

r = 電極の抵抗

I = 電流の強さ

(算例) 今 $l=50$ 吋, $S=400$ 平方吋 及 $I=2000$ アンペア なる時の經濟的電極の長さを求めんに

$a=0.01$ フラン, $r=0.0006$, $k=0.5$ 吋(各製造所の實驗値を用ふ), $d=1.5$ 及 $b=0.004$ フランとすれば

$$l = 50 + \sqrt{\frac{2000 \times 400^2 \times 50 \times 1.5 \times 0.5 \times 0.004}{0.01 \times 0.006 \times 2000^2}} = 1.91*$$

(未完)

◎ ニッケル鋼に就て

By Denison K. Bullens

ニッケル鋼 ニッケルは現今製鋼上合金として使用せらるゝ普通の金屬中、最初に用ゐられし元素なりとの稱あるは敢て過言にあらず。元來此の金屬を合金すれば、普通壓延せる構造用鋼に優る強度及靱性を鋼に附與するのみならず、之か調質法の如何に據りては鋼の特性を大に發揮せしめ其の價値を昂上し得るを以て、ニッケル鋼は冶金界に於て各種の合金鋼中首位を占むるなり。

然れども實際ニッケル鋼の使用に伴ひ發生する主なる困難は、往々薄片狀の組織を増長し割裂を生し易き傾向あること之なり。而も其の製造及壓延に留意し、過大なる熱體即ち地金を製することなく、地金の底部より三分の二に當る部分迄を完成品と見做し制限するときは、管狀の瑕疵竝に組織の分離は當然防遏することを得て、幾多の用途に適する優良品を生ず。

ニッケル鋼を適當に調質するときは、著しく良好の機械的性質を求むることを得、特に合金鋼中之に匹敵するものなく、亦表面健淬を施すに適せり。

強度及可延性 ニッケルは單に結合してセメントタイト狀組成成分の特質を強からしむるクローム並に滿俺の如き元素と異なり、鐵或はフェライト中に直接分解するを以て、鋼の強度及可延性に及ぼす効果大なり。今一例を示さんに自然狀態を爲せる普通ニッケル鋼の品質鍛鍊に適せるものに、ニッケル一乃至五%を加ふれば可延性を減することなくして、之に相當する純炭素鋼に比し抗張力並に彈性界に於て平方吋に付約四〇〇乃至六〇〇封度を増すに到るへし。且鋼の靜學的強度に及ぼすニッケルの此影響は、炭素含有量を加ふるに従ひ亦若干増大するものなり。又自然狀態に於ける鋼に影響するニッケルの効力を説かんに、炭素〇・二五%及ニッケル三・五%を含む鋼は、炭素〇・四五%を含む純炭素鋼に等しき抗張力と、割合に大なる彈性界及低炭素鋼の長所たる可延性とを有す。

調質に對する要件 他方に在りては一般に合金鋼使用の關係上、斯の如き鋼は單に軟過したるもの或は自然狀態の儘、之を用ゐず、調質の上必ず使用すべきことに注意せざるへからず。而して前記の操作を行ひたるものは純炭素に比ふれば、上述の如く多少の利益ありと雖、爲に往々増加せる費用を償ふに足らざることあり。然るに調質せるニッケル鋼は極めて著しく之か物理的性質を改進するの益あり、此の事實は調質したるニッケル鋼固有のフェライト及パーライト兩組織の緻密なる區分狀態の現示如何に關係する所多し。

ニッケル對臨界溫度 ニッケル鋼に關し生ずる所の最有益なる現象の一は、臨界溫度の位置に及ぼすニッケルの影響とす。ニッケルは炭素の如く鐵の同質異形的變質點を低下する性質を有し、而も反つて著しとす。曾て余は健淬の章に於て「急冷」と「炭素」とは、オーステナイトのマルテンサイト若くはパーライトに變質するを妨くる素因なることを述べしか、亦ニッケルも是等と同一の作用を爲す。然るにAr範圍を低下すれば、ニッケルの効果を收め得るか故に、冷却上の臨界溫度は氣溫以下にさへ達することあるへし。是を以て鋼を急冷せざるもニッケル及炭素含有量の多寡に依り、パーライト、トル

スタイト、マルテンサイト或はオーステナイトの組織を成せる鋼を求め得へし。故にニッケルを含む鋼は高温より緩徐に冷却し、爲に得たる顕微鏡組織に應し分類するを可とす。

ニッケル鋼の分類 第一圖には鑄造したるか、或は適度に高温より冷却したる場合に於て、ニッケル鋼の組織に及ぼすニッケルと炭素との含有比の影響を圖表せり。

パーライト狀の組織を成すニッケル鋼とは、其の臨界温度全く普通の温度以上に位するものを云ふ。之を以て高温より徐々に冷却すれば、 γ (オーステナイト) の組織を現はすへし。是等は普通に賣買するニッケル鋼にして、第一圖の下部三角形に示せるものに相當す。

マルテンサイト狀の組織を成すニッケル鋼とは、ニッケル及炭素含有量は冷却上臨界温度の位置を低下し、唯一部分の變質を行ふに過ぎざる程度に在るものをいふ。詳言すればオーステナイトはマルテンサイトの組織に變するも其の以上に達せざるなり、何となれば此の階級に屬する鋼は質硬きに過ぎ範圍内の低温にては其の以上に完全なる變質を起すを許さされはなり。此等の鋼は第一圖中央の三角形に示せるものに相當す。而して全然マルテンサイト狀の組織を成すニッケル鋼は到底加工即ち機械作業を施す能はさるか故に實際上の價値なし、之に反し炭素蒸を施さは炭素含有量の増加に依り、マルテンサイト狀の組織を現出し、若干パーライト狀を成すニッケル鋼を使用するは大に利益なり。

然れとも尙ニッケル、或は炭素含有量を増加するときは、冷却上臨界温度を氣温以下に低降せしむるを以て、斯の如き鋼をオーステナイト狀或は多面形組織のものとし區分す。

顕微鏡組織 今略同量の炭素 (0.25%) を含み、唯ニッケル量を異にし、自然狀態の儘なる鋼の組織を検するに、2% ニッケル鋼は之に相當する純炭素鋼と同一にして、稍々細かに且均齊なるのみ。

5% ニッケル鋼は尙之より細かにして、緻密の組織を現はしパーライトは鮮明に現はれ、分布亦均

齊なり。

七%ニッケル鋼は其の組織にフェライト及パーライトを現はすと雖、之か分布状態を異にし、恰も變質點附近の温度に於て分布したる如き觀あり、且稍々マルテンサイトに似てOrientateの傾向を認む。

一〇%及一二%ニッケル鋼は共に全部マルテンサイト狀の組織を現はせり、而して一五%のニッケル鋼に在りては、マルテンサイト組織中に著しく白色の組成分を現はし、恐らくオーステナイト初期の狀態に髣髴たり。而も後者は二〇%ニッケル鋼に著しく現出し、多面形狀を成せり。又二五%ニッケル鋼に至りては、全體にr鐵特有の大なる多面形の組織を呈するなり。

ニッケルの増加に伴ふ物理的性質 炭素〇・二五%を含み、ニッケル二%乃至二五%の範圍に涉る各種鑄造ニッケル鋼の物理的性質を試験し、之を第二圖に圖解せんに、曲線の進行方向に唐突として生したる變化は上方の横座標に示せる學理的組織と密接の關係を有し、且是等の同一なる物理的性質は各種ニッケル鋼即ちパーライト、マルテンサイト及オーステナイト等の組織を成すものゝ重要な特質にして、之を抗張力、可延性、延伸、及衝擊に對する抗力にて表はしたり。

パーライト狀組織を成す鋼の臨界温度 五%乃至七%以下のニッケル鋼は、ニッケル一%毎に加熱上に於ける臨界範圍(A_{cl})を華氏一五度乃至二〇度低下し、又A_{cl}範圍(冷却)は華氏約三〇度乃至四〇度を低下し、ニッケルと同量の炭素及滿俺を含む純炭素鋼の相當温度よりは低しとす。

第三圖は種々炭素量異なる三%ニッケル鋼に對し、研究したる結果に基づき注意を加へ作製せる圖解にして、其の曲線に就き檢するに、加熱上に於ける臨界範圍は之に相當する純炭素鋼より華氏約六〇度低下せることを知り得へし、然るに極めて炭素量少なきものは、A_{cl}曲線に延長するの傾向あるか如し、而も此の現象はニッケル五乃至七%を含む鋼に對する結果に據り全く眞實なりと認めらる。

又炭素含有量ユーテクトイド比(〇・九%)を超過すれば、Ar 範圍は(圖解に示さす)頗る迅速に其の普通値以下に降下し始むるなり。之れ當然是種の鋼に對する炭素の増加は、ニッケルの増加に酷似する状態に作用する事實より豫期することなり。

今ニッケル鋼に採用すべき Acl 及 Ar の範圍に近似する温度を示せば、次の如し。

ニッケル含有量%	Acl(華氏)	Ar(華氏)	ニッケル含有量%	Acl(華氏)	Ar(華氏)
〇	一三四〇	一二八〇	二・五	一二九〇	一二八〇
一・〇	一三二〇	一二四〇	三・〇	一二八〇	一二六〇
二・〇	一二〇〇	一二〇〇	三・五	一二七〇	一二四〇
四・〇	一二六〇	一一二〇	六・〇	一二二〇	一〇四〇
四・五	一二五〇	一一〇〇	七・〇	一二〇〇	一〇〇〇
五・〇	一二四〇	一〇八〇			

然るに Acl の温度は鋼の性質に據り著しく變化することを忘るへからず、而も上記の温度は實際に求めたる平均數なれば、如何なる場合に於ても其の誤差は華氏正負二五度を超へざるへし、之に反し Acl 温度は尙均しく大なる變化を生し易し、何となれば加熱上與へたる最大温度、加熱及び冷却に要する時間、炭素含有量の多寡其他實驗上の條件は、悉く Acl 温度の位置變化に影響すればなり。

上表の數字と三%ニッケル鋼の臨界温度圖解とに據り、ニッケル鋼の健淬は之に相當する純炭素鋼に對する温度より、著しく低度に實施すべきことを知るへし。

ニッケル鋼に對するユーテクトイド 純炭素鋼に對するユーテクトイド炭素比の値は〇・九なりと雖、鋼に少なくともニッケル七%迄を添加するときは、稍々其の値を低下すべき效果を出す、詳言すれば三%ニッケル鋼の炭素を含むこと〇・七五乃至〇・八〇%なるときは、之を緩徐に冷却するも、過分

のフェライト或はセメンタイトを有せされは單に融和するに過ぎず。之を以て七%ニッケル鋼に於けるユーテクトイドの比は炭素約六%に相當するか如し、而も此の事實は表面健淬作業に重大なる關係を有す、同作業に在りては表層の硬化に要する炭素を最大限に回收するを主眼と爲すか故に、之か炭素蒸を行ふ時間は縱令二、三秒時たりとも、決して所要以外に持續するを許さざるのみならず、若し Enfoliation を起すか如き虞あるときは、反て炭素量を減すればなり、

パーライト狀ニッケル鋼の調質　パーライト狀組織を成すニッケル鋼を加熱するときは、全く普通の純炭素鋼と異なる二、三の極めて興味ある現象を呈すと雖、何人も當然パーライト狀ニッケル鋼の取扱には、普通炭素に對すると類似の要領に據り實施し差支なきものと推定すへし、換言すれば若し高溫度に於ける加熱時間にして鋼の前に保持したる成分を全く熔融して之を普く全體に分布し同質の鋼たらしむるに充分なるときは上部臨界範圍を稍々超過したる溫度に於て健淬すへきものとす。又炭素鋼に對すると同しく適當の健淬溫度に於て長時間加熱せんよりは尙迅速に等質なる鋼を生するか爲、之より一層高溫度を以て加熱するを可なりとすへし。而も若し此の嶄新にして且上昇溫度に依りニッケル鋼を加熱し、粒の大きさ其の他の膨脹を惹起することあるも、此の高溫度健淬に次き直に適當溫度の健淬を行ふときは爲に鋼に著しき損害を與ふることなかるへしと思惟するか常なり。然れとも純炭素鋼に在りても之を上部臨界範圍を少しく超ふる溫度に加熱すれば、直に組織の變化を生するは一般の規則にして、尙之より高溫度に加熱すれば、鋼の組織は益々粗鬆と成り、脆性を招くなり。之に據り鋼に及ぼすニッケルの影響は健淬溫度竝に加熱の時間に關し、是等一般の規則を多少變更するか、或は簡易に改むるの必要あるか如し。

先づ鋼にニッケルを添加するときは、フェライト或はセメンタイトの熔態と成り、全體に等質の鋼を生すること、普通の炭素鋼に比ふれば稍々緩徐なる觀あり、例令は中位の炭素成分を有し、ニッケル

四乃至五%を含む鋼を採り、臨界範圍を超ふること華氏約五〇度の溫度に於て加熱し之を健淬するときは、其の變質狀態往々不完全にして、マルテンサイト組織は均齊に分布せざるか、或は等質ならざることあり。

要するにニッケル鋼の通性とし多少劇烈なる操作即ち加工を受けたるか、或は過低の溫度に於て仕上げられたるか、若くは稍々高溫度に於て長時間の加熱に服し爲に瑕瑾の伴ふものに對しては以下記述する四方法の何れかを實施するを有利とす。

- (1) 必要なる變質を生すへき適當の健淬溫度に長時間加熱し、次て急冷すること。
- (2) (1)より稍々高溫度に加熱し直に急冷すること。
- (3) 稍々高溫度に加熱し、少しくAr溫度を超ふる迄冷却したる後健淬すること。
- (4) 稍々高溫度に健淬するか、或は空氣冷却に附したる後、次て少しくAc範圍を超ふる溫度に正しく再加熱を施し、急冷すること。

是等の方法に關しては尙詳述すると同時に、ニッケル含有量の多少に據る鋼の特性を示すへし。若し普通の炭素鋼を稍々少しく臨界範圍を超ふる溫度に著しき時間加熱すれば鋼其のものの靜學的及力學的強度を相當に減すると共に粒の大きさは増大するに到るへし。之に反し炭素鋼に對すると同一の溫度及時間を以てニッケル鋼を加熱するときは、パーライト及フェライトの粒狀組織は依然殘留し、特に緩徐に冷却すれば尙細粒と成りて均齊に分布し、炭素鋼に比すれば之か組織の區分判明し多く現はる。是の特性あるに依り、之と同一時間加熱したる炭素鋼に現はるか如き、著しき損壞を鋼に與ふることなきか故に、(1)に示す如く長時間加熱するも差支なきなり。然れとも斯の如き取扱は商業上より察し、大に調質工場の製造能力を減す、從て其の費用嵩むか爲に不經濟たるを免れず。

又上部臨界範圍を超へたる溫度に於て、多少長時間加熱せしか爲に鋼の脆性を増大することも、普

通の炭素鋼に比ふればニッケル鋼は著しく少なり。此の事實は二%のニッケル鋼と、同量の炭素鋼との比較試験に於て純炭素鋼の示せし次の成績に徴すれば了解するを得へし。

加熱時間(華氏一八三〇度)	規定の加熱時間	普通の極軟鋼	
		衝擊に對する抵抗力	ニッケル二〇%を含む軟鋼
四時	四時	二〇・珐	六〇珐(破碎せず)
六時	六時	四・五珐	六〇珐(同 右)
		四・〇珐	六〇珐(同 右)

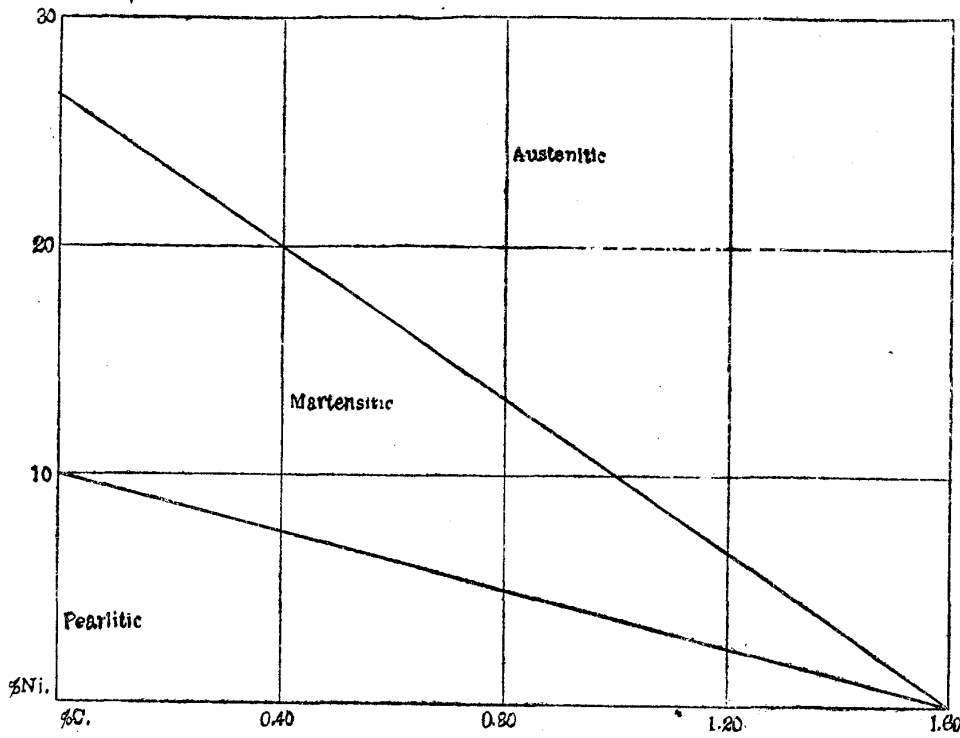
(ギレー氏の手抄に據る)

若し鋼を全く等質ならしめんことを期し、而も稍々低き若くは學理的の溫度に於て長時間加熱するを避けんには少しく高溫度に加熱し直に急冷するを必要とす、斯の如き作業法は純炭素鋼に生し易き脆性を増す患なくして操業し得ればなり。

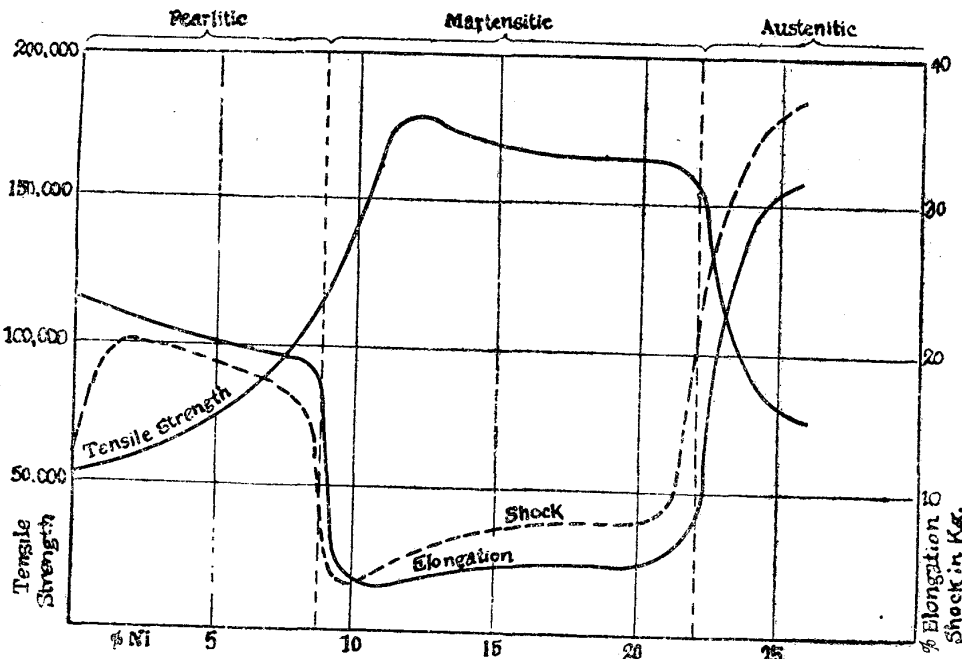
斯くニッケル鋼を高溫度に加熱するの要あるは是認せらるゝと雖、其の同一高溫度より之を急冷するは、單に健淬の目的に出てたりとせば、良品を求むる基點より論し少しく理論に適せざる法と言はざるを得ず、何となれば如斯き高溫度の健淬には必ず割裂及反歪の危險に遭逢するを以てなり。加之此の種類の鋼を冷却するに、之か上部臨界範圍 A_{r3} に達せされは、鋼の分子排列に變化を起さざるは一般に認むる所なり。今果して之を眞なりとせば、吾人は前記(2)の作業法を改め高溫度に加熱したる後、先づ鋼を稍々 A_{r3} の範圍を超ふる溫度迄冷却し、次て(3)に示す如く健淬することとせん。然るときは在來の高溫度加熱より生ずる利益を悉く保留すると同時に、割裂及反歪の虞を減すること著しとす。且ニツル鋼冷却上の臨界範圍は純炭素鋼と比較し遙かに $\downarrow$ 範圍の下位に在るを以て此の健淬溫度は相當に低しと謂ふべきなり。

此の方法に就き提出せらるべき異論は、正しく A_{r1} の範圍を超ふる溫度より健淬するも精確に其の

第一圖 鑄造せしニッケル鋼の組織に及ぼす炭素成分の影響



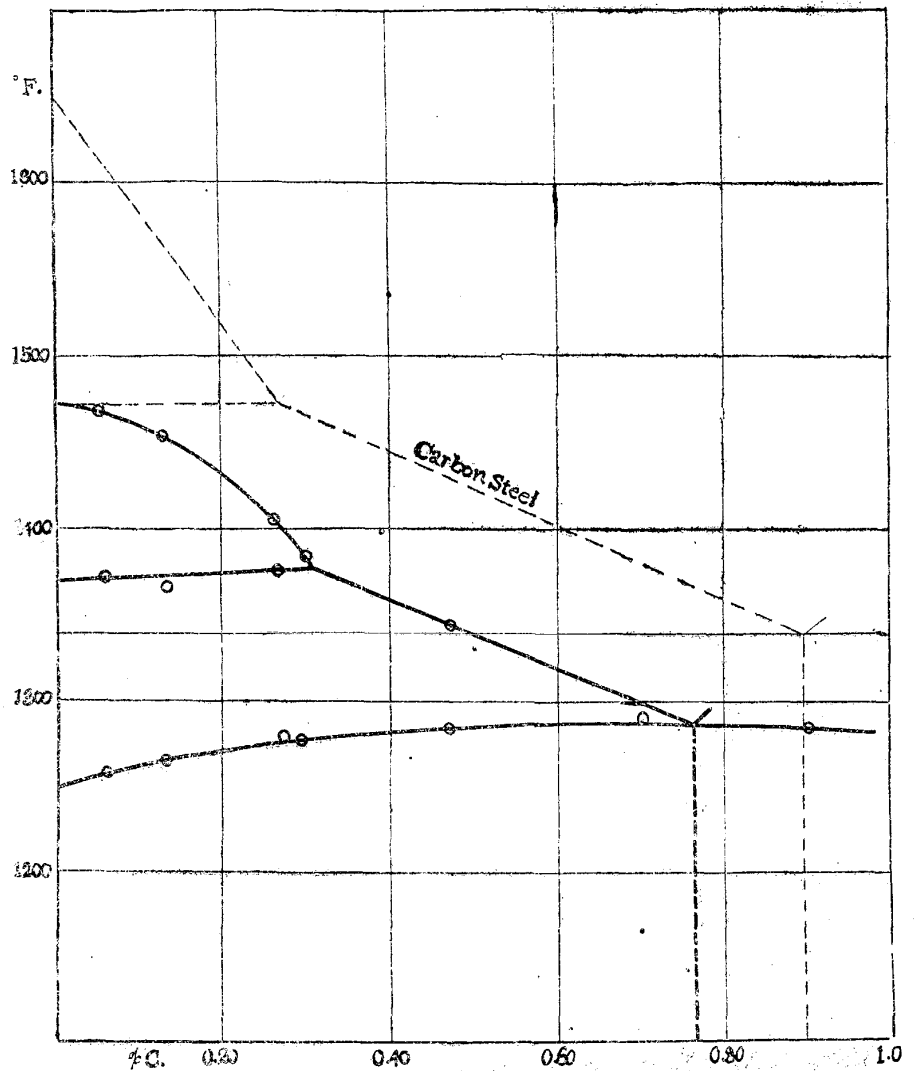
第二圖 炭素含量にむくニッケル鋼の物理的性質の比較



ときは、第一の故障は全く除去するを得るなり。亦第二の故障たるや、一般に低炭素鋼の調質は適當なる強靱性を有し、全く脆性を帯びざるものを求むる目的に外ならざれば、必しも常に最大硬度を要せざる事實に依り支配せらるへし。

温度を測定するか、或は鋼の炭素量少なからされは、之か健淬の効果最大ならざるへしとの説なり。然るに第一の故障は適當なる温度の調整に依り之を防ぐを得ん、即ち健淬温度甚しく下降し爲に其の効果に差を生ずることあらは、其の後に到り鍛造品或は完全に調質せられたるものと成る迄には低温度の軟過を施し之を矯正するを得へし。亦他の精確なる方法例へは二爐装置の如く、一爐は高温度を維持し、他の爐(其の後に鋼を收容すべきものは)は、範圍を少しく超へたる温度を維持する式に據る

第三圖 ニッケル鋼の加熱温度變化



上叙の説を單言すれば牽引試験を行ふ場合に於て、同一の機械的性質は極めて高温度に健淬したる鋼のみに限らず、低温度健淬のものより得らる。而して(3)と(2)との取扱法を比較するに機械的性質に關する是等の成績全く同一なるを以て、鋼片の強度大なるより寧ろ脆性を帶ひざるを有利とす。

然れども(2)並に(3)記載の取扱法に據り孰れも生ずる甚たしき故障は、若し鋼を不當に長時間加熱すれば脆性を増長し易きことなり。而もニッケルの存在は如斯き状態に陥るを減する傾向ありと雖、高温加熱の結果は必然粒の大きさを膨脹なましめ、從て粗鬆なるマルテンサイト組織は鋼の強度を概して減殺するに至るへし。今假りに著しく上部臨界範圍を超へたる温度を必ず用ふべきものと推定すれば、從て生ずる若干の惡結果は加熱及冷却を反復し全く之を除去し得るなり、而も鋼は斯の如き高温度に加熱せられたる利益を享くへし、詳言すれば鋼の原組織は眞に極惡ならず、或は調質に據り完全の組織を得んとする目的にあらざれば、高温よりA範圍の下位なる温度に、其の鋼を冷却(急冷にあらす)するに、之に及ぼす高温の影響を作用せしむるか爲には次て

稍々上部臨界範圍を超へたる溫度に再加熱し直に急冷すへし。斯の如き健淬法は大に費用を費すと雖、空氣冷却に附したる後單に健淬するか、或は再健淬を施すとを問はす其の結果良好なればなり。嘗て此の法に就き炭素鋼に關し論議せられしか、之か影響略パーライト狀を成せるニツケル鋼に於けると同一なるか故に、既に之を論するの要なきなり。

要するに佳良なる健淬の効果を收めんか爲には、(1)、(2)、(3)に掲けたる取扱法は普通商業上の作業法と爲すに足り、就中(1)及(3)を可とす。(4)は費用の關係上顧慮する所なくんは亦採用するも差支なし。

加之多くの場合に於て稍々上部臨界溫度(725)を超へたる溫度に於て、全く均齊に鋼を加熱したる後、直に其の溫度より規則正しく急冷すれば一般に良結果を齎らし、特に小物の作業に適するなり。余はニツケル鋼の調質に關し往々遭遇することある困難を明細に説かんとし、爲に少しく冗長に涉りし傾ありと雖、一言にして之を蔽へはニツケル鋼の取扱上安全にして且一般に確定せる原理は常に最低溫度に健淬するを有利とす。

又パーライト狀を成せるニツケル鋼の反淬及軟過に就きては、恰も純炭素鋼に對する要領と同一にして、更に後日之を詳述すへし。最(T.O.)

◎戦争と米國の製鐵事業

セーラーフレザー商會

戦争中の戦争と云はれて居る歐洲大戰は、今や其最後の恐ろしい段階に到達しかゝて居ります、人道の壓制力を打亡ぼすべき此死ぬか生きるかの大闘争に歐米各國民の注意は今や益々此闘争に集中して居ります。其れて勢ひ此闘争と直接關係なき問題に國民の注意を集める事が困難になつて參