Properties of Steel", p. 203)によりて明かなれどもニツケルと共に存在すれば更に少量のクロミウムにても完全なる自硬性を發揮するものなることを知る。

(ロ) 硬度

油焼入を行ひたる各鋼のブリネル硬度を通覽すれば最低二〇四より最高六五四にして硬度甚だ高きものなし是れ本研究が主として強韌性を目的とする故炭素の高きものを用るざりしによるなり。

ニツケル・クロム鋼のブリネル硬度はクロミウムに負

第三十九表 高炭素ニツケル・クロム鋼のブリネル硬度

鋼符號	分析成分				温度	
	炭素%	硅素%	滿庵%	ニツケル% クロミウム%	何れも所定温度にて三〇分間保熱 A, B, Cは油焼 D, Eは水焼なり	度
A	〇、五〇	〇、一〇	〇、三八	二、二〇	七八〇°	八〇〇°
B	〇、五九	〇、二〇	〇、二一	二、六八	八二〇°	八二五°
C	〇、七四	〇、二二	〇、二二	二、四二	八四〇°	八五〇°
D	〇、九七	〇、四〇	〇、三九	四、〇二	八六〇°	八七五°
					六一一	六五四
					六〇一	六五四
					六五四	六八二
					六五四	六四八
					六〇一	六五四
					六〇一	六〇一
					六〇一	六〇一
					五九二	五九二

ニツケル・クロム鋼に關する研究

E 一、〇五 〇、三一 〇、四〇 五、〇五 一、八一 六〇一

右の表に於て炭素〇、七四%の鋼Cを八二〇度にて焼入したる試料一個六八二なるブリネル硬度をあらはし炭素之れよりも高きもの却つて硬度低し故にブリネル硬度の高きを要する場合に炭素を〇、八%以上に上すことは不必要なるのみならず却つて硬度を減じて有害となる甲鉄炭和作業に於ては表面炭素一、四%位に達することあれども斯くの如きは好ましからず寧ろ表面の炭素量が低くなる様工夫するを可とするなり。

焼鈍の場合の硬度は各鋼の索引及び衝撃試験成績表に於て九〇〇度にて三〇分間焼鈍爐中にて四〇〇度まで下し更に七〇〇度に加熱し一時間保熱の後爐中冷却を行ひたるもの、下に記入せる硬度数が最も軟かき状態のものとして可なり而して此硬度数は以上の鋼に於ては鋼番號第八の一七八を最低とし鋼番號第五及び第十七の三四一を最大とす一般にクロミウムなきもの硬度小にしてクロミウム二%を含有するものは完全に焼鈍するも猶硬度二四〇以上なり。

ブリネル硬度數とシヨリア氏スケロスコープ硬度數との比は各鋼の焼入焼戻状態に於ける材料試験成績表中に掲げたる所及びそれらの圖表によりて見れば普通八より一〇位のものなり即ちブリネル硬度數三〇〇のものはスケロスコープ硬度數三七乃至三〇位なり。

(ハ)索引及衝撃試験

クロミウムを含有せざる鋼はニツケル多くとも鍛延の儘或は九〇〇度より大氣中冷却を行ひたる状態にて切削容易にて衝撃試験もよろしクロミウムを含有するものは鍛延の儘

五五五

五七八

一五五五

一四七四

1011

或は變態點以上にて焼鈍せる場合に硬くして衝撃試験良好ならざるもの多し變態點以下即ち約七〇〇度にて焼鈍したるものは一般に衝撃試験良好なり殊に鋼番號第十五の如きは七二、三呎所に達す(第三十表)しかし他の鋼中には同様の焼鈍にて衝撃試験成績悪しき場合もあるによりクロミウム含有の鋼は鍛鍊或は焼鈍の儘にて使用するが如き場所には不適當の材料なり例へばリベットの如きは焼放しの状態にて實用に供せらるゝ事となる故之れにニツケル・クロム鋼を使用するは不可なり。

ニツケル・クロム鋼は上記の如く焼鈍状態にては使用するものに非ざるを以て次に適當なる焼入焼戻を行ひたるものに就きて考察せん。

普通機構用強靱性材料としては衝撃試験成績二〇呎以上を必要とす、故に標準ニツケル・クロム鋼(鋼番號第一)に於て實用上使用に適する者は五〇〇度乃至六五〇度焼入のものなり(第五表)四〇〇度焼戻のものは衝撃試験僅に一二、八呎所に於て七〇〇度焼戻の者は衝撃試験は大なれども既に幾分硬化を起し弾性限不明の者となれり而して本試験使用の試料の坩堝鋼ならば差支へなければしもシーメンス式平爐にて熔製する時はニツケル・クロム鋼は往々所謂焼戻脆性を起すことあり此脆性は五五〇度附近に於て起るが故に此種の鋼を五五〇度附近にて焼戻す時は爐中冷却なると大氣中冷却なるとを問はず脆性を起すものなり故にシーメンス爐製ニツケル・クロム鋼は五五〇度附近に於ける焼戻を避けざるべからず然る時は標準ニツケル・クロム鋼の前記焼戻區域の内實際

使用に適する焼戻温度は六〇〇度乃至六五〇度の間となる。
標準ニツケル鋼の此實用焼戻範圍に於ける強度を再録すれば次の如し。

第四十表 標準ニツケル・クローム鋼の最強韌状態

焼戻温度 度。	弾性限 Kg/mm ²	破断界 Kg/mm ²	延伸% %	断面收縮 %	衝撃試験	
					ブリネ 硬度	呷听
六〇〇	九一、五	九九、五	一六、七	四、七八	三〇八	二四、二〇
六五〇	七五、五	八六、五	一八、四	五五、八	二六六	四三、四〇

第四十一表 弾性限九〇 Kg/mm²破断界一〇〇 Kg/mm²附近の材料

鋼番號	炭素%	ニツケル	クロミウム%	燒入、油		燒戻、油		弾性限 Kg/mm ²	破断界 Kg/mm ²	延伸% %	断面收縮 %	衝撃呷听	記 事
				中。	中。	中。	中。						
第三 B	〇、五三	〇、八五	一、〇二	八五〇	六〇〇	九二、〇	一〇五、五	一七、七	四七、六	一六、二	第十表		
第四 D	〇、四八	〇、九六	一、六八	九〇〇	六五〇	一〇三、〇	一一五、五	一四、三	四五、四	一九、〇	第十表		
第七 C	〇、四〇	〇、五七	二、〇八	八五〇	五五〇	九二、〇	一〇三、五	一六、二	五五、八	三六、〇〇	第十五表	燒戻脆性の恐れあり	
第七 D	〃	〃	〃	八五〇	六〇〇	九五、〇	一〇五、〇	一七、〇	五三、八	三三、二	第十五表		
第十二 C	〇、三〇	四、〇一	二、〇〇	八五〇	五五〇	九二、〇	一〇一、〇	一七、一	五七、八	二八、五	第二十六表	燒戻脆性の恐れあり	
第十四 D	〇、二五	四、二六	一、〇六	八五〇	六〇〇	九九、〇	一〇五、〇	一六、八	五三、八	二八、五	第三十一表		
第十五 C	〇、二四	三、三九	二、〇〇	九〇〇	六〇〇	九二、〇	一〇三、〇	一八、〇	五七、八	四一、〇〇	第三十一表		
第十七 B	〇、二〇	五、二二	一、〇二	八五〇	五〇〇	九〇、〇	九六、五	一八、六	五三、八	二六、八	第二十七表	燒戻脆性の恐れあり	
第十七 C	〃	〃	〃	八五〇	五五〇	九五、〇	一〇〇、〇	一六、七	五五、八	三七、二	右に同じ		
第十七 D	〃	〃	〃	八五〇	六〇〇	九〇、三	九六、五	一七、七	五五、八	三〇、〇	第三十七表		
第十八 B	〇、一七	五、六八	一、七八	八五〇	五〇〇	八七、〇	九八、〇	一四、〇	三七、五	一七、二	第三十七表	燒戻脆性の恐れあり	

右の内五〇〇度或は五五〇度焼戻にて此成績をあらはすものは燒戻脆性を起す恐れあり又衝撃試験二〇呷听到達せざる

扱て本研究に供したる各種鋼中にニツケルを節約して右標準ニツケル・クローム鋼に匹敵するものありや又ニツケルを多少餘分に加へても強度韌性に於て標準鋼に優越するものありや否やを探究せんとする。
先づ六〇〇度にて焼戻せる場合即ち弾性限九〇 Kg/mm²附近破断界一〇〇 Kg/mm²附近のものを求むれば次の各種にそれ、適當なる熱處理を施したるものなり。

のなり後の三種は何れもニツケル含有量標準鋼と同量以上なれ共鋼番號第七はニツケル僅々〇、五七%なるにも拘らず延伸度標準鋼に等しく衝撃試験は寧ろ之れに優る。

非常に炭素含有量小にしてニツケル或はクロミウム多きものは熔解作業及び鍛錬作業困難なり又炭素の著しく高きニツケル・クロム鋼は鑄塊作業困難にて製品の破斷面にラミネーションをあらはすこと多けれども前記炭素〇、四%クロミウム二%位のものには作業非常に困難なるものに非ず。

鋼番號第十五は衝撃試験四一、〇及び四七、〇呎呎にして標

第四十二表 彈性限七五 Kg/mm^2 破斷界八五 Kg/mm^2 附近の材料

鋼番號	分 析			處 理		材 料 試 驗 成 績				呎 呎 擊	記 事
	炭 素 %	ニツケル %	クロミウム %	燒入、油中 %	燒戻、油中 %	彈性限 Kg/mm^2	破斷界 Kg/mm^2	延伸 %	斷面收縮 %		
第四	〇、四八	〇、九六	一、六八	九〇〇	七〇〇	七七、〇	九二、〇	二〇、〇	五八、二	四二、五	第十表
同 F	ク	ク	ク	九〇〇	七三〇	七六、五	九一、五	一八、九	五四、八	四〇、七	第十表
第六 A	〇、四一	〇、五九	一、〇七	九〇〇	五〇〇	七五、〇	九五、〇	一七、〇	四九、二	一五、五	第十五表 燒戻脆性の恐れあり
同 B	ク	ク	ク	九〇〇	五五〇	七六、〇	九二、六	一七、〇	五二、三	三四、七	前に同じ
第七 E	〇、四〇	〇、五七	二、〇八	八五〇	六五〇	七六、〇	八八、五	二〇、四	六〇、六	五六、〇	第十五表
第九 D	〇、三一	一、八四	一、〇四	八五〇	六〇〇	七八、〇	九〇、〇	二〇、二	五八、七	四五、〇	第二十表
第十 E	〇、三〇	一、八三	一、九八	八五〇	六五〇	七五、〇	八八、三	二一、二	六四、二	六三、〇	第二十表
第十一 E	〇、三二	三、一九	〇	八五〇	六五〇	七七、〇	八六、〇	二〇、五	五一、八	六五、〇	第二十六表
第十二 E	〇、三〇	四、〇一	二、〇〇	八五〇	六五〇	七六、〇	八八、〇	二〇、〇	六四、二	三八、〇	第二十六表
第十五 D	〇、二四	三、三九	二、〇〇	九〇〇	六五〇	七七、〇	九九、〇	一九、〇	五七、八	五〇、三	第三十一表
第十六 A	〇、一七	五、二二	〇	八五〇	四〇〇	七〇、〇	八二、五	一八、八	四七、六	三五、七	第三十七表
第十八 E	〇、一七	五、六八	一、七八	八五〇	六五〇	七二、〇	九一、五	一三、二	三四、〇	四九、八	第三十七表

準鋼に比し甚だよろし。
鋼番號第十七は燒戻溫度五〇〇度にて五五〇度にて或は六〇〇度にて材料試験の成績に大なる相違を生ぜず即ち斯くの如き鋼は熱處理甚だ容易なる故精密なる測熱装置を有せざる所にて使用するには適當の材料なり。
次に標準ニツケル・クロム鋼を六五〇度にて素戻せる場合即ち彈性限七五 Kg/mm^2 附近破斷界八五 Kg/mm^2 附近のものに就きて前と同様の表を作れば次の如し。

右の如く標準鋼と同様の強度を有するもの其數多けれども其中ニツケル含有量標準鋼より小なるは鋼番號第四、第六、第七、第九及び第十なり尙其中にて衝擊試驗成績標準鋼の約四五呎听と同等以上のもは鋼番號第七第九及び第十にして鋼番號第四も略々之れに等し鋼番號第六はニツケル及びクロミウム含有量小なる上に炭素低きを以て焼入後の焼戻溫度を低くせざれば標準鋼と同等の強度を保たしむること能はず従つて此場合には著しく不平衡の状態に在り故に衝擊試驗惡しく靱性充分ならざるものなり。

鋼番號第七は前記靱性限九〇 Kg/mm² 破斷界一〇〇 Kg/mm² の場合に於ても標準鋼と同等以上の成績を示し右表記載の場合に於ても強度衝擊共に寧ろ標準鋼に優る成績を示せり尙此位の分析成分のものは平爐にて熔製する場合にも小鋼塊ならば製造上甚だしく困難を感ずるものにも非ず又砲身内筒用鋼材としてエロージョンに對する抵抗力如何と云ふに炭素高きことは不利なれども同時にクロミウム高きことは高温度に於ける強度を増加しエロージョンを妨ぐることとなるを以て結局エロージョンに對する抵抗力も相當大なりと信ず故に之れは小口徑砲身用材料等として標準ニツケル・クロミウム鋼即ちニツケル三、五%クロミウム一%の鋼の代用品として差支へなきものなり完全に焼戻したる状態即ち靱性限七五 Kg/mm² 破斷界八五 Kg/mm² 附近の材料の代用としては此外に尙前記鋼番號第十等代用し得るを以て炭素約〇、三%ニツケル約二%クロミウム約一%にても可なる譯なり之れは標準鋼より單にニツケルの量を減じたるものなれどもそれに略々同様の成績を出し得る所を見れば此位のニツケル・クロミウム鋼に關する研究

ローム鋼に於てはニツケルは二%以上其影響甚だ小なるものなりと思はる實際一一〇佛噸鋼塊より作りたる四〇糧砲身外套材にて左記の如き實例あり。

第四十三表 ニツケル含有量小なるニツケル・クロミウム鋼の實例

鋼番號	分析		炭素%	矽素%	滿俺%	燐%	硫黃%	ニツケル%	クロミウム%
	三四二一五	〇、三四〇、一一〇、四四〇、〇二六〇、〇二六二、二五							
處理八〇〇度一五時間燒鈍八二〇度一時間油燒六一〇度一時間燒戻油中冷却	成績	靱性限	破斷界	延伸	斷面收縮	斷面狀	硬度	衝擊	呎听
試片		Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	%	態			
TB	イ	六六、〇	七五、〇	二二、七	五五、八	F	二四一	四六、〇	四五、〇
	ロ	六二、〇	七五、五	二二、五	五七、三	F	二四一	四三、一	四六、五
BM	イ	六〇、〇	七五、〇	二〇、三	五〇、八	F	二五二	四八、五	三九、〇
	ロ	六〇、〇	七七、〇	一九、二	四四、三	F	二四八	三八、〇	三七、〇
TB	イ	六〇、〇	七七、〇	一七、六	四七、六	F	二五五	三七、〇	三六、五
	ロ	六〇、〇	七七、〇	一七、六	四七、六	F	二五五	二九、〇	二九、〇

此成績は通常のニツケル三、五%の砲身用ニツケル・クロミウム鋼の成績と同等にして延伸の如きは寧ろ之れに優る位のものなり。

ニツケルを減じクロミウムを増すことによりて節約し得べき鋼の代價を計算すればニツケルは目下一錠約一圓四〇錢フェロクロミウムは六〇%品位のもの約三六〇圓クロミウム歩止り約九〇%と見てクロミウム一錠の代價約六七錢となる故鋼番號第七の如き鋼を以て標準ニツケル・クロミウム鋼に代用するとし即ちニツケル二、五を減じクロミウム一%

を加ふるものとすればニツケル二五瓦は三五圓クロミウム一〇瓦は六圓七〇錢となり熔鋼一佛噸に付約二八圓三〇錢の節約となるべく熔鋼一佛噸の代價一八〇圓とすれば之れによりて約一六%の節約をなすことを得。

扱て又ニツケルは標準鋼と同量以上にて従て熔鋼一佛噸の代價は多少高くなるも強度韌性標準鋼よりも大なるものを求めんに鋼番號第十五は前述の如く強度寧ろ標準鋼に優り而かも衝撃試験著しく良好なり此鋼はニツケル含有量標準鋼と同様なれどもクロミウム二%を含有するを以て熔鋼一佛噸の代價は標準鋼よりも幾分高くなるを免かれず然れども炭素少きことは鋼塊の鑄造を容易ならしめ析出を減じ成品の試験緯断面の横目を防ぐ効果あるを以て此種の鋼は砲身材料等として標準鋼よりも一層良好なるものなり。

ニツケル多きものには韌性稍大なるものあり鋼番號第十四第十七及び第十八等には破斷界九〇Kg/mm²以上にして而かも衝撃試験は五〇呎所に達するものあるを見る、場合によりは斯くの如き材料を使用して有利なることもあるべし本研究に於ては強度は略々標準ニツケル・クロミウム鋼に近きものを求むる積りにて試験材を製造したるを以てニツケル多きものは炭素を低くして強度は標準鋼と同様にても衝撃試験が改善せらるゝや否やを研究したるなれども之れ等の鋼中には衝撃試験の著しく良好なるものは無し寧ろ此場合には炭素或はクロミウムをも増加し強度も上ぐる方却つて衝撃試験も良好なる成績を得べしと思はる。

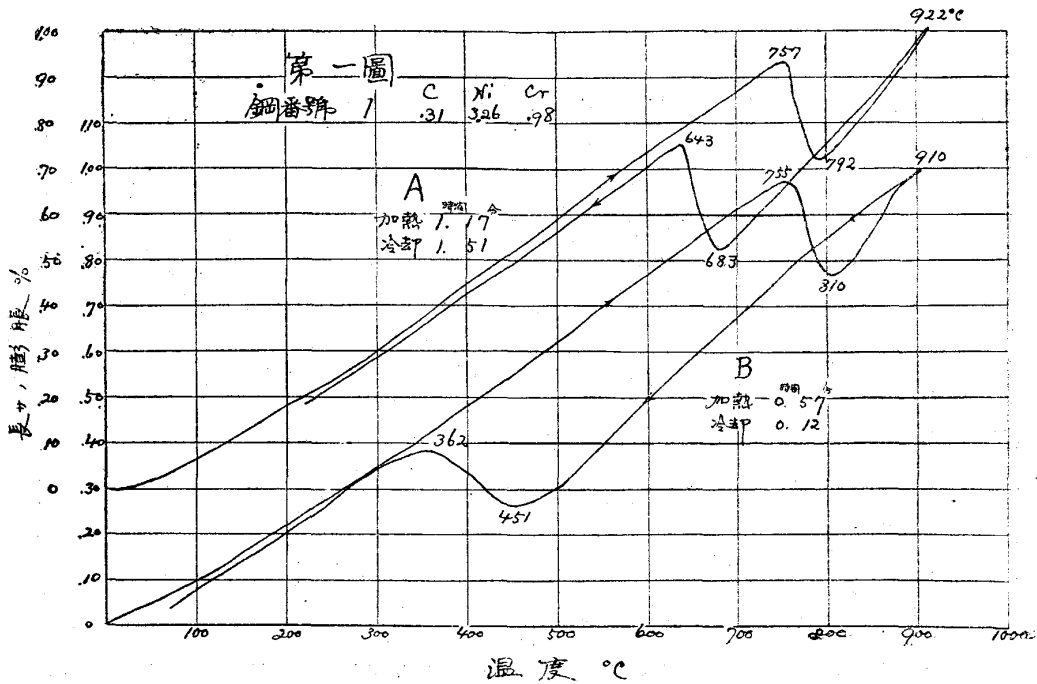
(二)顯微鏡的組織

本研究に於ける試料鋼はすべてニツケル及びクロミウム

高からざるを以て組織は皆ギエー(Gillet)氏のニツケル・クロミウム鋼組織圖表中パーライト+フェーライト區域内に屬すべきものなり即ちノルマライシツングにて何れもフェーライト及パーライトを析出する筈なれども實際はクロミウム一%を含むものは炭素〇・五三%ニツケル〇・八五%にて既に大なる自硬性を有し此處理にてマルテンサイト組織を呈すること顯微鏡寫眞第十六に見るが如くにして其他のニツケル或はクロミウム高きもの皆此性質を有し炭素極めて低き鋼番號第十七及び第十八の如きもノルマライシツングにて寫眞第八十五及び第九十に見る如くマルテンサイト組織をなす。

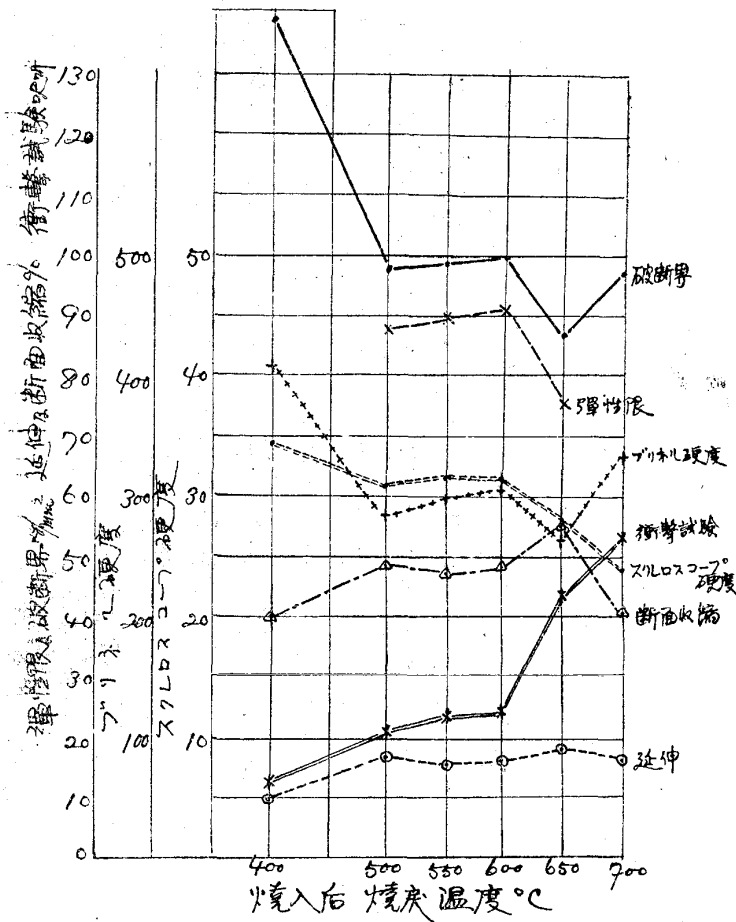
九〇〇度にて一時間焼鈍し爐中にて四〇〇度迄冷却し再び七〇〇度まで昇熱して一時間保熱し爐中冷却を行ひたるものは概ねフェーライトとパーライトとに分離す只ニツケル及びクロミウム多きものは炭素低くともフェーライトを析出すること甚だ少なし寫眞第九十一は炭素僅に〇・一七%の鋼なれども少しくフェーライトの析出を見るのみ寫眞第五十八は炭素〇・三%のもの寫眞第七十五は炭素〇・二四%のものにて何れも殆んどエーテクトイドの如く見ゆ然れども之れは純炭素鋼に於けるエーテクトイドとは異なり炭素量少しく増加すれば直ちに炭化物即ちセメンタイトを析出すると云ふが如きものには非ず實際炭和甲鉄の表面を見るに炭素〇・九%位の所にて初めてセメンタイトの析出あり故に前記エーテクトイドの如く見ゆるものも實はフェーライトが非常に微小の析出として現るゝが故に一見全部パーライトなるが如く見ゆるなるべしフェーライトが微小なるはニツケル或はクロミウムの爲めに分子的摩擦を増加しフェーライト分子が自由に凝集

すること能はざるによるなり此傾向は温度下降の際Ar變態が
 低下せらるゝことによりて益々著大となるなり。
 焼入状態の顯微鏡的組織は七五〇度附近にて焼入のものは
 針狀結晶明かならずハーテナイトと稱すべきものなり八五〇
 度位より針狀結晶明かとなり九〇〇度のものは概ね針狀長大
 にして百倍大にてもよく判別することを得針狀結晶の大きさは
 ニッケル含有量によりて相違あり寫真第八十八はニッケル
 五、二一%を含有する鋼を九〇〇度にて焼入したる組織なれ
 どもニッケル少なきものに比し非常に微細なりニッケル多き
 もの一般に衝擊試験良好なるは結晶の生長少なきことも其
 一原因なるべきか、若し然りとすれば焼入の際なるべく焼入
 温度を低くしマルテンサイトの結晶を短かくすれば衝擊試験
 良好となる譯なり焼入温度低ければ硬度は多少低きやも知れ
 ざれど之れを焼戻温度によつて調整し適當の硬度強度を有せ
 しむる事とすれば高温にて焼入を行ひ高温にて長時間焼
 戻せる場合よりも衝擊試験良好なるものを得べしと云ふ事と
 なるなり。(未完)



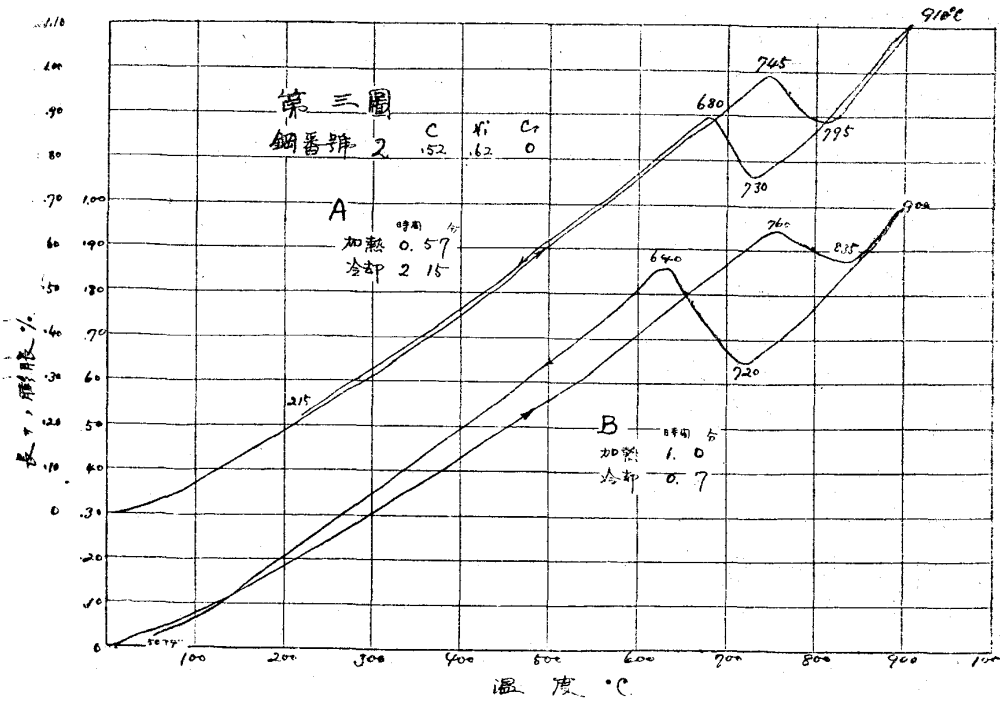
第二圖
鋼番號 1.

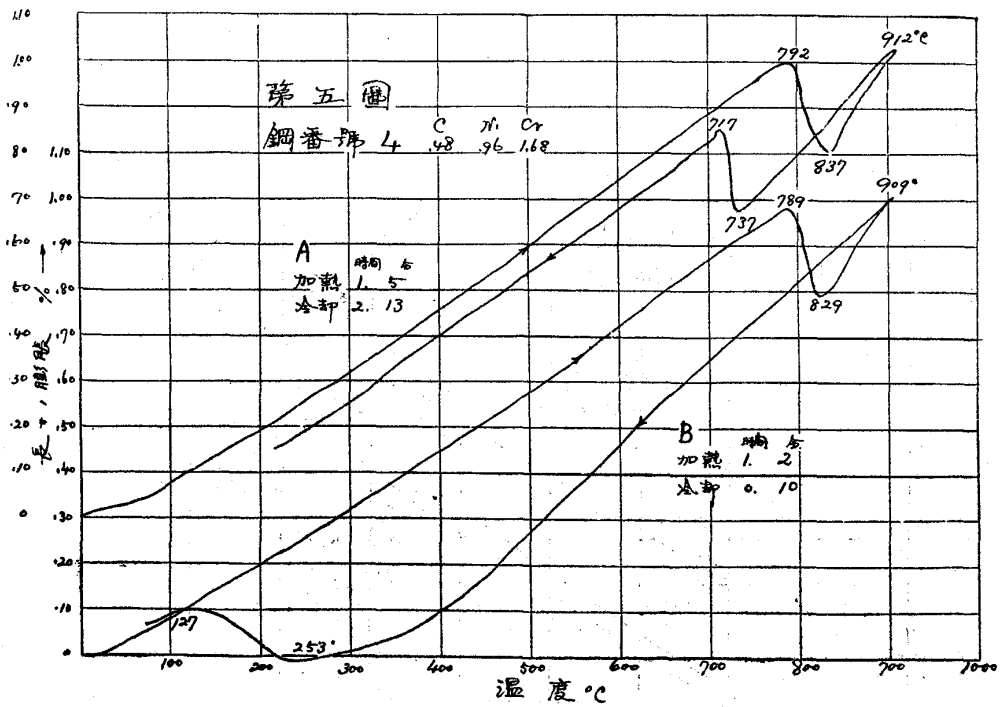
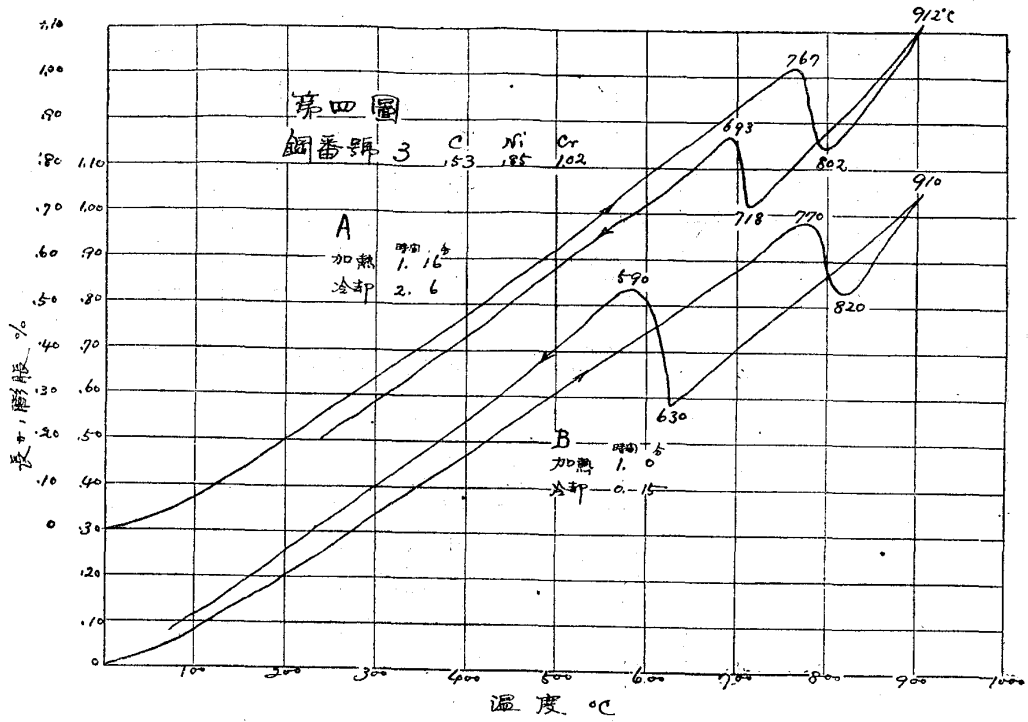
C Ni Cr
.31 3.26 .93



第三圖
鋼番號 2.

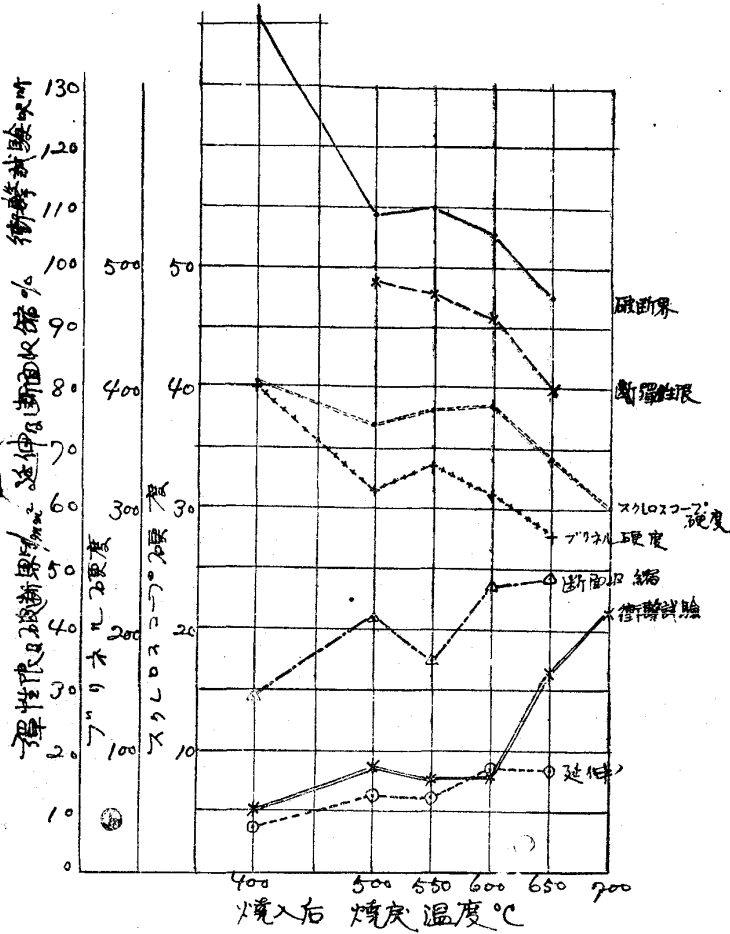
C Ni Cr
.52 .62 0





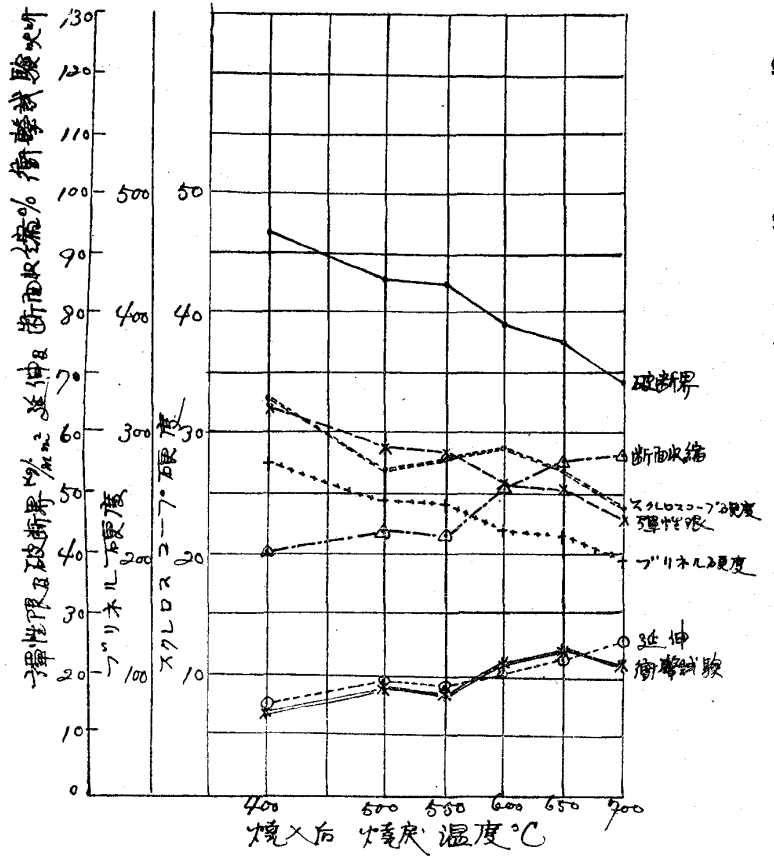
第七圖

鋼番號 3. C .53 Ni .85 Cr 1.02



第六圖

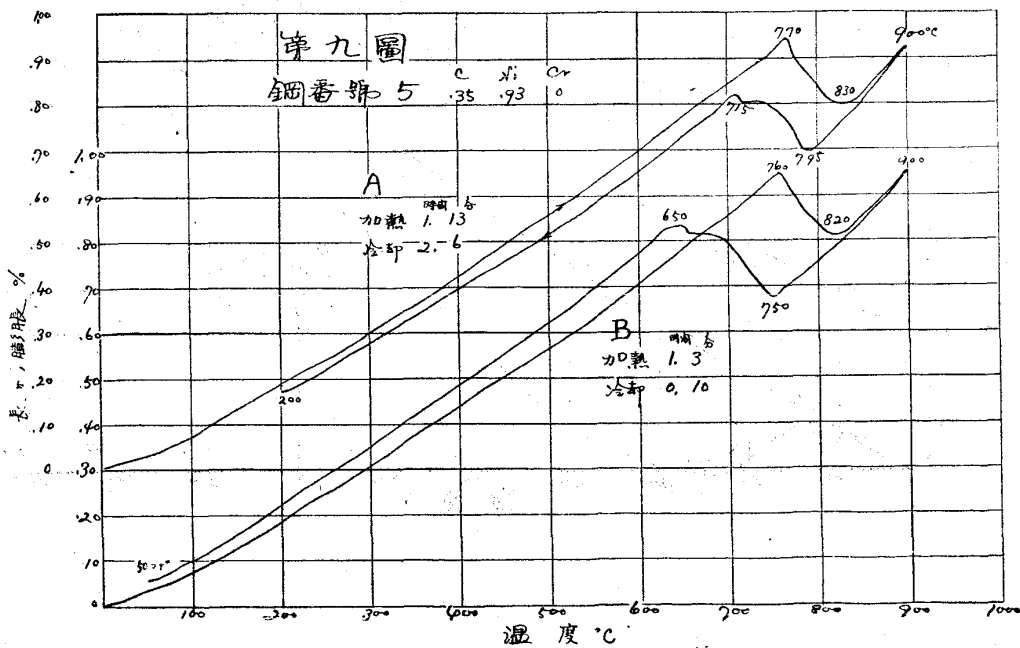
鋼番號 2. C .52 Ni .62 Cr 0



鐵と鋼 第十年 第二號

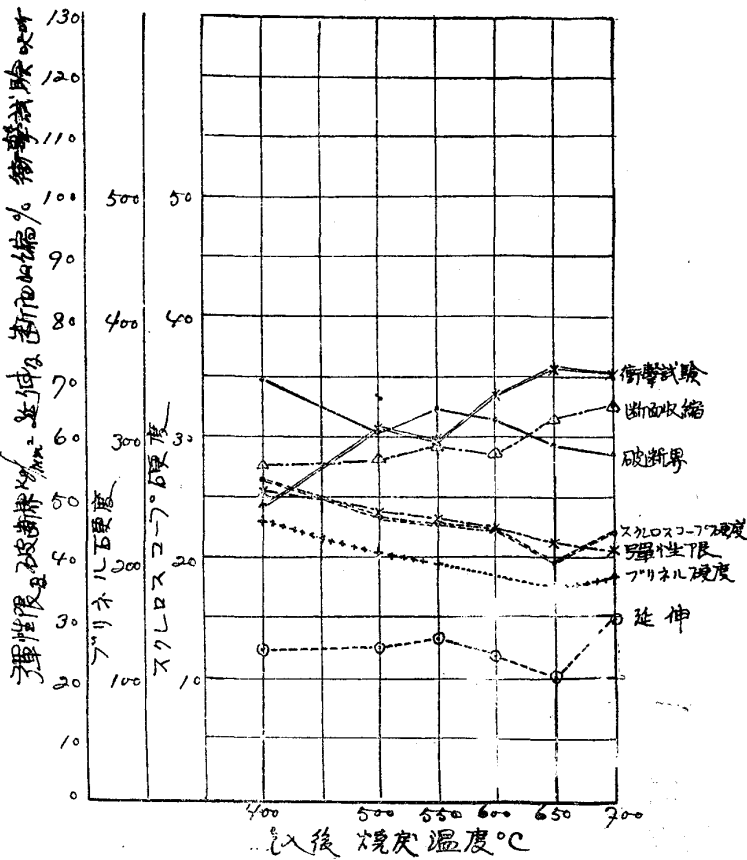
第九圖

鋼番號 5 C .35 Ni .93 Cr 0



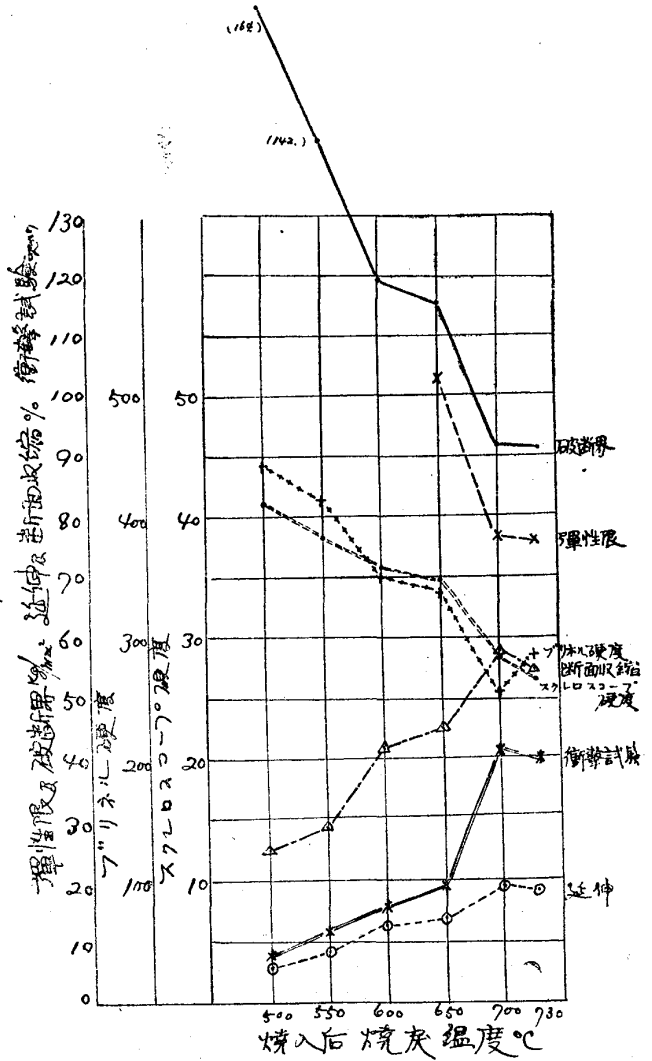
第十二圖
鋼番號 5.

C Ni Cr
.35 .93 0



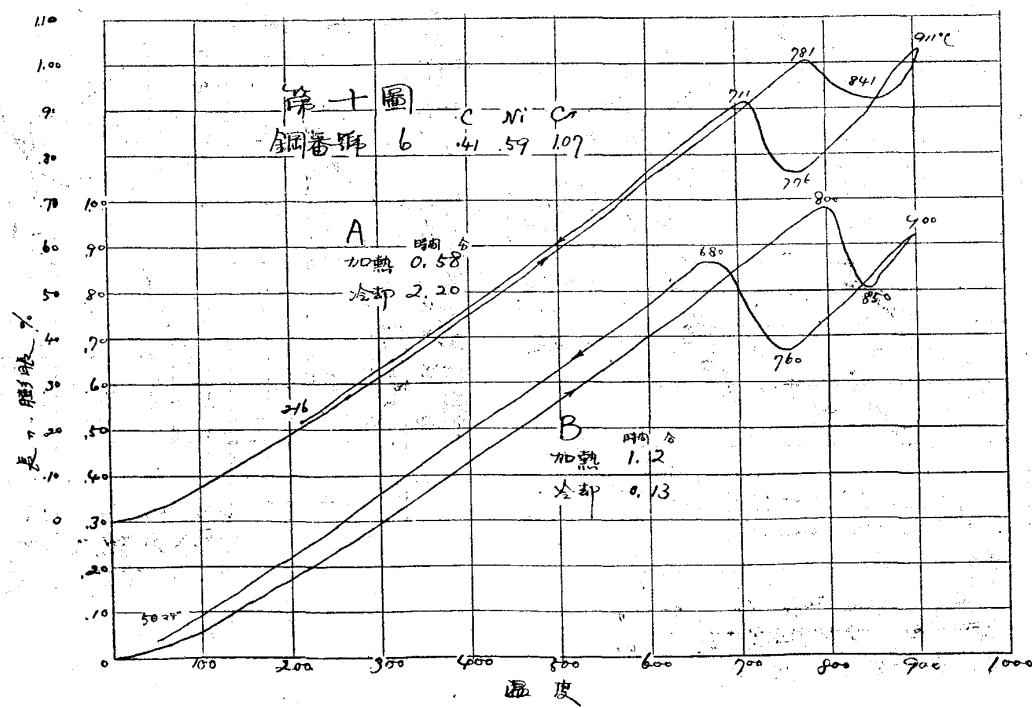
第八圖
鋼番號 4.

C Ni Cr
.48 .96 1.68



第十圖
鋼番號 6

C Ni Cr
.41 .59 1.07

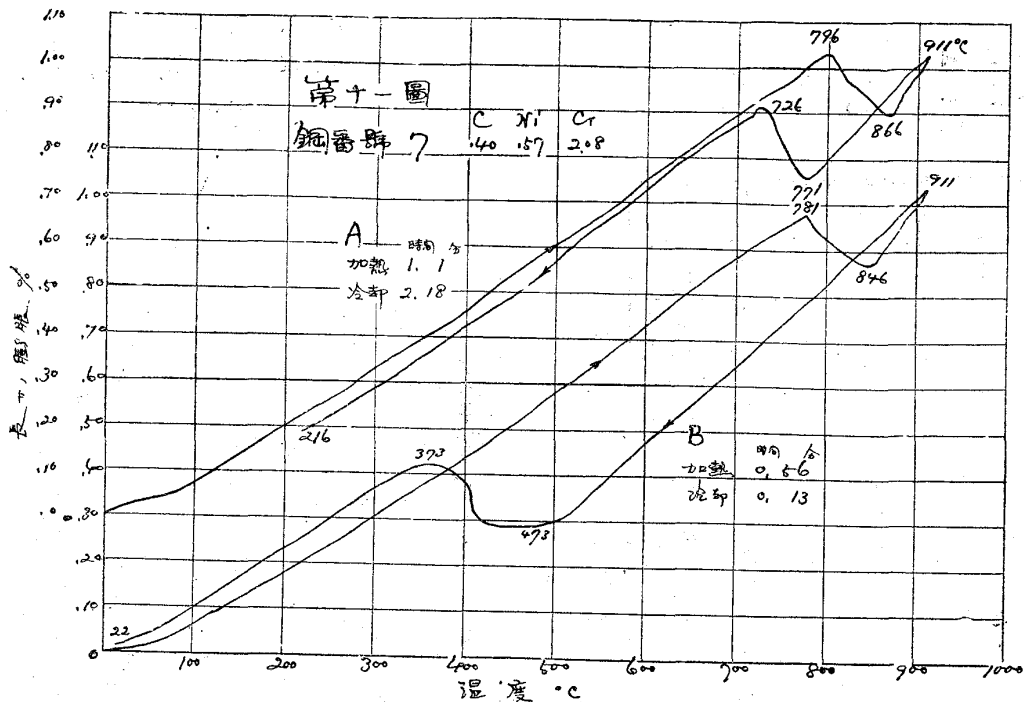


ニッケル・クロム鋼に関する研究

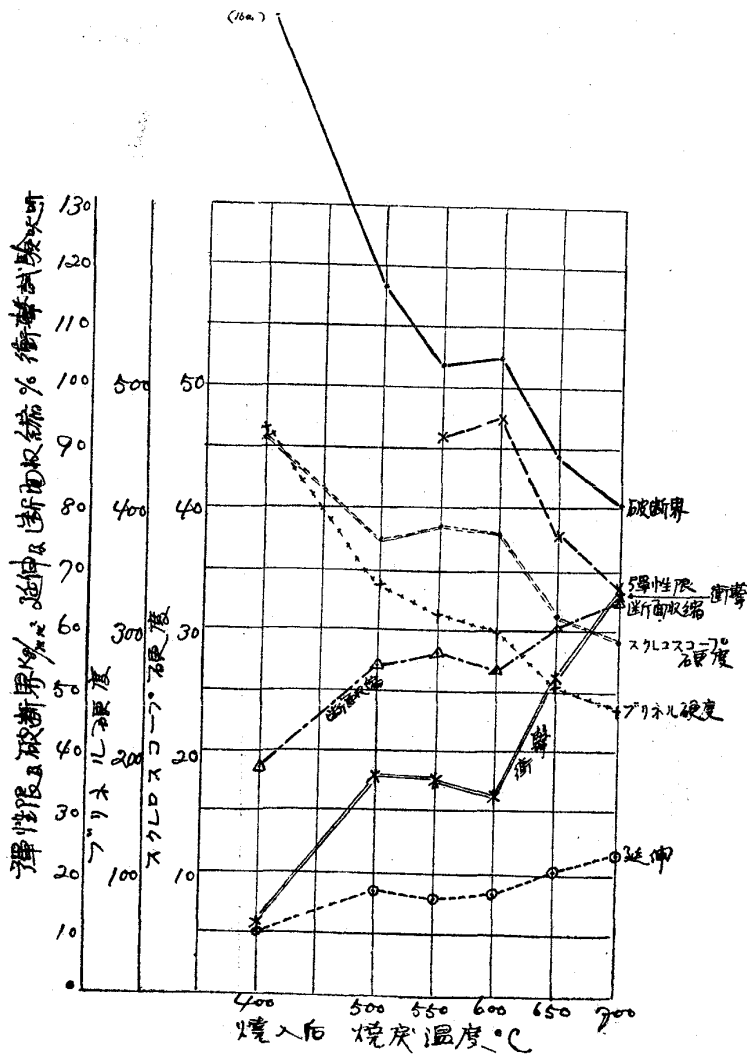
引張強さ、破断強さ、延伸、断面収縮、スチール硬度

引張強さ、破断強さ、延伸、断面収縮、スチール硬度

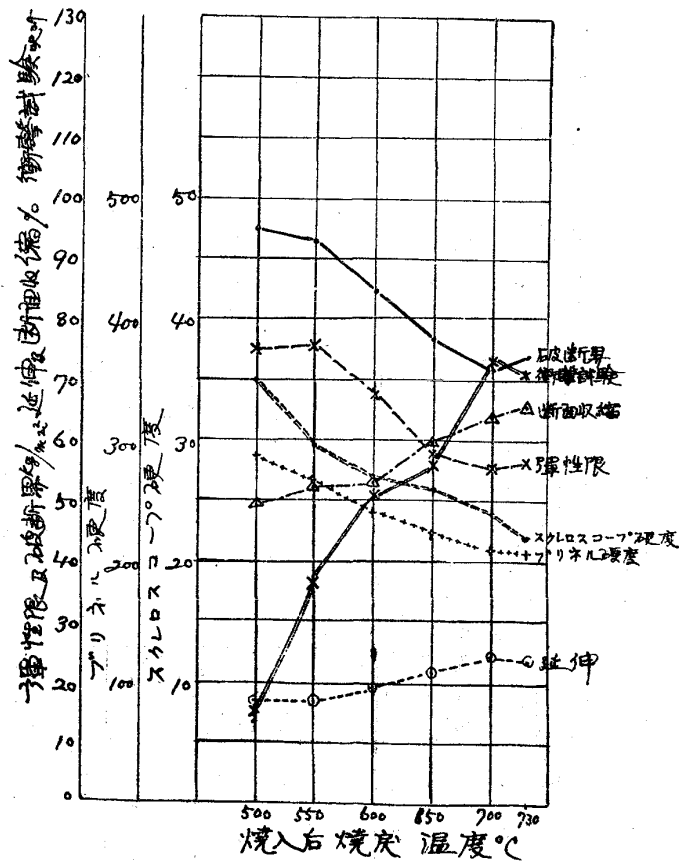
破断強さ
延伸
断面収縮
スチール硬度



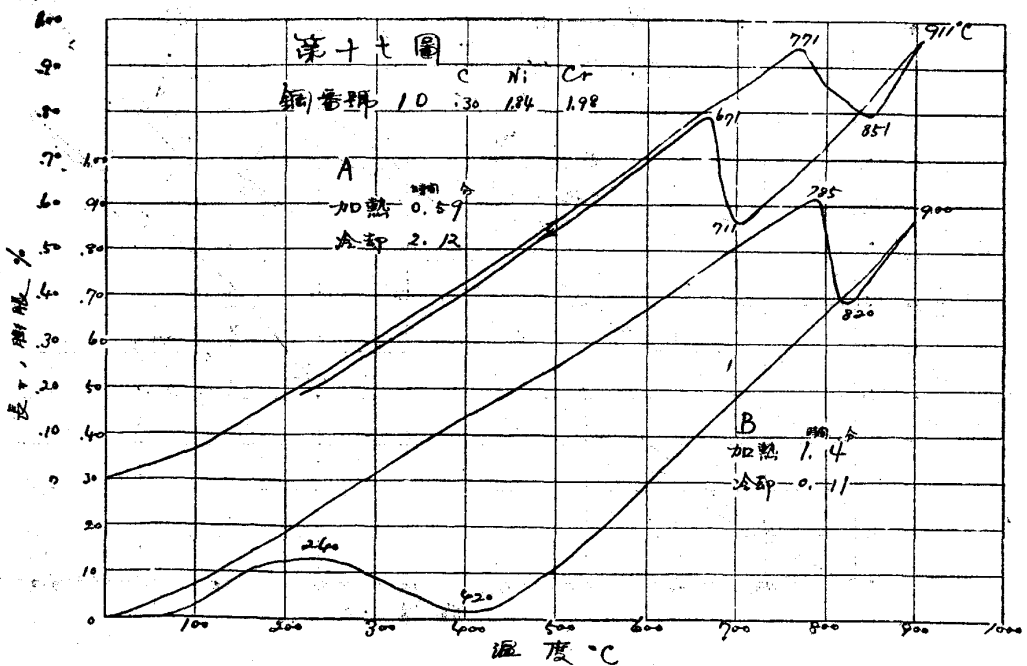
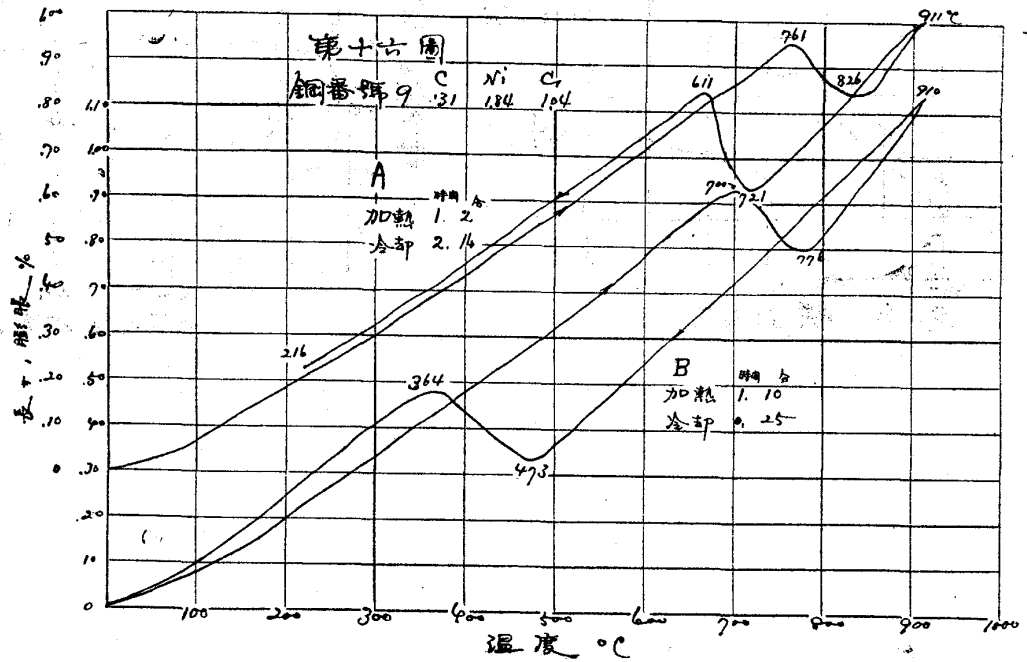
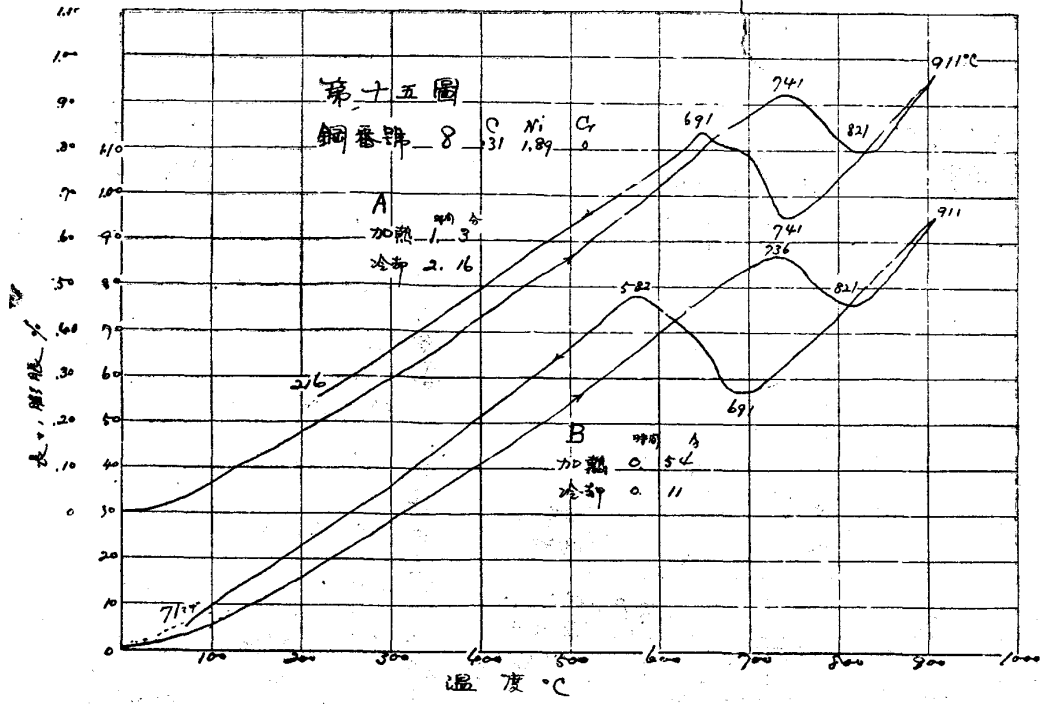
第十四圖
鋼番號 7. C .40 Ni .57 Cr 2.08



第十三圖
鋼番號 6. C .41 Ni .59 Cr 1.07

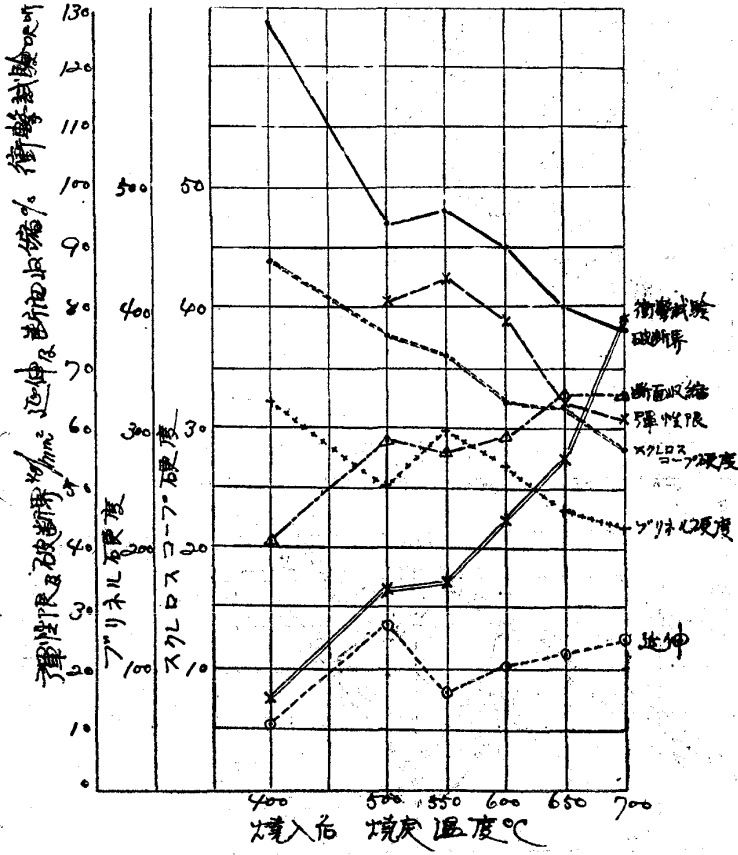


ニッケル・クロム鋼に関する研究



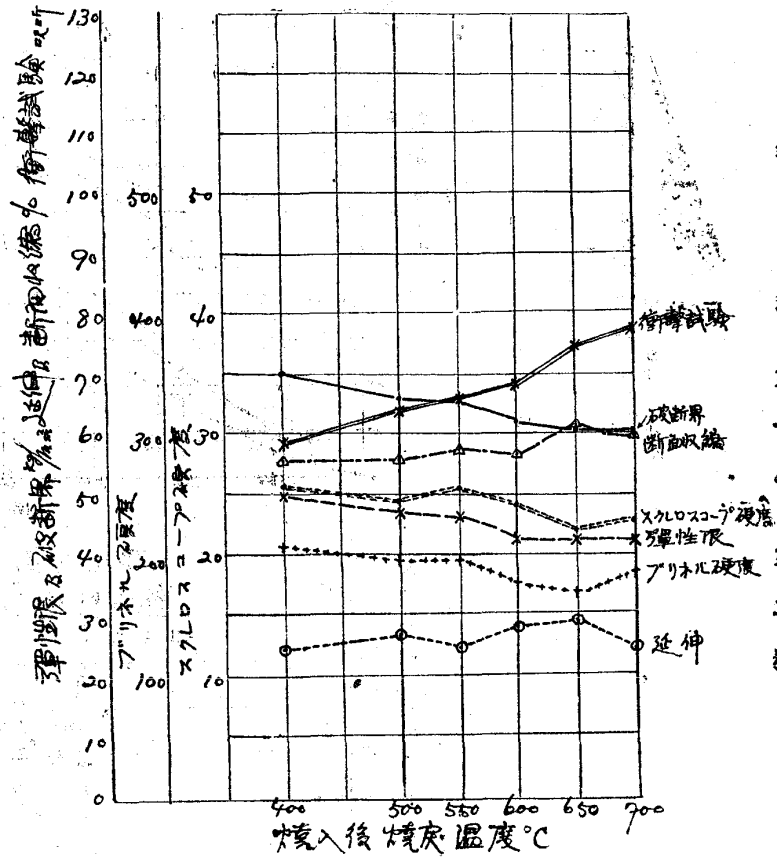
第十九圖
鋼番號 9.

C Ni Cr
.31 1.84 1.04



第十八圖
鋼番號 8.

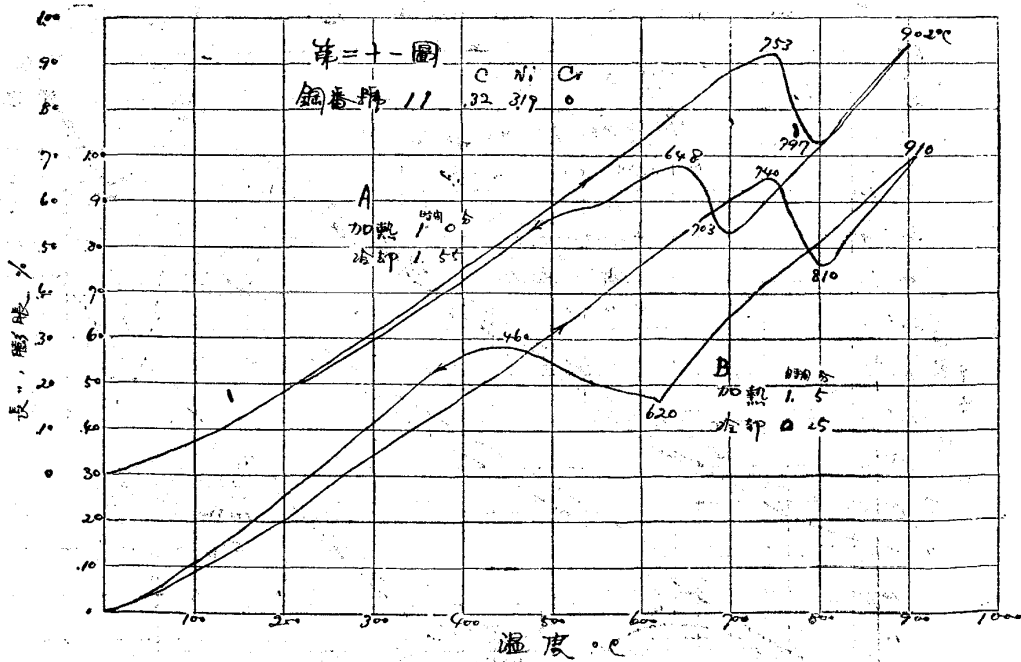
C Ni Cr
.31 1.89 0



第三十一圖

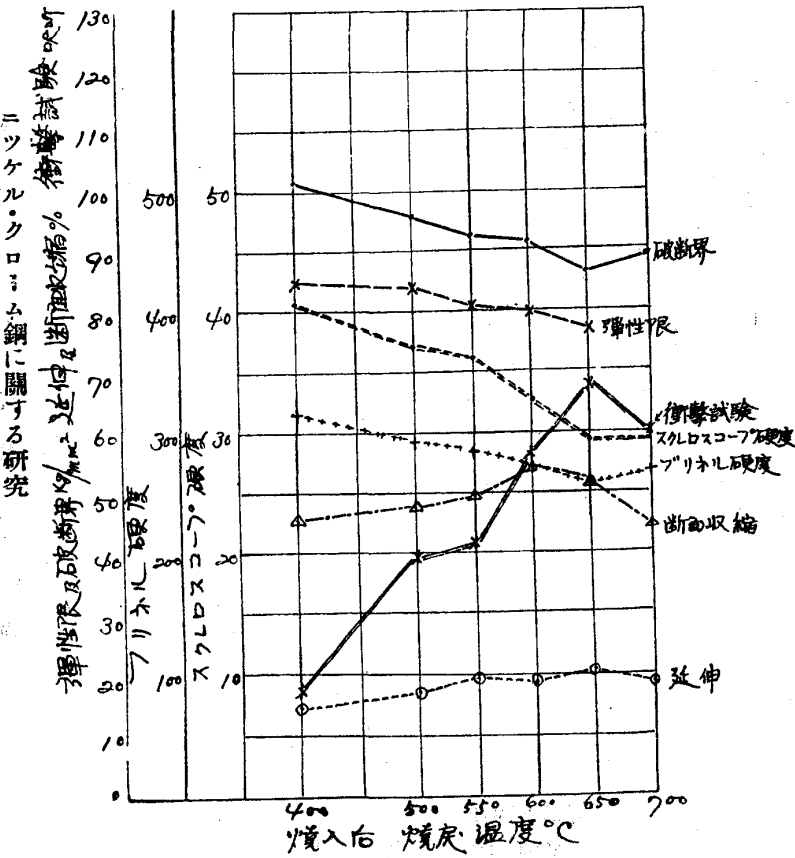
鋼番號 11

C Ni Cr
.32 3.19 0



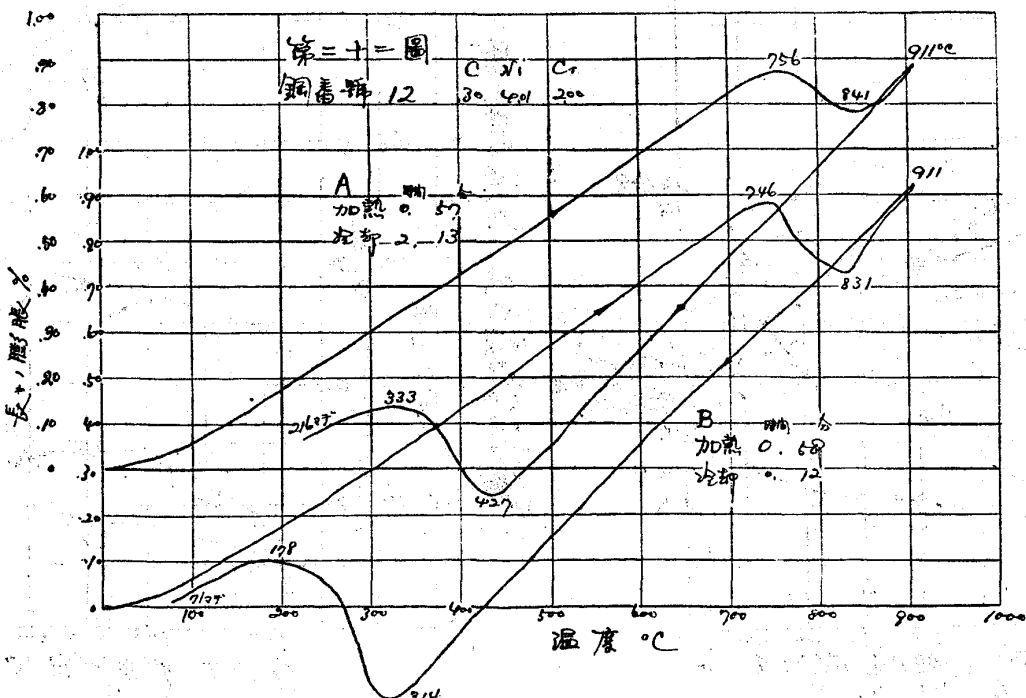
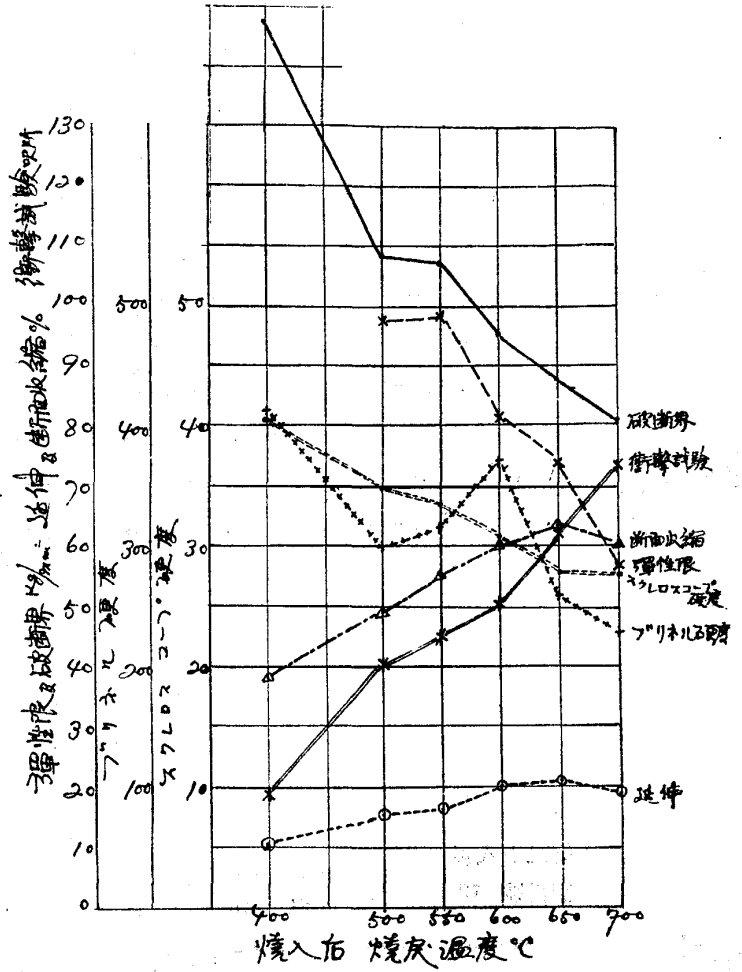
第二十三圖
鋼番號 11.

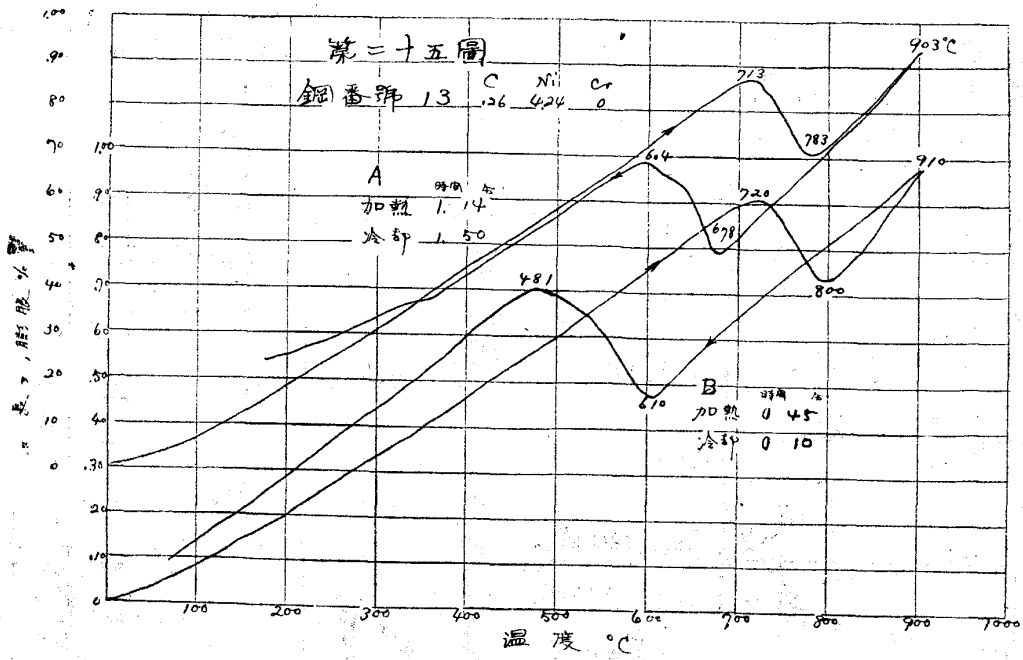
C Ni Cr
.32 3.19 0



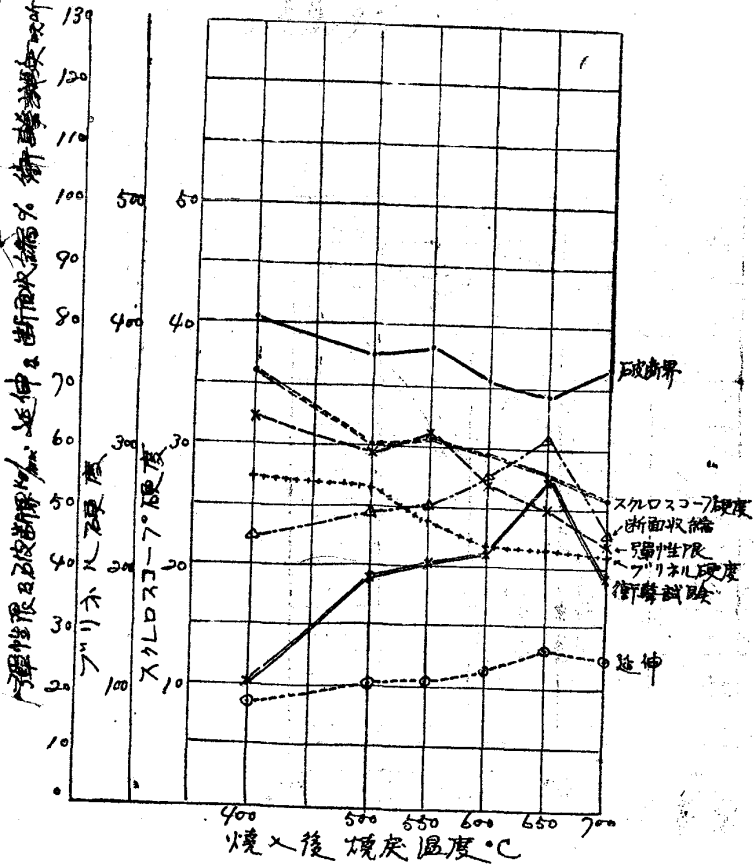
第二十圖
鋼番號 10.

C Ni Cr
.30 1.84 1.98

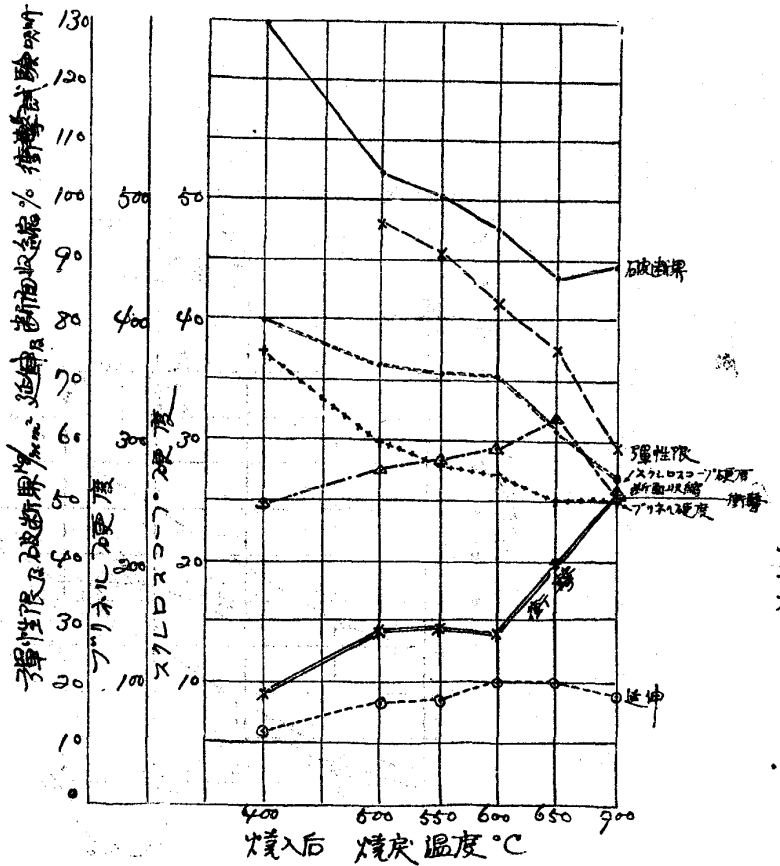




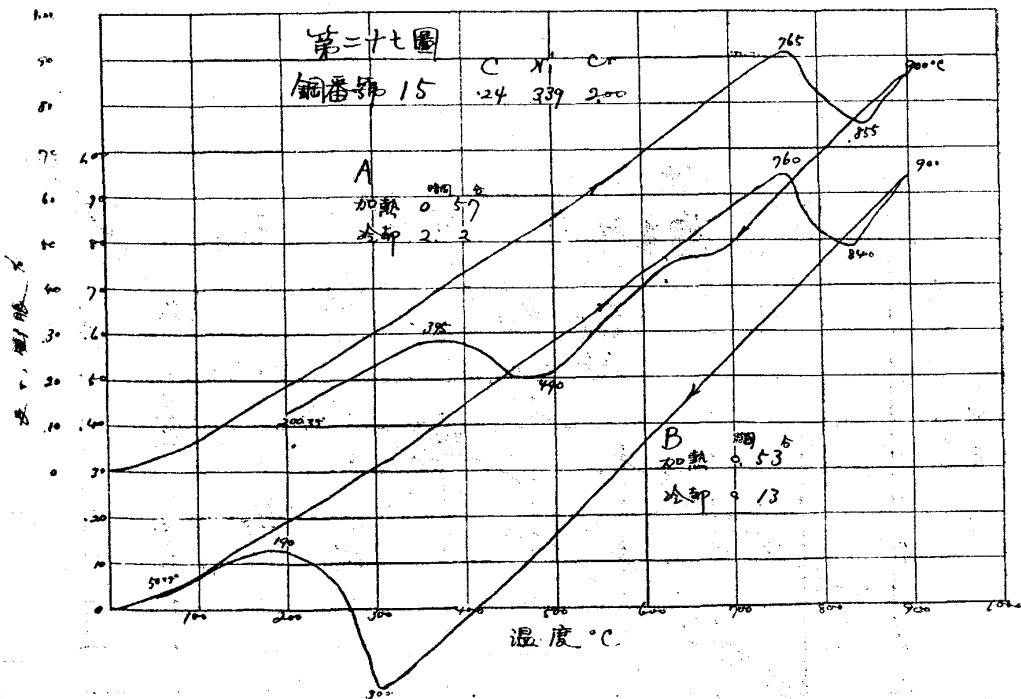
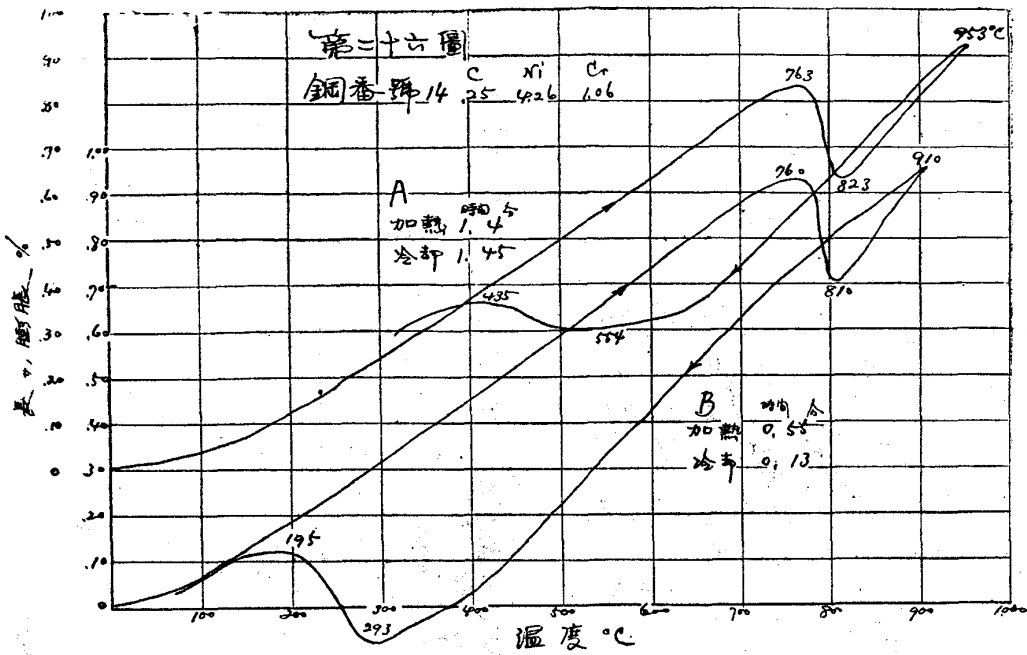
第二十八圖
鋼番號 13 C .26 Ni 4.24 Cr



第二十四圖
鋼番號 12 C .30 Ni 4.01 Cr 2.00



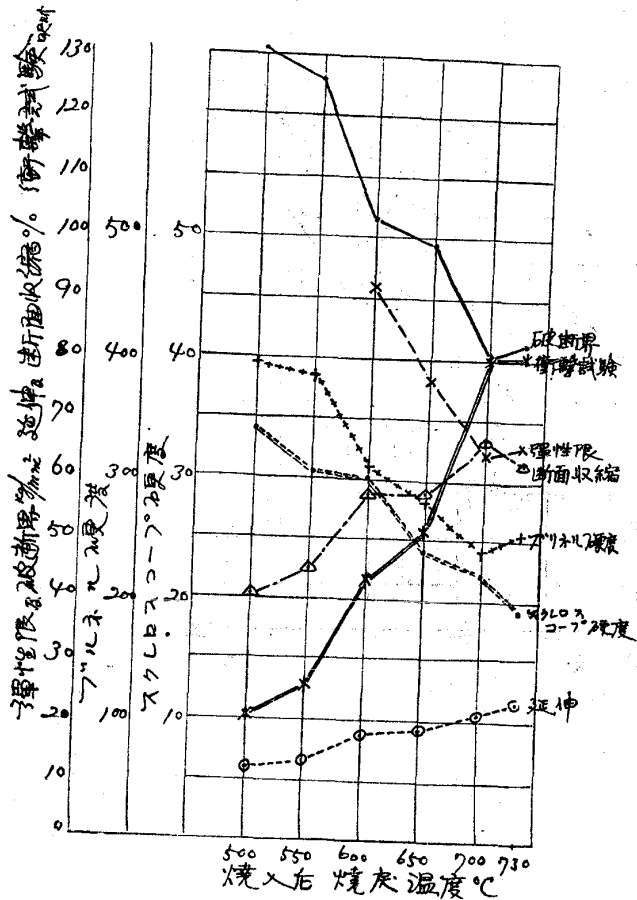
鋼と鋼 第十年 第二號



第三十圖

鋼番號 15.

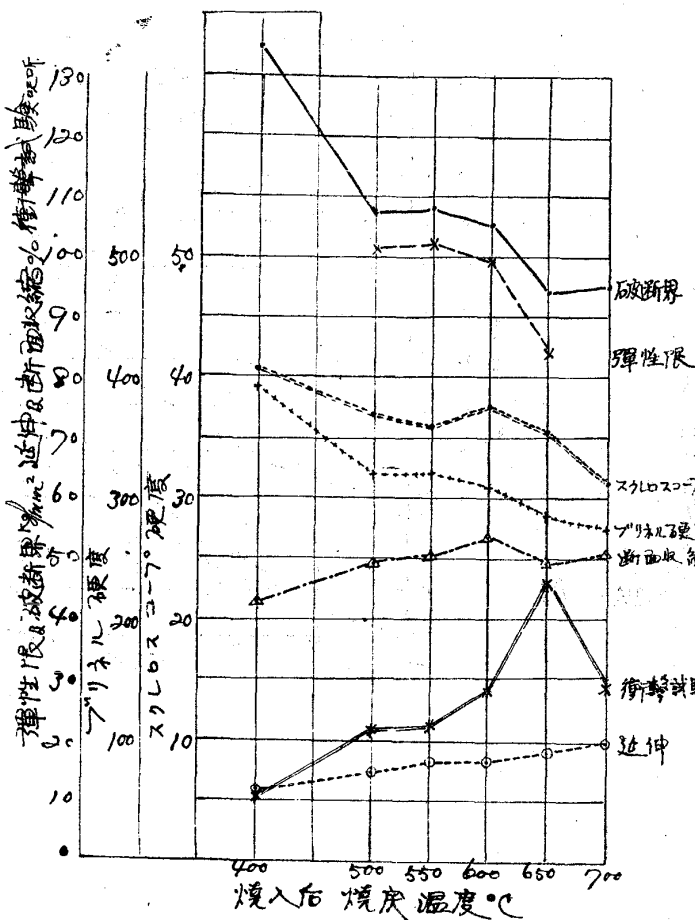
C Ni Cr
.24 3.29 2.00



第二十九圖

鋼番號 14.

C Ni Cr
.25 4.26 1.06

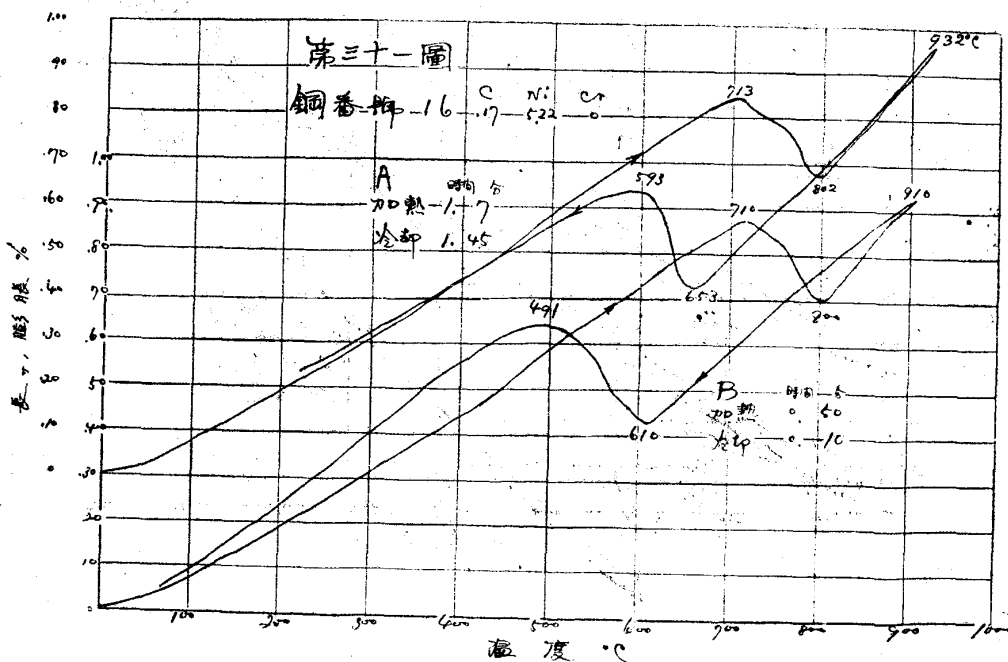


鐵と鋼 第十年 第二號

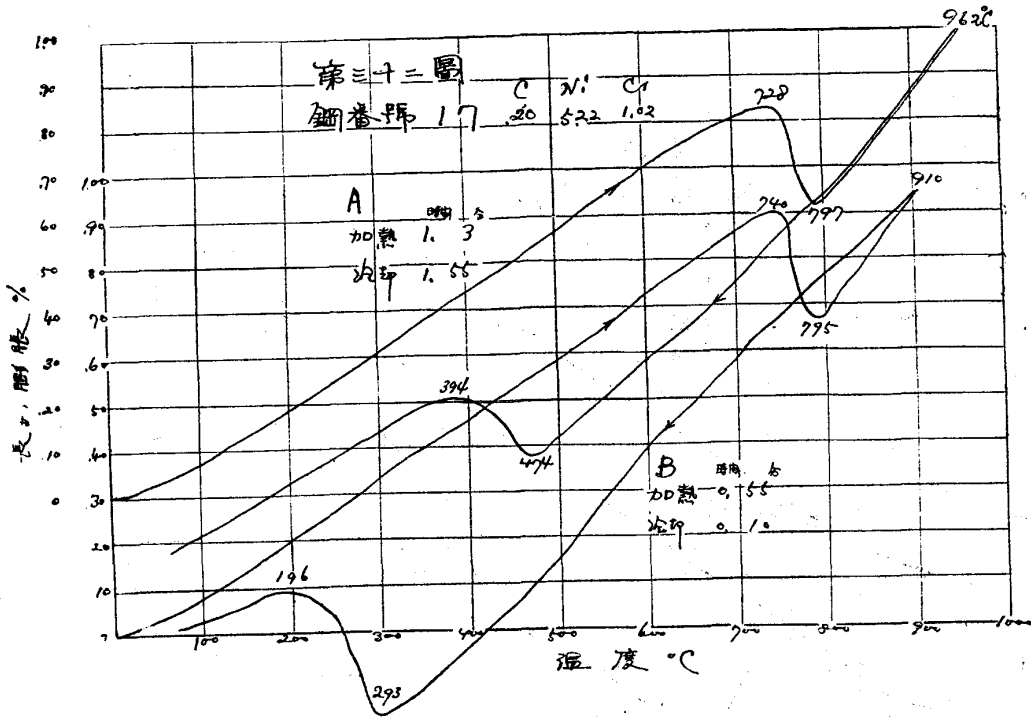
第三十一圖

鋼番號 16

C Ni Cr
.17 5.22 0

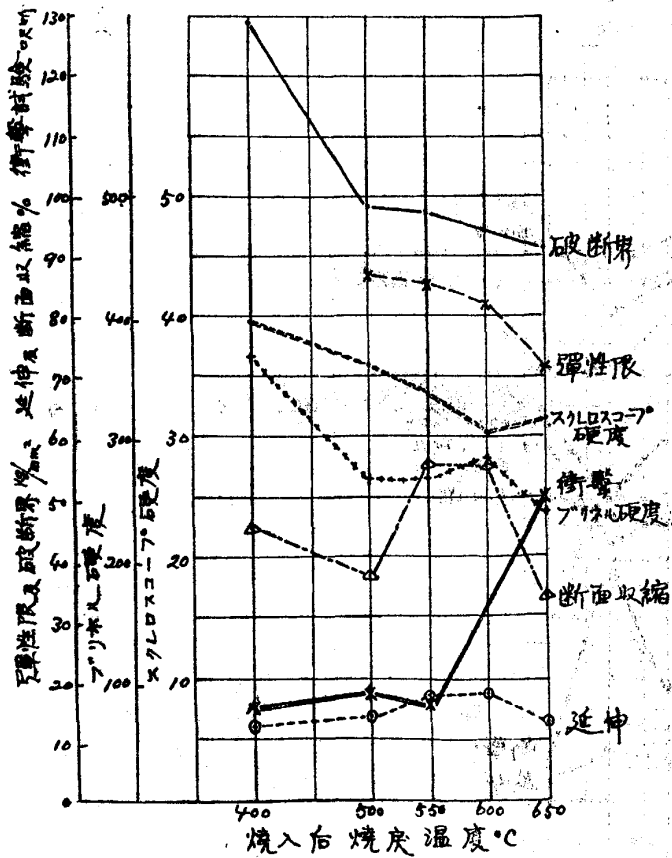


ニッケル・クロム鋼に関する研究



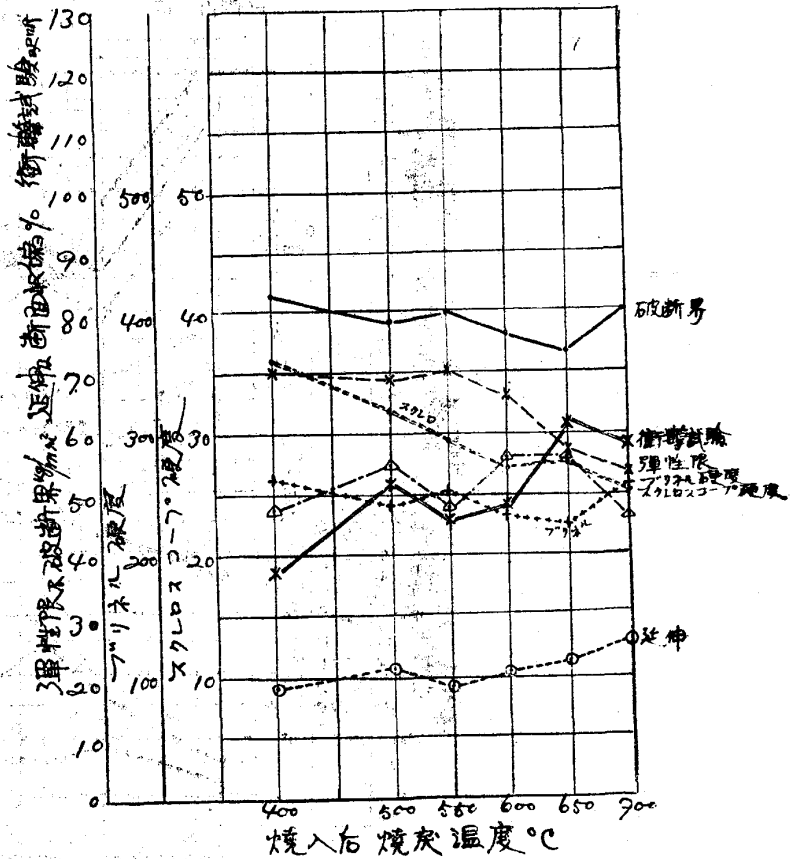
第三十六圖
鋼番號: 18.

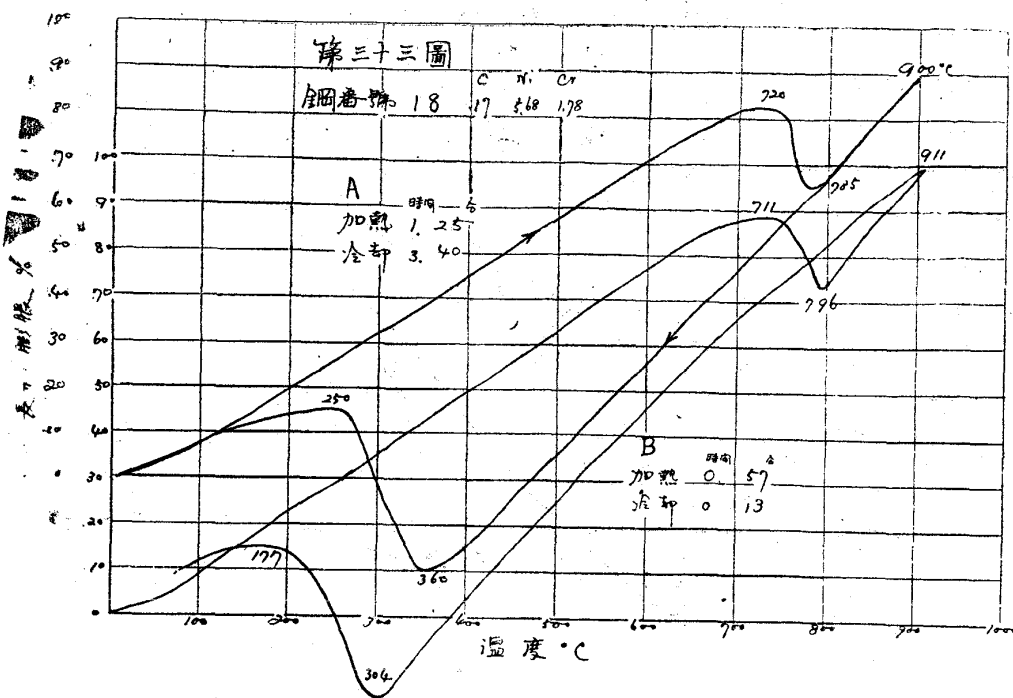
C	Ni	Cr
.17	5.68	1.78



第三十四圖
鋼番號 16.

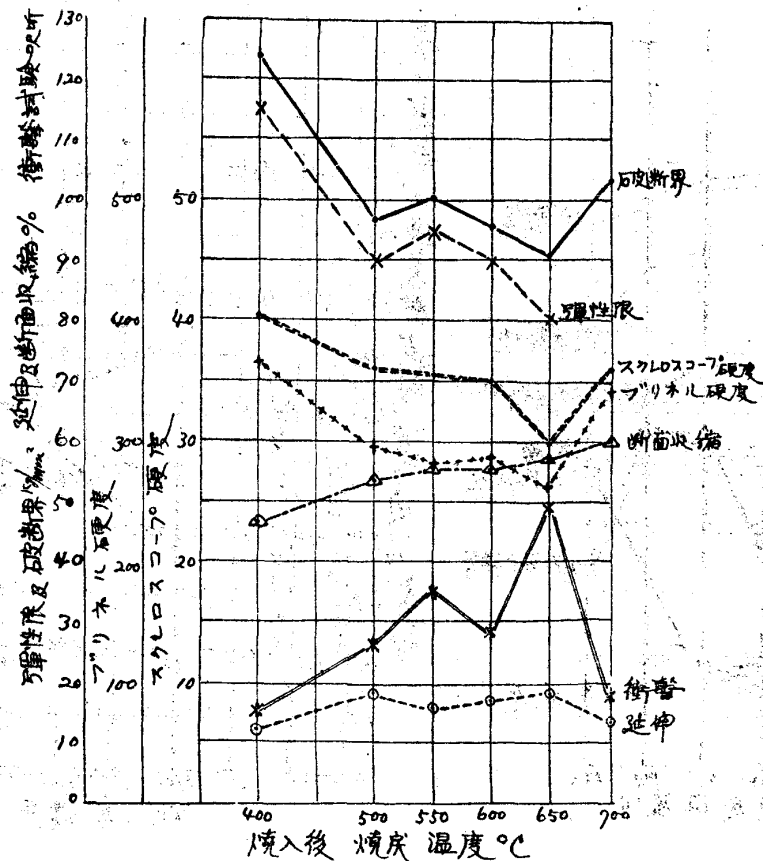
C	Ni	Cr
.17	5.22	0

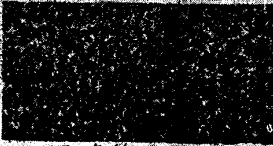




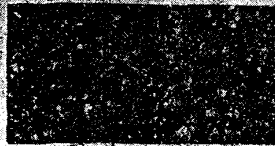
第三十五圖
鋼番號 17.

C	Ni	Cr
0.20	5.22	1.02

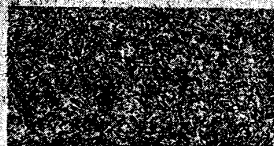




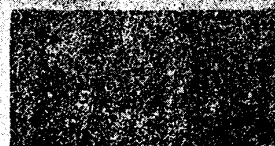
写真第二十二
鋼番第4 C N Cr
48 98 118
900°C x 1/2 h 油中冷却
700°C x 1 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



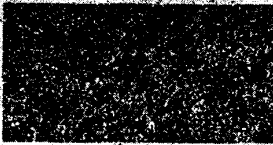
写真第十五
鋼番第2 C N Cr
52 62 0
900°C x 1/2 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



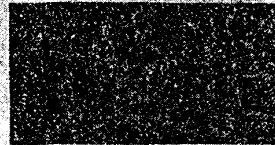
写真第八
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
900°C x 1/2 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 400X



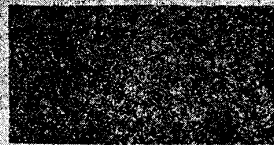
写真第一
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
900°C x 1 h 大気中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



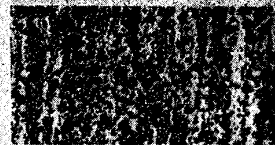
写真第二十三
鋼番第4 C N Cr
48 96 108
750°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



写真第十六
鋼番第3 C N Cr
53 85 102
900°C x 1 h 大気中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



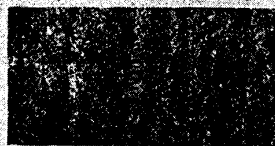
写真第九
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
850°C x 1/2 h 油中冷却
400°C x 1 h 油中冷却
1% HNO₃ in alcohol 腐蝕 100X



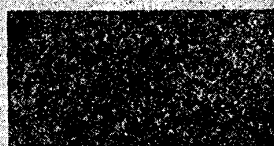
写真第二
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
900°C x 1/2 h 油中冷却
700°C x 1 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



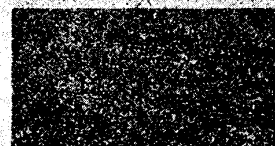
写真第二十四
鋼番第4 C N Cr
48 96 108
850°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



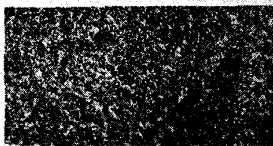
写真第十七
鋼番第3 C N Cr
53 85 102
900°C x 1/2 h 油中冷却
400°C x 1 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



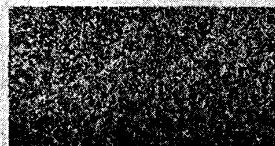
写真第十
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
850°C x 1/2 h 油中冷却
750°C x 1 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



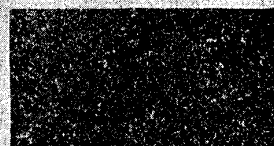
写真第三
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
750°C x 1/2 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



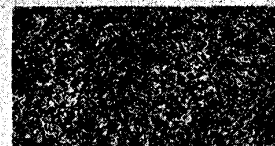
写真第二十五
鋼番第4 C N Cr
48 96 108
900°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



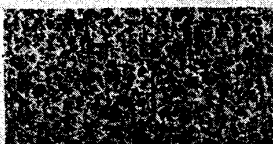
写真第十八
鋼番第3 C N Cr
53 85 102
750°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



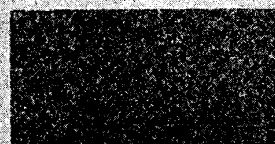
写真第十一
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
850°C x 1/2 h 油中冷却
700°C x 1 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



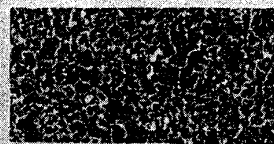
写真第四
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
750°C x 1/2 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 400X



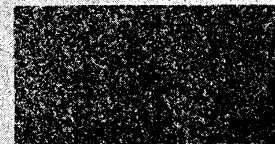
写真第二十六
鋼番第5 C N Cr
35 93 0
900°C x 1 h 大気中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



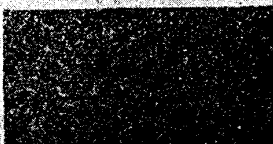
写真第十九
鋼番第3 C N Cr
53 85 102
800°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



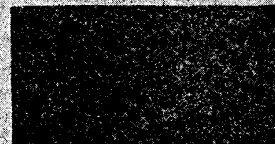
写真第十二
鋼番第2 C N Cr
52 62 0
900°C x 1 h 大気中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



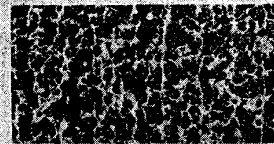
写真第五
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
850°C x 1 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



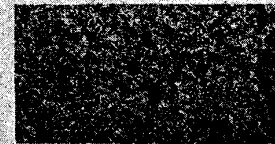
写真第二十七
鋼番第5 C N Cr
35 93 0
900°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



写真第二十
鋼番第3 C N Cr
53 85 102
900°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 400X



写真第十三
鋼番第2 C N Cr
52 62 0
900°C x 1/2 h 油中冷却
400°C x 1 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



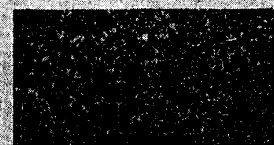
写真第六
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
850°C x 1 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 400X



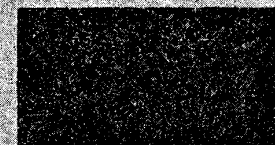
写真第二十八
鋼番第5 C N Cr
35 93 0
900°C x 1/2 h 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



写真第二十一
鋼番第4 C N Cr
48 98 108
900°C x 1 h 大気中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X

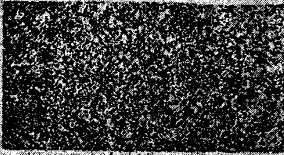


写真第十四
鋼番第2 C N Cr
52 62 0
750°C x 1/2 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X

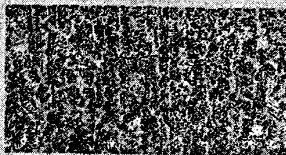


写真第七
鋼番第1 C N Cr
31 326 98
900°C x 1/2 h 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X

約二分一縮寫



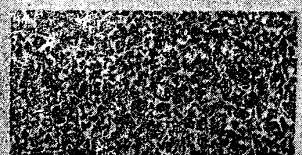
寫真第五十
鋼番號 10 C N Cr
30 184 198
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



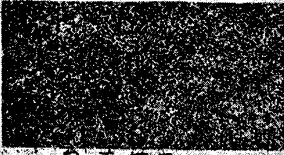
寫真第四十三
鋼番號 9 C N Cr
31 184 104
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



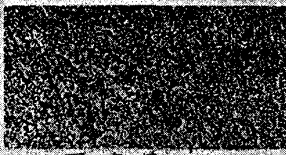
寫真第三十六
鋼番號 7 C N Cr
40 57 208
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 3分同腐蝕 100X



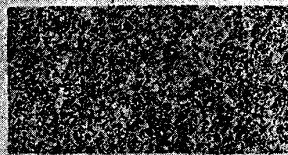
寫真第二十九
鋼番號 6 C N Cr
41 59 107
900°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



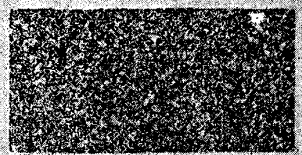
寫真第五十一
鋼番號 10 C N Cr
30 184 198
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



寫真第四十四
鋼番號 9 C N Cr
31 184 104
700°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



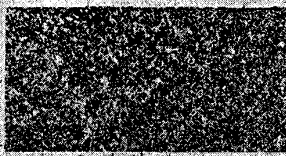
寫真第三十七
鋼番號 8 C N Cr
31 189 0
900°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



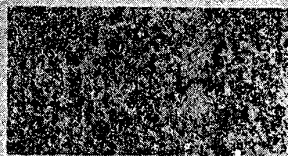
寫真第三十
鋼番號 6 C N Cr
41 59 107
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



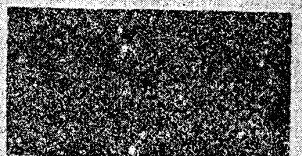
寫真第五十二
鋼番號 11 C N Cr
32 319 0
900°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



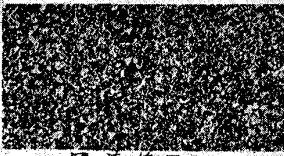
寫真第四十五
鋼番號 9 C N Cr
31 184 104
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



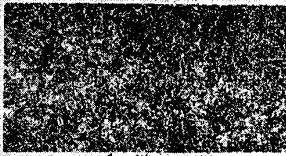
寫真第三十八
鋼番號 8 C N Cr
31 189 0
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



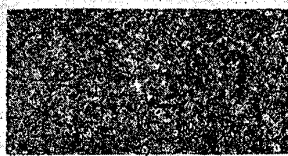
寫真第三十一
鋼番號 6 C N Cr
41 59 107
800°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



寫真第五十三
鋼番號 11 C N Cr
32 319 0
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



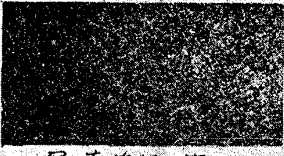
寫真第四十六
鋼番號 9 C N Cr
31 184 104
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



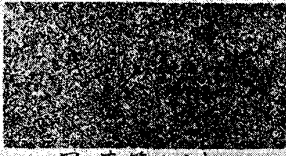
寫真第三十九
鋼番號 8 C N Cr
31 189 0
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



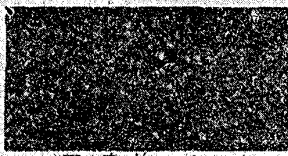
寫真第三十二
鋼番號 6 C N Cr
41 59 107
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



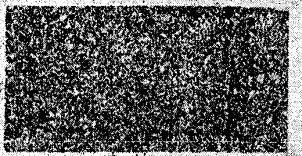
寫真第五十四
鋼番號 11 C N Cr
32 319 0
700°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



寫真第四十七
鋼番號 10 C N Cr
30 184 198
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



寫真第四十
鋼番號 8 C N Cr
31 189 0
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



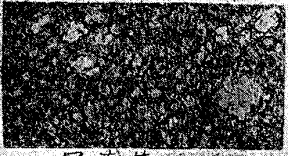
寫真第三十三
鋼番號 7 C N Cr
40 57 208
900°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



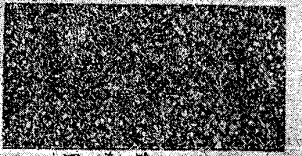
寫真第五十五
鋼番號 11 C N Cr
32 319 0
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



寫真第四十八
鋼番號 10 C N Cr
30 184 198
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



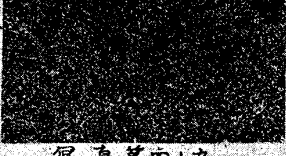
寫真第四十一
鋼番號 8 C N Cr
31 189 0
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



寫真第三十四
鋼番號 7 C N Cr
40 57 208
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



寫真第五十六
鋼番號 11 C N Cr
32 319 0
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



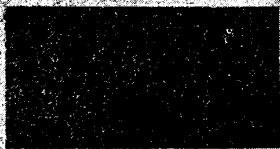
寫真第四十九
鋼番號 10 C N Cr
30 184 198
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



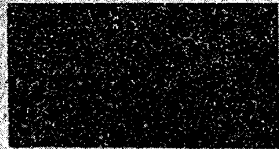
寫真第四十二
鋼番號 9 C N Cr
31 184 104
900°C x 1/2 油中冷却
ピクリン酸腐蝕 100X



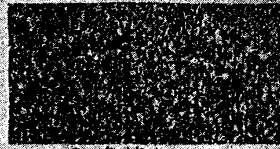
寫真第三十五
鋼番號 7 C N Cr
40 57 208
775°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 2分同腐蝕 100X



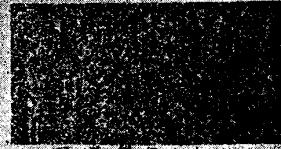
写真第七十八
鋼番15 C N Cr
24 339 200
950°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



写真第七十一
鋼番14 C N Cr
25 426 106
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



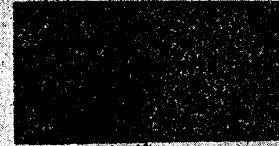
写真第六十四
鋼番13 C N Cr
26 424 0
900°C x 1/2 油中冷却
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



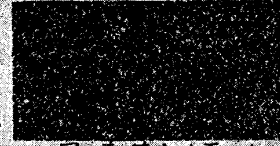
写真第五十七
鋼番12 C N Cr
30 401 200
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



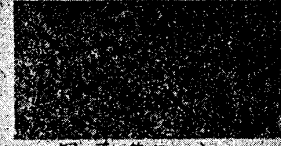
写真第七十九
鋼番16 C N Cr
17 522 0
鍛延休
0.7% 酸腐蝕 100X



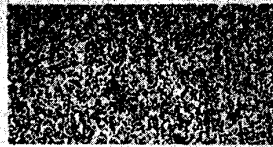
写真第七十二
鋼番14 C N Cr
25 426 106
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



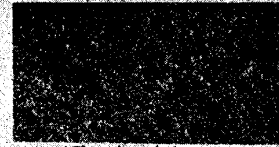
写真第六十五
鋼番13 C N Cr
26 424 0
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



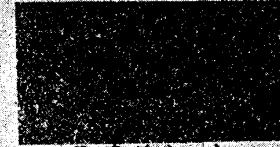
写真第五十八
鋼番12 C N Cr
30 401 200
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
0.7% 酸腐蝕 100X



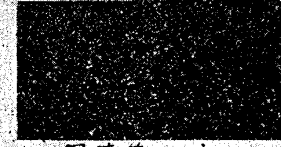
写真第八十
鋼番16 C N Cr
17 522 0
900°C x 1/2 油中冷却
0.7% 酸腐蝕 100X



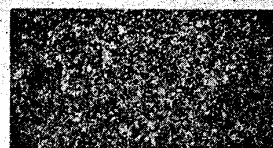
写真第七十三
鋼番14 C N Cr
25 426 106
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



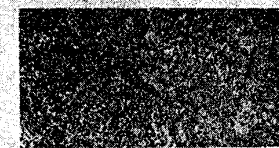
写真第六十六
鋼番13 C N Cr
26 424 0
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



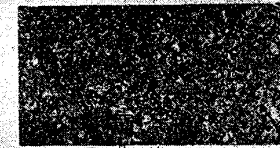
写真第五十九
鋼番12 C N Cr
30 401 200
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



写真第八十一
鋼番16 C N Cr
17 522 0
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
0.7% 酸腐蝕 100X



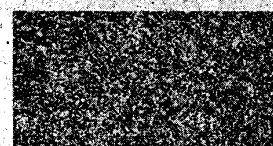
写真第七十四
鋼番15 C N Cr
24 339 200
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



写真第六十七
鋼番13 C N Cr
26 424 0
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



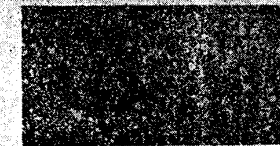
写真第六十
鋼番12 C N Cr
30 401 200
850°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



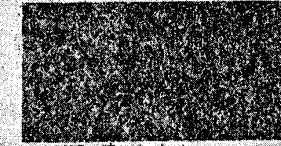
写真第八十二
鋼番16 C N Cr
17 522 0
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



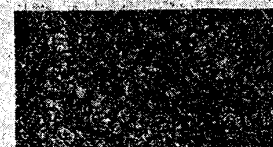
写真第七十五
鋼番15 C N Cr
24 339 200
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
0.7% 酸腐蝕 100X



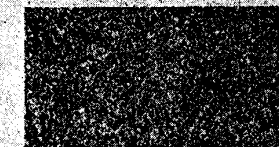
写真第六十八
鋼番14 C N Cr
25 426 106
鍛延休
0.7% 酸腐蝕 100X



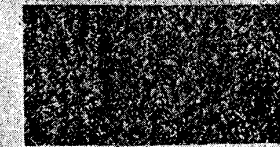
写真第六十一
鋼番12 C N Cr
30 401 200
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



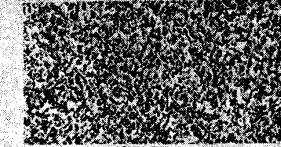
写真第八十三
鋼番16 C N Cr
17 522 0
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



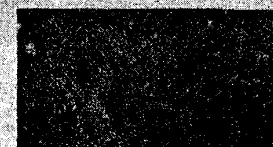
写真第七十六
鋼番15 C N Cr
24 339 200
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X



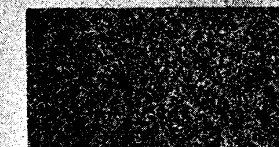
写真第六十九
鋼番14 C N Cr
25 426 106
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



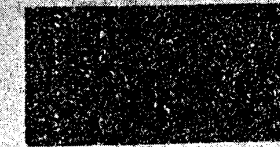
写真第六十二
鋼番13 C N Cr
26 424 0
鍛延休
0.7% 酸腐蝕 100X



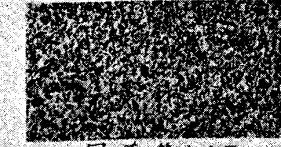
写真第八十四
鋼番17 C N Cr
20 522 102
鍛延休
0.7% 酸腐蝕 100X



写真第七十七
鋼番15 C N Cr
24 339 200
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 1分同腐蝕 100X

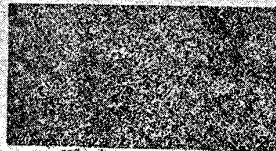


写真第七十
鋼番14 C N Cr
25 426 106
900°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
0.7% 酸腐蝕 100X

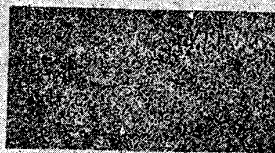


写真第六十三
鋼番13 C N Cr
26 424 0
900°C x 1/2 油中冷却
0.7% 酸腐蝕 100X

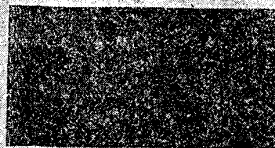
約二分一縮寫



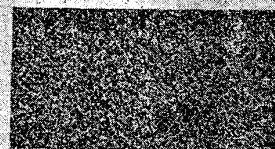
寫真第百
鋼番號 21 C N Cr
19 331 1245
950°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
10% HCl 10分同腐蝕 400X



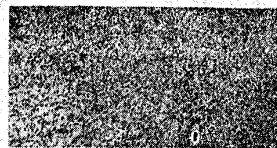
寫真第九十五
鋼番號 19 C N Cr
27 133 1242
900°C x 1/2 大氣中冷却
10% HCl 30分同腐蝕 400X



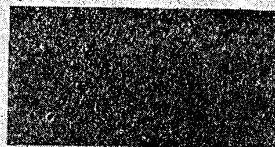
寫真第九十
鋼番號 18 C N Cr
17 568 178
900°C x 1/2 大氣中冷却
1% HNO₃ 1/2分同腐蝕 100X



寫真第八十五
鋼番號 17 C N Cr
20 522 102
900°C x 1/2 大氣中冷却
1% HNO₃ 1/2分同腐蝕 100X



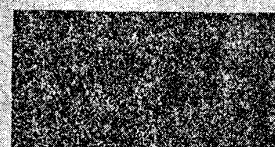
寫真第百一
鋼番號 24 C N Cr
16 911 1754
鍛造
10% HCl 5分同腐蝕 400X



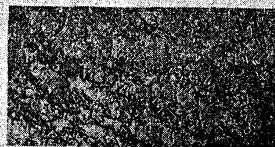
寫真第九十六
鋼番號 19 C N Cr
27 133 1242
950°C x 1/2 油中冷却
10% HCl 30分同腐蝕 400X



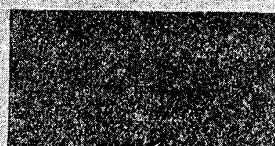
寫真第九十一
鋼番號 18 C N Cr
17 568 178
900°C x 1/2 油中 400°C 冷却
700°C x 1/2 油中冷却
ビツソニ酸腐蝕 100X



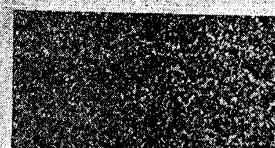
寫真第八十六
鋼番號 17 C N Cr
20 522 102
900°C x 1/2 油中 400°C 冷却
700°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 腐蝕 100X



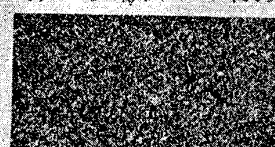
寫真第百二
鋼番號 24 C N Cr
16 911 1754
900°C x 1/2 大氣中冷却
10% HCl 40分同腐蝕 400X



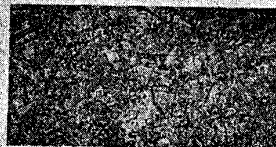
寫真第九十七
鋼番號 19 C N Cr
27 133 1242
950°C x 1/2 油中冷却
700°C x 1/2 油中冷却
10% HCl 30分同腐蝕 400X



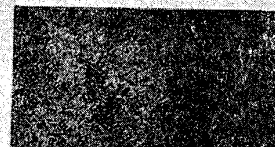
寫真第九十二
鋼番號 18 C N Cr
17 568 178
750°C x 1/2 大氣中冷却
1% HNO₃ 4/5分同腐蝕 100X



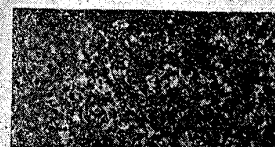
寫真第八十七
鋼番號 17 C N Cr
20 522 102
750°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 4/5分同腐蝕 100X



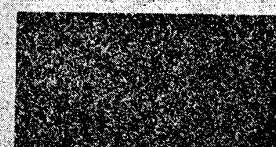
寫真第百三
鋼番號 24 C N Cr
16 911 1754
900°C x 1/2 大氣中冷却
10% HCl 40分同腐蝕 400X



寫真第九十八
鋼番號 21 C N Cr
19 331 1245
900°C x 1/2 大氣中冷却
10% HCl 10分同腐蝕 400X



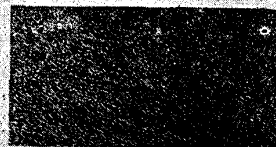
寫真第九十三
鋼番號 18 C N Cr
17 568 178
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 4/5分同腐蝕 100X



寫真第八十八
鋼番號 17 C N Cr
20 522 102
900°C x 1/2 油中冷却
1% HNO₃ 4/5分同腐蝕 100X



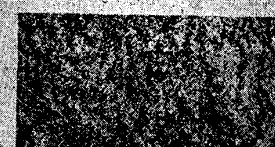
寫真第百四
鋼番號 24 C N Cr
16 911 1754
1200°C x 10分同水中冷却
10% HCl 腐蝕 400X



寫真第九十九
鋼番號 21 C N Cr
19 331 1245
950°C x 1/2 油中冷却
10% HCl 12分同腐蝕 400X



寫真第九十四
鋼番號 19 C N Cr
27 133 1242
鍛造
10% HCl 7分 - 2 活版 30分同
腐蝕 400X



寫真第八十九
鋼番號 18 C N Cr
17 568 178
700°C x 1/2 油中冷却
ビツソニ酸腐蝕 100X

約二分, 一 = 縮寫