

524

23

合金鋼の製法及び用途
一三三



始



205-374



合金鋼の製法及び用途 (其二)

大正五年六月發行

發行所寄贈本

鐵道院總裁官房研究所

大正
12. 10. 25
製本

○合金鋼の製法及び用途

(E. I. Feb. 19, 1916)

最近米國內務省鑛務局は標題の如きヘンリー、デー、ヒツバード氏の報告を公にせり。其の目的は普通用ふる各種の合金鋼の製法及び用途に就き、現に占め居る處の價值を略述して、其の需要を獎勵し之が利用の途を擴張し併せて之に依りて、米國に産出する處の鑛物の精鍊並に利用の能率を増進せんとするに在り。各種の鐵道用合金鋼の供給及び價格に關し、目下の趨勢より觀て該報告は明かに知識開發上の價值以外に多大の興味あるものなり。

合金鋼は、鋼を基とする各種の工業に絶えず革命を起しつゝあり、而して多量に得らる可き種々の原素の多くは、此有用なる合金鋼を得んが爲め單獨に、若くは他の原素共々に種々の割合にて、鐵に合せられつゝあり、此處には其の中現に常用せらるゝものに就きて述べんとす。尤も是等の鋼の中には他日尙ほ優良なる合成鋼の出現するならば、當然其の需要を失ふべき一時的命脈を有するものもあるなり。有效なる合金鋼を造り得たるは、恐く千八百六十八年に特許を得たるムセットセルフヘドニング自硬タングステンツイン工具鋼を始なりとせん。其の後十五年にしてクローミアムを含有せるクローミアム鋼漸く出現するに

至りたるが、こは主として装甲板を貫通すべき榴弾の製造に用ひられたるなり。而して右兩種の鋼の使用上に於ける合成原素の効力は、先づ其の含有量に比例せり。千八百八十二年、ハッドフィールド氏はマンガン鋼を發見して、一新紀元を劃し鐵冶金學上鐵と他原素とより成る、合金の性質に就ては過去の經驗及び知識に信頼してこれを決するの危險なること及一合成原素の及ぼす効果は、必ずしも其の含有量に比例するものにあらざることを證明せり。其の後數年にして、有用なるニッケル鋼の出現するあり斯くの如くして漸く開拓せられたる鋼冶金界は、爾來多くの熱心なる斯道者の努力に依り頗る重要な結果と價值とを呈するに至れり。

○定義

本編に用ふる術語の意義は次の如し。

單一鋼とは、一に炭素鋼とも稱せらる、主として鐵及少量の炭素並にマンガンより成るものなり尙

ほ他の原素をも含むことあるも是等は鋼の生成上、必須のものにはあらざるなり。

合金鋼とは、炭素以外に幾種の原素を、多量に含有せしめ鋼の有する特質の一部を確實に増進せしめたるものなり。

單一合金鋼とは、一種の合成原素を含有せる合金鋼なり。例へば單一ニッケル鋼の如し。

三原素鋼とは、一種の合成原素を含有せる合金鋼にして、單一合金鋼と同義なり。

四原素鋼とは、二種の合成原素を、含有せる合金鋼なり。例へばクロミウム、ヴァナヂウム鋼の如し。

複成鋼とは、二種以上の合成原素を含有せる合金鋼なり。例へば高速工具鋼の如し。

合金狀鋼とは、鋼の缺點を補はんが爲め單一鋼に一種以上の合成原素を加へたるものなり。但し少し位其の適量を超過するも單一鋼を變じて、合金鋼と爲すに足らざるものなり。

生鋼とは、鑄たる儘の鋼なり、素鐵、若くは鑄物に同じ。

自然鋼とは、高熱加工を施したる後、大氣中に放冷せし儘のものなり。

均等鋼とは、多數の材料を同一の状態と爲すべく適當の加熱處理を施したるものなり。

焼鈍鋼とは、焼鈍作業を施したるものなり。

硬化鋼とは、硬化温度以上の温度より急冷して、硬化せしめ得るものなり。

淬硬鋼とは、一度硬化せしめたるものを用ひ、低度に加熱し淬硬せしめたるものなり。

以上は、「鋼は利用に耐ゆる程の鍛性を有すべし」と謂へる鋼の一般定義に基き定めたるものなり、合金鋼の定義には、消極的換言すれば鋼に有り勝ちなる缺點を芟除するの作用を含まず、又鐵合金は單一鋼に望むべからざる或る有用なる性質又は變質を呈せざる限り之を利用に耐ゆるものと認めず。

上述せる合金鋼の定義は、鐵と炭素以外の原素との混和に關する多くの學者の定義と同じからず。然

れども之等の原素の凡ての範圍——即ち總ての有用なる合金鋼のみならず、鋼類の缺點を補ふ爲め合成原素を加へたるもの及單に學術上の趣味を有するに止まるもの迄全體——に互りて熟慮を拂ひたる上彼の硅素鐵合金又はクロームヴァナヂウム合金を合金鋼なりとせる幾多の學者の定義とは合致せり。炭素以外の原素も亦鋼に入用なり、されば次記三種の目的を以て之を鋼に加へ、又は鋼内に殘留せしめらる。(一)單一鋼に所要の成分を與ふるか、若くは其の製品の缺點を補ふ爲め。(二)合金鋼を造る爲め——此場合に加ふる原素は、マンガン、硅素、タンゲステン、ニッケル、クロミウム、ヴァナヂウム、コバルト等にして其の他に餘り效用の大ならざるものもあり。(三)單に科學的興味を惹くに過ぎざれども鐵冶金界の殆んど全部に互れる各種の合金を造る爲め——是等の合金中には其の效用、價格若くは兩者に於て、他に一層適當なる合金の發見せらるゝことなかりしならんには亦實用上の價值ありと認むべきもの少しとせず。

鐵に、マンガンを種々の割合に加ふることは、以上特記せる合金の三種の目的を能く説明するものなり。即ち酸化法(オキシド・プロセス)法(ニュー・マチック・ハース又はオープン・ハース)によりて造れる溶鋼にマンガン〇・一二%を加ふるは赤熱弱を防止するためなり、二、一割一分乃至一割四分のマンガンを含む所のものを造るため、更に多量のマンガンを使用す、三、右の限界外に於ても、マンガン鐵合金は多數に造らる。尤も其の多くは、單に學術上の價值を有するに過ぎざれども中には亦漸次新要求と、適當なる製

法及び處理法の現はるゝに従ひ、其の用途の擴張せらるゝものも尠からず、斯の如くして通常製造せらるゝ單一鋼は、マンガン一、五乃至二、〇を含むに止まるなり、特種の用途に對しては一%迄を含む所のマンガン鋼も製出せらるゝ、然れ共現時の鋼は大抵右の量を越えず。

鐵と、他の原素とを種々の割合に、混合して製産し得べき合金は、勿論無數なり其の内には有用なる合金も亦甚だ尠からず存在すれどもこれを全體と比較するときは、眞に其の一小部分たるに過ぎず。尤も此處に有用鋼と謂ふは専ら前記の合金鋼中合成原素が直接に、積極的に、又有效的に製品の性質を變化し得るものに限らるゝなり。

○有用なる合金鋼の名稱

左に、八種の合金鋼を、其の出現の年代に従ひて列記す。何れも上述の要求に合格するものなり。

(一)單一タンゲステン鋼 (二)單一クロミウム鋼 (三)マンガン鋼 (四)單一ニッケル鋼

(五)ニッケル、クロミウム鋼 (六)硅素鋼 (七)高速刀具鋼 (八)クロミウム、ヴァナヂウム鋼

第一乃至第四及び第六は三原素鋼にして、第五及び第八は四原素鋼、第七は複成鋼なり。是等の鋼の中には其の結末性質に、著るしき影響を及ぼさざる程度に於て其の熔融中少量の原素を加へて之を純化し、若くは緻密ならしめ得るものあり。即ち少量のチターニウム、アルミニウム、又はヴァナヂウムを、クロミウム鋼又はニッケル鋼に加ふるも是等の元素は最後の分析表には、殆んど現はるゝことな

さが如きこれなり、斯の如き結果は合金狀鋼に於てこれを了解するを得べし。

○合金狀鋼

總て酸化法に依り鋼を造るときは其の内に過量の酸素若くは酸化物を混有又は溶有するものなれば鑄造に先ち是等の含有物を無害の程度迄減少する方法を採らざる可からず。即ち鋼が尙ほ熔融温度に在るとき酸素との抱合力鐵よりも強大なる原素を加ふ、然るときは酸素は鐵より遊離して該素と結び付き、鐵に不溶解なる新成生物となり、終には沈澱して一所に集まり、金屬より遊離するに至るなり。斯かる未成の鋼は亦幾分の瓦斯を溶解す、瓦斯溶解せずとせばその鋼の凝固せんとするとき一部は金屬より離散し、他の一部は金屬中に閉込められて、通常泡痕ブローホールと稱する泡孔を生ぜざるを得ず。然るに混用原素中の或るものには瓦斯の離散を妨ぐるの作用あり、又大なる素鐵インゴット、或は鑄物等には其の上方面中心部に沿ふて一部の成分を析出せしめんとする有害なる傾向あり。是等の缺點を除き、又は滅却する爲め有效なる原素は、マンガンを第一とし、硅素、アルミニウム、チターニウム、ヴァナヂウム等之に次ぐ。但し以上の方法は鋼の缺點を補ふ實際上の價値を有するものなれども、其の效力たるや寧ろ消極的のものにして鋼の缺點の一部若くは全部を除去するに過ぎざるなり。

是等の加用原素は鋼の缺點を補ふに足る丈けの量にて勿論充分なるも其の鋼の製作上、免れ難き不確實と不規則とを顧慮し、多少餘分に之を用ふるが故に之に依りて生ずる加用原素の過剰量は鋼の結末さきのものなり。

性質に、若干の變化を及ぼすことあるも、これは未だ其の鋼の性質を變じて一種の合金鋼たらしむる程にはあらざるなり。斯く處理せられたる鋼は尙ほ單一鋼たるを失はず其の合成原素の過剰なるため何等實用上重要な新性質又は變質を生じたるにあらざれば、斯かる金屬は之を合金狀鋼と見做す可きものなり。

○合金鋼の用途

二三例外を除く其の場合に在りては合金鋼は總て、加熱處理を施し使用せらる、是れ合金鋼が有し得べき最良の物理的性質を生ぜしむればなり。合金鋼の加熱處理の效能に就きては一般的の法則を設くる能はず。高熱より急冷するとき或鋼は硬化し、或鋼は軟化す。而して後者は一般に合金原素の

或物を、多量に含有するに基くなり、されば加熱處理の效能は各鋼に就き別々に攻究すべきものなり。合金鋼の製法、鋼の加熱處理法、此の兩者は過去三十年間並んで發達し來れり、双方の長所を彼此混同せざる様注意肝要なり。最高の利益は兩者の長所を共用するにあり、換言せば加熱處理を施せる合金鋼を使用するにあり。概して、加熱處理の發達は合金製造上の發達よりも鋼の優良なる性質を發揮せしむる上に貢獻する處多かりき。

此處には合金鋼を、ストラクチュラル構造用、カッティング切離用及び電氣用に就て論ぜんとす。構造用に使用するものは橋梁、建築物、車輛の如き構成物マシニングツール（カッチングツールを除く）装甲板、船舶、磨滅又は腐蝕に抵抗すべき地金及び線（電線を除く）その他切離用、電氣用以外の用途に供せらるゝ總てを含み、切離用鋼は刃を造るに用ふるものと、戰闘用の砲彈を造るに用ふるものを含む。而して電氣用とは主として、マグネットコア用の鋼、非電磁性の物品、竝に電氣抵抗用器具なり。

上記の用途二以上に對し實用上適當なる鋼は無し、尤も或種の鋼の如きは他日一層優良なる鋼の現はれざる限り他の特別なる用途に供するを得べし。即ち可なり良好なるカッチングツール用鋼は、或種の硬質なる構造用の鋼を用ひて造り得べく、又可なり良好なるマグネットは、或種のツール鋼より造り得べし。合金用元素の合金鋼に及ぼす効果は一樣ならず、例へばニッケルは抗張性よりも弾性限界を増し、クロミウムは、グエンザド急冷鋼の硬度を増し、マンガンは電磁石の感受性を失はしむるが如し。

而して總て斯の如き効果は相當用途に對しては夫々價值を有するものなり。

○合金鋼の製法

合金鋼は、各種の脈搾氣法ニユーマックプロセス、酸性若くは鹽基性開爐法ペーシックオープンハースプロセス、電氣爐及び坩堝法等何れの方法に依りても之を造ることを得べし、然れども實際にありては製品を満足に造り得べき最廉の方法を採るべきこと言ふ迄もなし。總て合金鋼の素鐵及び鑄物は緻密に造り瓦斯を充分排出せしめざる可からず。緻密とは瓦斯孔の無き謂にして製品の丈夫なるべき爲には、一般に必須なる要件なり。蓋し合成元素の多數は何れも鋼の鍛接を妨ぐるものにして、素鐵中の瓦斯泡孔は加熱加工中にも皆鍛接し得ざるに至るなり。之が爲め其の表面に近き分は、熱の爲めに剝落を生じ或は又鍛冶及展延に伴ひ外方に開口し、空氣に觸るゝに至りて、次第に内部に酸化作用を起し、シム緻密を造るに至るものなるが、特にクロミウム及びニッケルは他の合成金屬よりも一層甚敷く鋼の鍛接を妨ぐるものなり。

素鐵を鑄造するとき其の大なる方の端を上によれば素鐵に於けるパイプを縮む。又鑄物を横より壓縮するか或は素鐵を其の殘部が固結する迄、其の頂部を溶融状態にあらしめば同一の成績を見るを得べし。

以上の方法を用ひざる場合には有害なるパイプを避くる爲め、素鐵の頂部を不用分として豊かに切捨てる可からず、然れども往々或る程度迄は鋼に氣孔を有するも差支なきことあり、其の程度は勿論

用途に由り定まるものなれども、中にはパイプを有する鋼を便利なりとし又パイプの在るべき處に丁度穿孔を要するものもあり、是れ大なる物品を加熱処理するに當り往々便利なる方法として施行せらるゝ所なり。

○構造用合金鋼

構造用鋼の用途は既に述べたり、此等の用途は或程度迄鋼に對し何れも共通の特性を要求するものなれば、構造用鋼の性質も或る程度迄は一括して之を述ぶるを可なりとす、是等の鋼は、種々の用途に對する構造物を造る上に、大なる進歩を爲したるが、重量を軽減し又は強度を増加し、若くは其の兩者を要する場合に於て殊に然り、而して其の最も顯著なる例は云ふ迄もなく自動車製造にありとす。加熱処理を施したる合金鋼は、從來使用せし單一鋼の二倍乃至三倍の強さを有し且つ一層安全なるを以て、次第に其の需要を増加して今や秩序的に、且最も有效的に使用せらるゝに至れり。構造用合金鋼は他の合金鋼と同様其の優越なる性質の一部を、其の合金元素の存在に歸せども其の大部は、加熱処理の効果に歸すべきものなり。自動車に加熱処理を施さゝる合金鋼を使用するは誤まれり。蓋し自然鋼の儘即ち加熱処理を施さずして之を用ふるは、價格を増進するのみにて得る所甚だ小なればなり。之れを以て自動車の各部の如く餘り嵩張らず、又重からぬもの、製造に供する構造用合金鋼は總て加熱処理を施して後ち使用せらるゝ、然れどもニッケル鋼軌條、又はニッケル鋼橋梁材の如き、大形

の物は加熱処理を施さずして用ひらる。此の場合に於ける利益は單に合金元素に因る強度と靱性との増加に過ぎざるなり。重量並に容積の大なる鋼製品は其の加熱処理困難なるを以て、未だ一般に合成鋼を之に利用するに至らず。蓋し是等の物は可成均等に加熱し、又均等に急冷するを要し、且つ急冷作業は如何に注意して行ふも、通常多少の歪と、振ツイストとを生ずるが故に冷却後更に整形する等種々困難なる作業を要するが爲なり。然れども是等の困難に應ずるの方法は早晚案出せらるゝこと勿論なるべく軌條又は合金鋼橋梁材の如き物も、終には加熱処理を施して秩序的に使用せらるゝに至るべし。装甲板の如きは如何に大なりとするも其の形状簡單なるが故に、甚しき歪を生ずることなく急冷するを得べし。又 Pearlitic 組織を有する合金鋼軌條の如き物を加熱処理後眞直形ならしむること困難なるは、主として材料長くして弾跳性あるに由るなり。急冷の爲に生じたる彎曲、撓み、或は振れ等を直し、又は消滅せしむる爲に如何なる程度まで適當なる變形を與ふべきかを定むることは容易にあらざれども、製品を眞直にし若くは形状を正しくせんとするときは之を敢てすること必要なり。薄き鋼板、又は比較的小さき鋼棒を、眞直にするため弾性限界以上に少しく之を撓ゆむることあり。此の方法は有效なるべきも、軌條の如き断面の不規則なる品物に應用するは容易にあらず。加熱処理の影響は甚だ大なるものにして、同一の鋼にても之が爲めに廣き範圍内に於て種々なる性質を發揮し又單に加熱処理を加減するのみにても、其の範圍内に於て任意に性質を變化せしめ得べし。

此の變化は全く二回目の加熱の溫度に依るものにして、此の溫度が低き程、鋼は強く且剛くなり、高き程鋼は弱く、且益々柔かとなるなり。鋼製造者の一人は此の加熱處理の鋼に及す效果に就き一表を作りて公にせるが、該表は一融熔より作れる四十個の試験材に就き施行せる試験の結果を示すものにして、各試験材は同一の素鋼を採り之を種々なる溫度にて加熱處理したるものなり。左に其の内五個の分を摘記す。

抗張性(封度)	彈性限界(封度)	彈性比(百分比)	伸長二吋(百分比)	縮少面積(百分比)
八四、八五〇	五〇、五〇〇	六〇・	二八・	六七・五
一一〇、九七五	九〇、〇〇〇	七四・五	一四・五	五一・
一六六、九五〇	一五七、五〇〇	九四・	一二・五	四四・
二〇五、六〇〇	二〇〇、〇〇〇	九七・	一三・	四八・七
二四〇、九七五	二二五、〇〇〇	九三・	九・	二〇・五

素鋼の分析成績は炭素〇・二五、マンガン〇・五〇、クロロミウム一・〇七及びヴァナヂウム〇・一七なるも成分異なるものにありても同様の結果を得たり。

構造用合金鋼は正確に、且充分なる仕上がを要する物品を造るには、旋盤加工に先ち加熱處理を施すを要す。此の要件あるが爲め折角得らるべき最高強度の鋼も旋盤にかけ難きの故を以て遂に用ひ能はざ

ることあり。一般に毎平方吋十萬封度以上の、彈性限界を有すべき諸部は、何れも旋盤加工後に加熱處理を施し、加工前には之を行はざるなり。これ其の彈性限界以上にある鋼は多くは餘りに硬くして、通常の方法にては旋盤にて削ること能はざるを以てなり。尤も毎平方吋十五萬封度の彈性限界を有する、クロロミウム、ヴァナヂウム鋼は、旋盤にかけ得るものなりと稱せらる。即ち是等の鋼は高速鋼を以て經濟的に削り得と云ふなり。毎平方吋十萬封度以上の彈性限界を鋼に與へんとせば、加熱處理に依るの外なし。普通にては鋼は斯かる高度の彈性限界を有し得ず。

構造用合金鋼の製造者中には其の製造せる各鋼に就き、一旦硬化したる上更に各種の溫度にて熱し斯くして収め得べき物理的性質を線圖に作り之を公示せるものあり。勿論此の線圖は、供給者側の調査に基づくものにして直に許容すべきには非ざれども、最小の面に最大報告を載するには、適當なる方法なり、應て需要者側にも多數の合金鋼に就き同様の線圖を作ることとなり、彼此對照するを得るに至るならん。兎に角新に是等の鋼を使用せんとする者は、斯かる線圖によりて、各自所要の性質のものを選び得可く、又製法及び處理の不如意なるべきことに對し、多少の餘裕(例へば一割)を見込みたる上希望の鋼を指定製造せしむべし。鋼の製造者又は加熱處理者側に在りても此の要求に適應せんとて、注文規格以上の鋼を得んと努むべきに依り成品は所要の性質のものとなるは自然の數なり。

而して鋼が其の成分よりも、其の處理によりて如何に多くの特質を享有するものなるかは後に掲ぐる

所の性質表によりて之を知るべし。

製品の大小及び嵩は、加熱處理の成績に大なる影響を及ぼす、嵩の大なる物程品質は低下するものなり。但し其の割合は均等ならず。所要の性質を得んが爲めには先づ其の嵩を考慮して其の成分と加熱處理とを之に適應せしめざるべからず。但し斯くするも尙ほ希望は僅に其の一部を達し得るに過ぎざるなり、多くの構造用合金鋼の弾性係數は、他の鋼と同じく、加熱處理或は成分の變化によりて、變ずること少なく、通例毎平方時に二千八百萬封度乃至三千萬封度なりとす。即ち鋼の弾性係數は燒鈍硬化、及淬硬狀態の何れに就ても大體變化なきものなり。左表は、ランダウ(Landau)氏の調より採録せるものなり。

鋼の成分

炭素 (百分比)	矽素 (百分比)	マンガン (百分比)	磷素 (百分比)	硫黄 (百分比)	クロミウム (百分比)	ニッケル (百分比)	バナヂウム (百分比)	弾性係數
0.50	0.13	0.82	0.01	0.02	1.25	—	0.14	29,240,000
0.47	1.83	0.70	0.01	0.01	—	—	—	28,950,000
0.48	0.16	0.44	0.01	0.01	0.98	2.02	—	28,840,000
0.30	0.19	0.64	0.01	0.01	—	3.25	0.18	28,260,000
0.25	0.21	0.74	0.01	0.01	—	3.55	—	28,170,000
0.24	0.21	0.46	0.01	0.02	0.96	2.02	—	28,200,000
0.25	0.16	0.50	0.01	—	1.05	—	0.16	30,158,000

右の如く弾性係數には變化なきを以て弾性限界内に於ける鋼の剛性は加熱處理によりても又合成原素の如何によりても變ずることなし、但しマンガン鋼中のマンガン及び高度ニッケル鋼中のニッケルは例外なるが如し。然れども加熱處理は弾性を増進するが故に、加熱處理を受けたる鋼片は、之を受けざるものが永久的變形を起すべき程度の内力を受くるも尙ほ再び原形に復するものなり。即ち加熱處理を施したる彈機の彈力性と同様なり。又多數の構造用鋼特に自動車用鋼は張壓交互に反復して、加へらるゝ内力に伴ふ疲れに對し、大なる耐力を有す。實に加熱處理を受けたるものは、緊張試験に現はるゝ強度の増加よりも一段顯著なる増加を其の耐久性に及ぼすものなり。(未完)

大正五年八月發行

合金鋼の製法及用途
(其二)

鐵道院總裁官房研究所

合金鋼の製法及用途 (其二)

○^{レニツル}単一タングステン鋼

合金鋼として最初造られたるはムシエット空中硬化鋼 (Mushet air-hardening steel) なり。此鋼は炭素約二%とタングステン六%との外にマンガニース約二%を含有するを以て、^{クワケ}四原素鋼と見做し得べきなれども矢張り單一タングステン鋼となすを可とす、マンガニースは自硬性を與ふるには缺く可からず、この鋼は一時非常に發展し且つ後に述ぶる所の高速工具鋼^{ツールスチール}の發達の途を開けるの功績を有すれども、現今にては其の用途次第に減じつゝあり、タングステンは甚だ重く最近の秤定に據れば比重約一九・三なり又タングステンは炭素若は硼素に次で最も溶融し難きものとして知らる、以上の特性はタングステン鋼の製造上に若干の影響を及ぼすものなり。

タングステン鋼の製法 タングステン鋼は一般に坩堝法に依りて製せらる、鋼を冷態の儘坩堝に容れ其の上にタングステンを置く、これ其の比重高き爲め溶融の際沈底せんとするを豫防せんが爲なり、若し此の注意を怠らば不溶解性にして泥狀なるタングステンに富む合金は坩堝の底部に溜まりて流出せず、随つてタングステンの分布に不均等を來し爲めに素鐵も亦不均等なる成分を有する至るべし、坩堝は鋼の溶解後尙ほ三四十分時間火爐中に靜置して融溶鋼より氣泡を發することなきに至らしむ、タ

1

ングステンは酸化物或は瓦斯を除去若くは處分する力を有するものにはあらざれども、良タングステン鋼は素質の著しく緻密なるイーンゴット(パイプの段に至りては然らざるも)を生ず、タングステンを加ふるは製造方成就し又熱處理も終了したる鋼に效果あらしむるに外ならず、タングステンが酸化物又は瓦斯に對する處分力を缺くは全く其の熱量の低き爲なり、鐵は燃燒して磁性酸化鐵と成るとき一六一二カロリーを生ずるも、タングステンの燃燒より生ずる熱量は僅に約一〇〇〇カロリーに止まる。

加工法 單一タングステン鋼の普通品は他の多炭素鋼と同様の方法にて、加熱、鍛工及展延するに別段の困難なし。

性質及用途 單一タングステン鋼は現今主として電氣測定器の永久磁石及小型の發電機に用ひらる後者としては既に三四十年前より使用せられ居れり、千九百十三年に於けるこの鋼の消費額は五千噸乃至六千噸なりしが如し、この鋼は炭素約〇・六%タングステン六・〇%を含有するものなるが、前年中ヴァナヂウム、クロミウム、又はモリブデナム各〇・二乃至〇・三%を含有するもの製出せられ、其當時はこれ等の成分が大に鋼の保磁力を増すものなりと稱せられたれども、現今にては實驗上右の目的に對し毫も價値なきものとなれり、さればマグネット鋼購求者の内には鋼の成分を指定せず其の實效値即ち鋼は如何なる磁性を有すべきかを指定してこれを注文するものもあり、永久磁石として成るべく其の磁性を保たしめんとせば、鋼を加熱急冷して頗る硬きものとなしたる上これに磁性を興ふるな

り、電氣測定器に用うるものは其の磁性を成るべく適等ならしむるため攝氏百度(華氏二百十二度)に永く熱しこれを成熟せしむ。

炭素約一%タングステン三乃至四%を含有するタングステン鋼は、旋盤工場に於ける鐵及鋼の最終仕上に使用する工具に用ゐらる、この鋼の働作は自硬鋼よりも寧ろ單一鋼に類似せり、これを硬化せしむるため液中に急冷するが如きは單一鋼を處理する古來の慣習と一致せり、然れども一方タングステン鋼は單一鋼に比し一層大なる削り速度に耐へ、且つ一層大なる耐久性を有す、例へば抗張強一平方吋八〇、〇〇〇封度の鋼を一分時間四十呎位の速度を以て削り得るが如し。

鋼にタングステンを含有せしむるときは、其の溶融點を低下すとは一般に稱せらるゝところなり、マルス(Marss)はタングステンの含有量〇・五乃至一七%なる各種タングステン鋼の溶融點を表示し、タングステンは溶融點を降下するものなることを論じたり、然れどもマルスの得たる結果を含有炭素、硅素及マンガニースの溫度降下作用を參酌して修正せば其の所論の正否に疑問を生ずべし、即ち炭素〇・六六%硅素〇・〇三%マンガニース〇・〇四%及タングステン三・一一%を含有する鋼は攝氏一四八八度にて溶解するものなるが、炭素は其溶融點を攝氏約六十度降下し、硅素及マンガニースも亦些少の同一作用を爲すが故に、炭素、硅素及マンガニースの混交なき單純なるタングステンと鐵との合金に於ける溶融點は攝氏一五四八度よりも若干高溫度たるべし、而してこの溫度は純鐵の溶融點に比し攝

氏約二十度高きことは明かにタングステン三・一一%を含有するの結果ならずや。

大砲の砲身の内面が火薬の爲に蝕壞を受くるは専ら大砲のチューブに使用する金屬の溶融點如何に依るものにして、溶融點高き程其の蝕壞に對する抵抗力は大なりとせらる、されば該金屬が純鐵に近似する程其の溶融温度は高く、從て其の蝕壞に對する抵抗力は増加すべきなれども、一方所要の強度を有せしむるには硬度と強度とを増すに足る原素を鋼中に多少加ふるの要あり、タングステンは強度を増し又溶融温度を高からしむるを以て、諸所殊に奧太利政府にてはタングステン鋼を大砲のチューブに使用せり、アーノールド (Arnold) 及リード (Read) は炭素〇・七一%、タングステン五・四%を有する鋼の燒鈍されたるものは抗張強一平方吋八八、九〇〇封度彈性限界六〇、二〇〇封度、伸張率二〇%收縮率三四・七%なるを發見せり、この數は通常大砲の製造に用ふる鋼の所示數に比し優れり。前記二氏は數種の燒鈍タングステン鋼に對し次の數字を與へり。

成分				抗張性				切斷せるときの状態
炭素	タンゲステン	矽素	マンガン	抗張強	彈性限界	伸張率	收縮率	
〇・七三	二・四	〇・一一	以下	八四、二〇〇	四八、一〇〇	二〇・五	三一・五	軟(中庸)
〇・七一	五・四	〇・一一	以下	八八、九〇〇	六〇、二〇〇	二〇・〇	三四・七	軟
〇・七〇	九・七	〇・〇四	〇・一五	一二六、一〇〇	九〇、〇〇〇	一四・〇	二二・一	軟(最)
〇・七三	一五・〇	〇・〇三	以下	九八、五〇〇	一一五、〇〇〇	一五・〇	四三・三	同上
〇・七二	二一・一	〇・〇六	以下	一〇四、三〇〇	五七、三〇〇	二〇・五	三九・二	軟(最硬(少))
〇・六七	二六・三	〇・〇六	以下	一一〇、六〇〇	九〇、〇〇〇	一四・四	同上	同上

これ等の鋼は液中急冷處理を施すときは大に其の強度と硬度とを増し而して靱性を減すること比較的少なし。

タングステン鋼の理論 アーノールド及リードは其の試験の結果、鋼に存在する炭素はタングステンの少なき間は鐵と化合し、タングステン多くなれば漸次タングステンと化合し、タングステン一・五%に達すれば炭素は全然タングステンとのみ化合し、而してタングステン更に一層増加するときは該タングステンは鐵と化合するに至ると云ふ。

○單一クロミウム鋼

單一クロミウム鋼は合金鋼中最も早く製出されたるもの、一なれども、其の用途の廣さに拘らず現今餘り用ひられざるものなり。されどクロミウムは他の合成原素と結合しては猶ほ最重要なる合金鋼の成分たるの位置を占めり、一九一三年中單一クロミウム鋼素鐵の製産額は約六千噸にして、其のクロミウム含有量は〇・四乃至二%なり、この鋼は酸性開爐法又は坩堝法にて製造せらる坩堝法によるとせば、フェロクロミウムを原材の一部として當初より加へ置くも、開爐法によるとせば溶鋼中に良く熔け且つ充分これと混和するだけの時間を見計らひ鑄造前にこれを加ふ。

一九一三年中米國に於ける製鋼用フェロクロミウムの消費額は六〇乃至七〇%のクロミウムを含有するもの三千乃至四千噸なり、されば構造用材のクロミウム含有量を平均一%、高速工具鋼の同

含有量を四%と假定せば、取瓶に於ける各種の鋼約二十萬四千噸は總てクロミウム鋼の含有材なりしなり、但しこれ等の鋼の多くは四酸素鋼又は復成鋼にして單一クロミウム鋼は前述の如く其の内約六千噸なりとす。

クロミウム鋼の熔融温度に於ては酸素に對し鐵よりもより大なる結合力を有するを以て、遊離酸素若くは酸化鐵の酸素がクロミウムを含有する熔鋼と接觸するときは含有クロミウムは幾分消費せらるゝなり尤もクロミウムは硅素及マンガニースの如く酸化の速かなるものにあらずれば酸化の作用生じ易き溶融状態に在る鐵の中にクロミウムあるも其の奪酸力は僅少なり、故に諸酸化物及瓦斯は他の方法を以て處理せらる。

前記自然鋼の状態に在る鋼にありては鋼中のクロミウムの含有量最大二・五%に達するまでは其の影響は硬度を適度に増加するにあり、而して液體中にて急冷し硬化せしめたる分に於て前記の影響特に著し。

加工法 クロミウム鋼は炭素含有量の同一若くは稍多き單一鋼と同一の装置及方法にてこれを鑄造鍛工及展壓することを得、鑄造物には其の用途に對し最適なる性質を付與するため必要に應じ焼鈍若くは熱處理を施す、クロミウム鋼は熱處理を施さずしてこれを使用することなし、故に熱處理を施さざる場合の該鋼の性質は知られず。

敬告

製品 番號	成 分				抗 振 強	彈 性 限 界	收 縮 率	伸 張 率	アブリネ 硬 度	熱 處 理	
	炭 素	マンガ ニース	硅 素	硫 黄							
一	0.70	0.54	0.09	0.01	119,000	121,700	60	21	235	八一六	五九三
二	0.70	0.54	0.09	0.01	110,900	105,300	63	26	195	八一六	六四九
三	0.70	0.54	0.09	0.01	110,700	88,000	73	36	168	八一六	七五四
四	0.40	0.78	0.54	0.02	110,900	113,600	56	18	242	八一六	五三八
五	0.40	0.78	0.54	0.02	110,900	113,600	69	26	201	八一六	七二四
六	0.91	0.35	0.08	0.03	110,900	96,800	69	30	175	八一六	七二四

單一クロミウム鋼の用途 クロミウム鋼の用途中最も古く且つ現今猶ほ行はるゝものは金銀鍍破碎用スタンプ用品にして、炭素0.8%乃至0.9%及クロミウム0.4%乃至0.5%を含めりこれ等のものは其の鑄造に歸する内部のツリを除き組織を良好ならしむる爲め焼鈍するを可とす斯くせば該品の素質に若干の靱性を與へ材の耐久力を大に増加し得べきなり。

クロミウム鋼の他の用途としては金庫の五重板に古くよりこの鋼を使用することなり。この板は五枚の板を交番に重ね合せたるものにして、内二枚はクロミウム鋼他の三枚は軟鋼若くは鍛鐵にして、硬化せしめたる後には鑿孔工具に對し頗る強き抵抗力を有す、尤もこの板は普通厚さ半吋以上一時以内とするを以て金庫壁又は扉の厚味一時以上を要するとき二枚を重ね螺釘にて締め合すを要す

然るに斯の如き構造を有する易搬金庫は、窃取後其の接合部に液状ニトログリセリンを注入してこれを爆發せしめて扉又は壁を破壊せしことあるを以て、今は以前程に此の種の金庫は多く製造せられざれども、通常ヴォールツと稱する大形の定置式金庫には多数のクロロミアム鋼を用ひ、其の各部を普通のものよりも強大ならしめて盜難防護上頗る有效なるものとなりたり。

硬化せるクロロミアム鋼製展機は炭素〇・九%及クロロミアム二%を含有し冷態用ロールとして用ひらる、このロール用鋼は玻璃の如く硬くして試験球も壓痕を印し得ざるが故に比球硬度は之を測るを得ず、硬度計を用ひて檢したる硬度は一〇七なりクロロミアム鋼にて造りたる鋼は優良なり、一九一三年中製鐵用に供されしもの約三千噸にして含量は炭素一・三乃至一・五%、クロロミアム約〇・五%なり。

クロロミアム鋼の重要な他の一用途は軸承用の轉球及轉子なりとす、一大製造業者は之を製造するに炭素一・一〇%、クロロミアム一・四〇%、マンガニース〇・三五%、硫黄〇・〇二五%及磷〇・〇二五%を含有する鋼を用ひ、直径半吋以下のもは攝氏七七四度(華氏一四二五度)より液體中にて急冷し更に攝氏一九〇度(華氏三七五度)に約半時間曝す、稍大なる轉球の急冷溫度は攝氏八〇二度(華氏一四七五度)とす、第二回の加熱は酸化着色を來さざるも尙ほ急冷の不同に基く内力を減却し使用中に破壊する等のことなからしむるに足れり。

品質良好にして熱處理宜しきを得たる球の強度は頗る大なるものなり、直径四分の三吋の球をスリットボール・メソットにて試験するに五二、〇〇〇封度の荷重に耐へり、小なる觸接面積の壓力より計算するに其の一平方吋に對する壓力は百萬封度以上にも達せる筈なり、自動車協會にては上記の材に比しクロロミアム含有量の少なきもの即ち一乃至一・二%のものを可なりとし、製鋼業者中には一・五%を可なりとするものあり、この種の鋼を往時は裝甲板貫通用砲彈を造るに缺く可からずとせり、クビロ(Cubillo)はこの種の鋼を分析して炭素〇・八五%、マンガニース〇・三八%、クロロミアム一・三一%、硅素〇・一六%、磷〇・〇二%を得たり、其の自然性は次の如きものとせり。

熱處理せるもの	焼鈍せるもの	彈性限界(封度)	抗張強(封度)	伸張率(二吋二付)
七九、四〇〇	四七、七〇〇	一一四、五〇〇	一〇二、〇〇〇	二〇・五%
				一八・五%

但し砲彈は又概ね多少のニッケルを含有することニッケルクロロミアム鋼の條に述ぶるが如し、二三の製造者は自動車或る部分にクロロミアム鋼を用ふるを可なりとすれども多くのものは概ねニッケルクロロミアム鋼を良しとせり。

〇マンガ鋼

マンガ鋼と稱するは一一乃至一四%のマンガニース及一・〇乃至一・三%の炭素を含有する鐵なり。此鋼の元來の專賣特許は七乃至三〇%のマンガニースを含有する鐵合金全體を含みたれども其の成分

が前記の範囲内にあるものは他の何れに比するも更に大なる強度と延性とを有し又特別の指定なき限りマンガン鋼とは右の成分のものを指すなり。概して此の分析限界より遠ざかるに従ひマンガン鋼の特色たる構造用には漸次不適當となるなり。現今製造せらるゝマンガン鋼の大部は鑄物用にして一九一三年には其の額約三六、〇〇〇噸なりき。又熱態加工(展延又は鍛冶)を施せるマンガン鋼の用途は目下大に發展し一九一三年には其の額約三、〇〇〇噸なりしが其の殆んど總ては鐵道軌條に供せられたり以上の總産額を來すには取瓶中の熔鋼約六〇、〇〇〇噸を要すべし。マンガン鋼鑄造會社と稱するもの約四十所あれども産額の多きは六所にして一九一三年中の産額も其の殆んど全部はこの六所の製造に係れり。

製法。マンガン鋼は今も猶ほ專賣特許期間の満了せるハッドフェイルドの方法を襲用し脱炭鐵と八〇%フェロマンガニースとを混じて製造せらる。脱炭鐵は壓搾空氣熔コンバーター又はシーメンス爐に依りても造らる。フェロマンガニースは原料中の少なからざる部分即ち其の七分の一を占むることとして脱炭鐵に加へ又は混ざるに先ち豫めこれを熔かし置かざる可からざるを以てこれには多額の費用を要すべし、フェロマンガニースは通例グラフアイト坩堝にて熔すものにてこれには多額の費用を要すれども未だこれに代はるべき方法なし、坩堝は普通の炭火熔解孔中に熱せられ通例八回乃至十回の熔融に耐ゆ、普通鋼の熔融には其の回数更らに少きを常とす。フェロマンガニース熔融用に此坩堝の壽

命の長きは之に要する熔融温度の低きと且つ普通の熔融鋼は自己に接觸する炭素を盛んに熔解するに反しフェロマンガニースは既に炭素を飽有するが故に坩堝の墨鉛が金屬に熔解せざるに基くものなり。其他普通鋼は充分に熔解するを要すれどもフェロマンガニースは全部熔解し終らざるべからざる程の要なし。脱炭鐵は炭素の含有量〇・一〇%以内の小量に止め成鋼の炭素含量をして所量の限度を越ゆることなからしむ、されば鋼中マンガニースに對する炭素の量はフェロマンガニースに於ける夫れよりも少しく大なるべし。

取瓶内に産せられたる前記マンガン鋼は成る可く速に鑄造すべし。然れども素鐵として用ゐんとするには暫時其の儘に爲し置き金屬中に生じたる硅化物を頂部に浮出せしむるを要す。

マンガニースの量は脱炭鐵の量に應じて定むるも別に酸化損失量として鋼總量の一・五%を見込む。例せば鋼中マンガニースの量を一二・五%ならしめんとせばマンガニース一四%を加ふるなり。調査量は全部秤量す熔解前の原料素材、壓搾空氣法にて脱炭すとせばこれに要する鐵量、取瓶に最初入る、熔解フェロマンガニースの量及脱炭鐵等總て秤量す、この合計重量即ち取瓶内鋼の重量なり。脱炭鐵をシーメンス爐にて造る場合には其の一部を隨時取出し鋼の製造に使用するを得べし而して使用量は起重機に装置せる懸垂秤機によりて測定す。

フェロマンガニースを坩堝中にて熔解せしむるには多くの費用を要するを以て之を熔解爐にて熔かさ

んと大に工夫したり然れどもフェロマンガニースを溶解爐にて熔すときは爐中に於けるマンガニースの損失多くなり爲めに溶解爐の使用に依りて生じたる折角の利益を減却す。溶解爐内の中央部にフェロマンガニースを置き其の外側にコークスを積みばフェロマンガニースが衝風氣中の酸素に依り自由に酸化されることを難からしめてマンガニースの損失を豫防するに尠からざる效あり。坩堝と溶解爐何れの方法を採らば最も得用なるべきかは關係事項を洩れなく考慮したる上計算上より決すべきなり。フェロマンガニース中のマンガニースを失ふ爲めマンガニースの製造に及ぶ影響として更に一の數ふべきは製品が炭素含有量過多となることなり。溶解フェロマンガニースは過分のマンガニースを含むが故に外方より侵入する酸素は先づ此のマンガニースと結合し炭素は酸化せられざるなり。

マンガニースの製造及び取扱は通例粘土にて内塗を施したる取瓶中に於てす。鹽基性物にて内塗をなしたる取瓶は有利なることあれども粘土は廉價にして内塗するにも簡便なる爲め多く用ゐらるゝなり。此の内塗は酸性と見做すべきものにして砂として石英の混ざる場合には特に然りとす。酸性物にて内塗したる取瓶内に溶解せるマンガニースは終始溶解性液状の熔滓を出だす。この熔滓は主として綠色のマンガニース硅酸化物なり、このマンガニース硅酸化物は空中の酸素に依り酸化せらるゝ、マンガニースオキセイドと内塗中の硅素と抱合することに依り生ず。又溶鋼の内部よりも少なる綠色の硅酸化物を生じ上昇して熔滓と結合す、此の硅酸化物の熔滓は脱炭鐵中に含む硅石及び同鐵中酸化鐵に代りマ

ンガニースの入りたる爲めに生じたる酸化マンガニースの結合より成る。微小なる液状熔滓は溶解金屬と共に鑄造用の模型内に流入するの虞ある爲め素鐵又は鑄物品に缺點を生ぜしむるの困難あり。餘りに液性なる熔滓より生ずる面倒を避けんとして珈琲壺狀取瓶を用うることあり。このリードルには一側に珈琲壺型注口あり底にて取瓶の内側と通ずこの構造は熔滓を充分堰き止むるの效あり、鋼が大部取瓶より流出し終る迄は熔滓は其の口に入ることはせず。取瓶の内塗の蝕壞は熔鋼を一杯容れ在るとききの水平線に於て最も甚し是れ全く其の部分迄熔鋼の容れあることが他の部分迄容れあるときよりも時間長きを以てなり。

マンガニースは多量の炭素、硅素、及びマンガニースを含有す（マンガニースの溶解溫度は攝氏一二六〇度）を以て攝氏約一二二五度にて溶解す、この溫度は單一鋼の溶解溫度よりも低く又込み入りたる鑄物を造るに適せり、同一の理由即ち之等の多量の瓦斯熔有力ある元素の存在によりマンガニースは概して氣泡を生ずることなし。然れども原料たる脱炭鐵の溫度高きに過ぎ従つて抱有する瓦斯の量多きに過ぎれば硅素及びマンガニースの瓦斯抱有力超過せらるゝに至り爲めに鋼は瓦斯を以て飽和せらるるを以て素鐵又は鑄造物は熱度の冷却に伴ひ遊離せる瓦斯の爲め氣泡勝ちとなる。

組成成分　マンガニース鋼を造るには其の組成成分は實地上自から一定せるものあり、普通の分析成績は次の限界内に在り。

炭素 一・〇—一・三% 硅素 〇・二—〇・八%

マンガニース、一一・〇—一四・〇% 磷素 〇・〇五—〇・〇八%

マンガニースの硫黄含有量は他のマンガニース合金に於けるが如く言ふに足らざる程少量なりこれ硫黄がマンガニースの爲め速に除かれて多くは硫化物となりて表面に浮出するか又は熔滓中に混入するためなり。其他表面に在りては空中の酸素と化合して亞硫酸瓦斯(SO₂)を生ずこれ熔解鋼より往々該臭氣を發する所以なり。

マンガニース七乃至八%を含む低度の含マンガニース鋼は普通のマンガニース鋼に比し高さ且つ分界の明瞭なる弾性限界を有し延性は大に劣れども尙ほ著しく爲に若干の用途を有しつゝ、あり、製造費は廉なり。此鋼はマルテンサイト組織を有するが爲ならんが衝撃を受くるも普通鋼の如く容易に流歪を來すことなし、マンガニース三乃至一〇%及び炭素一%を含むマンガニース合金はマルテンサイト組織を有す、一〇%以上を含むものはオーステナイト組織を有す、マンガニース七乃至一〇%を含める鋼は普通一般のマンガニース鋼とは大に異なるを以て混同を避くる爲め特別の名稱を附するを可とす。即ち、ローマン鋼とは低度(Low)マンガニース鋼の略稱にて上記の鋼に附するには適當なるが如し。

一般の性質 マンガニース鋼は自硬鋼なり但し此の特性は熱處理より來れるにわらず全然其の成分上より斯くなれるものなり、此鋼は加熱後徐々に冷却するもこれを軟かならしむることを得ず、金屬と

しては電氣不良導體なり。マンガニース鋼は膨脹係數大なり、小なる鑄型には一呎に付一時の十六分の五の收縮度を與ふるも猶不充分なることあり。一呎に付十六分の五時の收縮度は攝氏一度に付約〇・〇〇〇二四の膨脹係數に相當す。比重はマンガニース鋼と單一鋼と炭素含有量等しき場合には兩者を區別する能はず殆んど同一なり。

マンガニース鋼の性質中最も顯著なるものは其の磁的滲透性及び感受性の殆んど全く缺けたることならん鐵約七〇%を含む酸化鐵は非金屬態なるに係はず磁性頗る強く其の引力を感ずること大なるものなれども鐵八五%を含むマンガニース鋼は金屬態なれども之を磁石に近づくるも手に其の磁性引力を感ぜず。普通一般のマンガニース鋼に於ける磁性は磁氣計又は懐中用磁石の指針を以てするも鋼を磁石に觸れしめたる後直に試験を行へば通例之を検出するを得べし、然れども斯くして發覺し得る磁氣の量は甚だ少なし、實地上零なりと言ふも可なり。

生マンガニース鋼の性質 生マンガニース鋼の性質は他の生高度炭素鋼の性質に類似し其の質甚だ硬く而して其の延性は殆んど謂ふに足らず。此鋼は非磁性なるが故に衝撃を受くる虞なくば非磁性金屬を要する場所に之を用ふるを得べし。此鋼はマンガニース鋼を容易に加工し得る良質工具鋼の補助を得ば其の磁性の少にして價格の廉なることに依り眞鍮其の他の鐵ならざる金屬の代用品として電氣用器具にこれを提供することを得べし。

マンガン鋼の熱處理　マンガン鋼の成分は其の性質を定むるに頗る大切なるものなれども靱性と延性を鋼に生ぜしむる熱處理は一層大切なるものなり。此熱處理方法としては一般にハッドフキールドが此鋼に就きて夙に述べたる方法に従ひ水中勵働を行ふを常とす。この處理方法は製品を約一、〇五〇度(攝氏)に熱して能ふ限り迅速に全身を水中にて冷却するものにして水は冷く且つ多き程其の結果良好なりとす。此急冷却を行ふとき製品の一部分のみを熱することあるべからず、強靱性を與へたる製品の一部分が偶然若くは故意に赤熱せらるゝが如きことあらば全部を更に加熱し急冷却して使用に適する性質を有せしむべし。

加熱するに當り鋼が赤熱に達したる時は直ちに水中急冷却を行はざる可からず。然らざれば酸化を避くる能はず、マンガン鋼は熱の不良導體なり、この性あるが爲に其の熱處理を妨ぐ、有效に熱處理を行はんとするには鋼の厚味を制限することあるもこれがためなり、此の厚味は一般に四吋を限度とす、中心部に割裂を生ずるも差支なくばこれより多少厚き場合にも熱處理せらるゝことあるもこれは全く特別の場合なりとす。

マンガン鋼の太きものは徐々に加熱するを要す、熱爐中に冷たき儘これを入れるゝときは適當なる熱處理を施すこと能はず、若し爐が未だ熱を存する場合には爐を大氣と殆んど同一の温度まで冷すか又は處理材の温度と同一温度迄冷却せしめざる可からず。若し火爐が材より熱きときは材の傳熱度低きを爲

め熱の内方傳達遲きと一方表面部の温度の昇騰急速なるに加ふるに鋼の膨脹係數の大なるとに因り外部は内部よりも其の膨脹方頗る迅速なるを以て鋼の内部は表面部より離隔せんとするの傾向を生じ、而して其の結果生ずる所の龜裂は漸次中心より表面の方へ進みて終に内力の消滅するに至るか或は熱度大なる爲め軟かにして龜裂せざる個所に達して止む。

「何故に鑄物を其の未だ冷却せず鑄造温度の殘存し居る間に急冷却せざるか」の問を發するもの多し此問に對しては「材料の各部に於ける熱は充分均等なるものにはあらずして其の厚き部分は薄き部分よりも多く熱きものなればなり」と答へん。假令材が殆んど全部同厚のものとするも材の隅、縁其他鑄造後第一に露出さるゝ部分は然らざる部分よりも冷かなる可く、又若し材が球なりとせば此は鑄造後其の表面の温度均一なるべき唯一の形状なる可きも其の内部は矢張り外部よりも熱く該球を急冷却用の槽中に入れたるとき其の表面部冷却して收縮止まるも内部は尙ほ長き間其の收縮をつゞけ結局龜裂を生ずべし。

何となれば斯くの如き状態に在る鋼の内部に在りては緊張試験に於ける試験片の如く伸張に應じ該片の面積に收縮を起し得ざるを以て其特質たる靱性を發揮するに由なく自然其の脆弱點に絶斷を來さるを得ざればなり。

熱處理マンガン鋼の性質

ハッドフキールド氏は一八八六年に提出せる彼の論文に於てマンガン鋼

の物理的試験の結果を夥多掲げたり。此の結果に據れば水中急冷却が靱性を與ふことは鋼中にマンガニースを少くとも九%含有せしむるときに於てのみ現はるゝものなることを知り得べし。其の後マンガニース七%位のものも普通一般のマンガン鋼に比しては甚僅少ななるも兎に角有要なる靱性を付與せられたるものなり。靱性を附與したるマンガニース鋼の硬度は特別にして硬くしてネバリ強く硬くして脆きものならず。斯くの如き鋼はこれを鎚撃するときは容易に窪まし又は鎚並に鑿を以て容易にかたを附し得れども實用に適する程度にこれを切斷するは殆んど不可能なるを以て斯くの如き場合には回轉研磨機に由るの外なし。

マンガン鋼は水中にて促靱するときは大なる延性を生じ從て他鋼に比し伸長度甚だ大く時に八時に於て五〇%を超ゆることさへあり而かも其の硬度には殆んど變化なし。マンガン鋼の有するこの高度の延性と大なる硬度とは共に磨削作用に對し大なる抵抗力を與へ且つ破壊に對する安全度を増すものなり、實用上マンガン鋼は總て強靱性を附與して使用せらる。

牽引試験に於て此の鋼の斷面積の收縮度は其の伸長度よりも小にして單一鋼及び多數の合金鋼に於て收縮度が伸長度の二倍以上なるを通例とするとは全然反對せり又伸長は全體に寧ろ均一にして單一鋼が破壊點に近き處に於て其の伸長度の急増すると違へり。マンガン鋼を引張るときは收縮に因る斷面積の減少割合よりも冷態加工(引張る)に因る強度の増加割合が大なる爲め伸長せる部は伸長せざる部

よりも強くなり從つて材の伸びは他の場所に移るものとす。引續き試材を引張るとき各斷面は斯かる關係の下に順次に伸長し遂に試材が破壊するに至る頃には伸長は各部比較的均一に行き渉り居るなり。尤も破壊部に於ける部局的伸長及び收縮は他の延性鋼同様破壊點に近き處に大なるも夫れ程著敷からず。

マンガン鋼の弾性限界は想像外に低く且つ其の分界餘り明確ならず試験機にて緊張力を加ふるとき伸長量は漸次増加し嚴格に言へば何處が弾性の限界なるか、又何處がイールドポイントなるか殆んど認定し難し故に歪曲線圖には少しも角段を有せず。

最近施行せる施鍛熱處理マンガン鋼の緊張試験の結果は次に示す如し、試験鋼は三吋平方の試験桿に鑄造し所示の寸法に施鍛し、研磨機にて仕上げたるものなり。

試材の直徑(吋)	〇・八二三
長さ(吋)	二・
抗張強(一平方吋に付封度)	一五二、八四〇・
弾性限界(一平方吋に付封度)	五六、四〇〇・
伸長	五一・%
收縮	三九・五%
炭素	一・一〇%

合金鋼の製法及用途

マンガンニース
鉄素
構造

一二・四%
〇・一五%
〇・〇六%

マンガン鋼試材の緊張部の長さは單一鋼の夫れ程に伸長度に影響を及ぼさず是れ其の伸長は前に述べたる如く殆んど均一なるを以てなり。彈性限界の低きと延性の高さとの爲めマンガン鋼は内力の下に其の質に流歪を來さんとするの傾向を有し、又此鋼は耐壓力高からず且つ次第に其の形を打ち崩さんとする硬き鑛物其の他の材料により連續して打撃されるときこれに對し充分の抵抗力を有せず在ウオータータウン (Watertown) 造兵廠の政府試験機を以て此性質に就き行ひたる試験の結果は次の如し。

試験番号	炭素 (%)		マンガンニース (%)		クロロミアム (%)		永久變形 (1平方吋に付き左の如き壓力にて)	封度	全荷重
	炭素	マンガンニース	クロロミアム	封度	封度	封度			
一	一・三三	〇・五	三・六	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	七・〇〇〇	120,000
二	一・三六	〇・五	三・八	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	七・〇〇〇	120,000
三	一・三三	〇・五	三・七	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	七・〇〇〇	120,000
四	一・三三	〇・五	三・七	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	七・〇〇〇	120,000

試材は總て鑄造後研磨機にて仕上を行ひ長四吋直徑一・二九吋斷面積一平方吋とせり、試材は何れも全荷重のとき曲りを生ぜり、一平方吋四〇、〇〇〇封度の壓力のとき永久變形の生ぜるは何れの場合に於ても彈性限界の超へられたるを示す。ブリネル (Brinell) の球壓試験に據ればマンガン鋼の硬度は低

合金鋼の製法及用途

く普通は約一九〇なり。伸長量と抗張強との相乗積にて示す價值數は材料を破壊する迄に要する仕事量の概念を與ふるものなり、マンガン鋼の有する右價值數は既知鋼中最大なるものなり各種の價值數は次に掲ぐるが如し。

金属材料	抗張強(封度)	伸長(%)	價值數
マンガン鋼	一四〇,〇〇〇	五〇	七,〇〇〇,〇〇〇
軟鋼	六〇,〇〇〇	三〇	一,八〇〇,〇〇〇
工具鋼	一三〇,〇〇〇	五	六五〇,〇〇〇
鐵鋼	二〇,〇〇〇	〇・五	一〇,〇〇〇
ニッケル鋼(自然態)	九五,〇〇〇	一一	一,九九五,〇〇〇
ニッケル鋼(熱處理)	二〇七,〇〇〇	一四	二,八九八,〇〇〇

勿論以上の金屬は其の彈性限界内に於ては夫れ々、内方に應じ相當變形を來すものなれば該變形點迄材を變形せしむるには亦相當の仕事を要す。非延性金屬例へば鑄鐵若くは生マンガン鋼の如きものに於て衝擊に對する抵抗方の小なるはこれが爲めなり。若しも材が何等の延性を有せざる完全なる固體なるときはこれに少しの打撃を加ふれば直ちに破壊すべし。玻璃は少しも延性を有せず殆んど固體なるを以て如上の材に近きが如し、勿論衝擊にてこれを破壊することは易きも靜止荷重の下には著大なる抵抗力を有す假令は床板として充分實用に供するが如し。

初級作用がマンガン鋼の價值數に及す影響は次の表に示す、此結果はハッドフキールドの第一論文

より採録せるものなり。

試材番號	状態	抗張強(對度)		伸長(%)	價值數
		鍛造の儘	初化の分		
一、	鍛造の儘	八八、一二〇	三四、五	三〇八、四二〇	
二、	鍛造の儘	一四五、二四〇	五〇・〇	七、二六二、〇〇〇	
	初化の分	八一、六〇〇	一・五六	一二七、二九六	
	初化の分	一五〇、三七〇	四四・四四	六、六八二、四四〇	
マンガン鋼の鑄物	マンガン鋼の鑄物は乾砂法、 <small>ドライサンド</small> 濕砂法、 <small>グリーンサンド</small> 又時に鐵鑄型法にて造らる、而して其の				

何れの方法を取るかを決定するには單一鋼のとさとし全く同様の注意を要す、即ち冷却の際に生ずる材料の分割即ち龜裂の懸念、湯廻りの過誤或は、又湯が適當に鑄型に充たざること、鑄型の破壞並に洗滅等に對し適當なる考慮を要す。マンガン鋼の膨脹係數大なる爲め鑄物に龜裂を生じ或は冷却の際收縮に因りて割れんとするの傾向を促進するものなれば注意を要す。又マンガン鋼は固結態に近づくに従ひ沈下せんとするを以て同じ大きさの鑄物を造るにしても單一鋼よりも一層其の沈下頭を大にして湯の注入を良くし沈下に伴ふ空虚部の發生を防止するを要す。

他の鋼の鑄物にも必要なれども特にマンガン鋼鑄物に在りては全體に互り厚味を可成に均一ならしむること肝要にして一部が他部より特に厚過ぎるが如きことある可からず。若し此厚き部分にして避け難しとせば該部を凡そ夫れと同等の太さを有する連絡道により沈下頭と連絡せしむべし、鐵鑄物及び單一鋼鑄物の場合に往々使用せらる、ボツス及び大なるフレットもマンガン鋼にありては其の物に

部局的増加を來すを以てこれを避くるを可とす。要するに太き部分の湯廻り充分ならざるときは中心部に空虚を生ずべし、出來得可くんば太き部分の心に心型を用ひて孔又は空虚を豫め造り置く様にすれば以てこの懸念を除くを得べく或は鐵又は軟鋼を以て心を造りこれを其の太き部分に豫め配り置けば鋼の凝固を速かならしめて孔を生じ又は質の粗大なるが如きことなきを得べし。

マンガン鋼の用途。マンガン鋼の特種用途は各製造者の型録に依り知ることを得可し。即ち此鋼は専ら礦山用、轉壓用、鑛石其他の礦產物處分用、石切用、石工掘鑿及浚渫等に用うる器具用、鐵道軌道用、砂礫類の磨滅を受くる器具用並に貴重品保管用金庫等に用ゐらる。マンガン鋼は其のキールドポイントの低き爲め其の他の用途には應じ能はざるの憾あり。流歪に對する材の抵抗力を超へざる範圍内のも用途に對しては此鋼も優秀なる結果示すこと少なからず。されど磨損所に於ける壓力が流歪點を超したる場合には此鋼を用ふるも其の結果は不良なり尤も此場合に於ても猶他の材料を用ひたるに比すれば比較的優良なり。

マンガン鋼を新用途に供するに當り其の適否を決する問題は常に論議せらる、を普通とす、されども近時に於ては知識も經驗も進歩し爲めに以前程は論議せらる、ことなきに至れり。この鋼は初め必ず使用せらる可しと想はれたる方面に全く適せざりしことあり、又豫想せざりし方面に容易に需要の開けたることあり。一の形體及寸法を有する他の金屬材の代用物として漫然マンガン鋼を新用途に供す

るが如き非科學的代用の行はるゝ結果事實上の成績は往々豫期に反し不良なる爲めマンガン鋼の薪用途に對し不確實を來したること尠からず、特別なる性質を有する新金屬を新しき用途に供す可き適當なる順序は先づ其の爲すべき任務を知り次に施工方法を工夫し然る後其の目的に叶ふ様設計し其の新金屬の優良なる性質を最も有益なるべき部分に利用するにあり、マンガン鋼を用ひて當然得らるべき最上の利益を得んとするには前述の方法に依るを良しとす、されど中には斯くすることの容易にあらざるものもあり、

マンガン鋼は粉砕機、碾機、旋回粉砕機及び同種類の機械の如き低速度のものに於ては充分に其の磨削作用に抵抗すれども各種の遠心磨機の如き高速度の磨機には其の耐抗力少きには非されどもマンガン鋼を磨損部に使用する費用を償ひ得ず殊に若干仕上を要する部分ありとせばこれに時間を要し且其の仕上費多きを以て殊に然り、同一理由に依り礦山用車輛の如き低速度にて走行するものに此鋼を用ふれば良好なる結果を得れども高速度にて走行する鐵道車輛の車輪には用ふる能はず、鐵道線路用としては線路の轍叉轉轍機、曲線軌條、其の他の特別なる物品にはマンガン鋼の鑄物を用ひて其成績最も良好なり隨つて其の需要廣し。

此鋼は其の性質上夙に盜難豫防の金庫及窓を造るには理想的の材料なりとせられたるものなり。即ち此鋼は充分硬きを以て切斷すること難く又充分強きを以て多量の爆藥及びニトログリセリンを用ふ

るもこれを破壊すること能はざるなり。されば約十五年來右の用途に供せられたるなり、眞正のマンガン鋼にて造りたる金庫は二三の破損を受けたるものあれど未だ曾て破壊せられたることなく盜賊も此種の金庫を奪ふも其の後に多大の勞力を要するを知りてこれを侵さるに至れり。又マンガン鋼は非磁性なる爲め磁力起重機の磁鐵の被覆板に使用せば吸付けられて跳躍する大なる鐵鋼品の爲めマグネットの面を損することを防護するに適す。此鋼は磁石の引力の通過を妨ぐることも無く又羅針盤の指針に影響を來すこと無きを以て船舶の羅針盤周圍部の構作用に供せらる、此の用途は追々重要視せらるゝに至るべし。カーネギー研究所の磁性測定船カーネギー號は全部木材、青銅其の他の非磁性材料より成れるものなるがマンガニス鋼の非磁性なる爲め普通なれば當然鋼を以て造らる可き瓦斯發生機のプレート其の他の諸部に此の材を用ひたり。熱態施工マンガン鋼
マンガン鋼は單一鋼同様若くは夫れ以上に熱態施工(施鍛又は展延)によりて其の自然性を改良するものなり。鑄造儘の試材は鑄造に歸因する不完全事の爲め概して試験の結果を誤らしむ、故に鑄造したるマンガン鋼より特に試材を切り出しこれを研磨して仕上ぐるも費用多きのみにて其の成績には實用上の價值これあるなし。尤もこのことは他の多數の鑄造材試片に就ても同様なり。鑄造の後熱處理を加へ抗張強一平方吋八〇、〇〇〇封度、伸長を二〇%を有し得べき鋼はこれに充分なる施鍛及展延を加へ更に熱處理を施さば其の抗張強一平方吋に一四〇、〇〇〇封度、伸長八

時に付五〇%を有するものとなるべし。實地にマンガン鋼を用ひ初めたるは連銷吊桶狀浚泥機の軸串にして一八八九年及び一八九〇年シエツフキールドに於てハッドフキールド氏が方形の素鐵より鍛造したるものなり、然れども此鋼としては鑄造する方鍛造するより容易なる爲め爾來鑄造品を使用するに至れるなり。鑄造品の成績良好なるより近年展延材特に軌條、送管裡附用板及び碎石用篩等多く造らるゝに至れり。マンガン鋼を鍛造に用ひ初められたるは其の價值數即ち強度及延性の相乘積大なるため安全の度も亦從て大にして信頼するに足るが故なり、機關車のスプリングハンガーに此鋼を用ゐたるが如きは正に其の一例なり。冷態施工は其の抗張強及び彈性限界を急速増加せしむれども其の延性を大體減却す。冷態展延マンガン鋼は試験の結果一平方吋抗張強二五〇、〇〇〇封度彈性限界二三〇、〇〇〇封度を示せり。マンガン鋼製の綱目篩は普通使用せらるゝ軟鋼製に比し該炭用として百倍の壽命を有す、該炭は如何にも其の中に磨き粉等の磨滅材を含めるかの如く其の衝擊する篩の縁を磨損せしむるものなり、マンガン鋼は又電氣抵抗性大なるを以て其の硬質なる爲め線狀と爲すに高價なる費用を要することなきに於ては之を以て抵抗用の線を造り一般の用途に供するを得べく又實際試用せられたり。これに對する其の電性は良好にして抵抗比は一立方センチメートル六五乃至七五ミクロオームなり。重に展延板より製造する農具例へば鋤又は橋(萬能草播)の如きものにマンガン鋼を用ふるは最も適當にして



磨滅の爲に損傷せらるゝ種類の物品には特に適せり。されど磨滅よりも寧ろ銷退若くは腐蝕作用を受くる工具ならば單一鋼にて造るも變りなし。此方面に對しては目下供給の端緒にあり。

熱態施工マンガン鋼の最大需要は鐵道軌條にあり。この軌條は普通の軌條展延機にて展延したる後直に急冷却せしむることにより熱處理を行ふ軌條用としてマンガン鋼は成績甚だ良好にして従つて其の用途は廣まりつゝあり。或鐵道家はマンガン鋼製軌條は普通軌條より少くも五倍の耐久力を有すと思へり。然れども鐵道に對する該鋼の價值は單一鋼に比し耐久力の大なるのみを以てこれを測るべからず、即ち超過價に對する金利、廢軌條の價值の小なること等これなり、但し布設の費用は節約するを得べし。マンガン鋼製の板に孔を穿ちて篩とし、鑛石、碎石其の他の礦産物を篩ふに用ゐるの見込あり、されどこれにはポンチングの速度を單一鋼を扱ふときよりも遙に遅からしめたる特別製鑿孔機を要すべし。

結論。マンガン鋼を各方面に使用したるの經濟的效果は甚だ大なるものにして就中其の最も顯著なる例はバナマ運河にある可く該所にては此鋼を用ひたる爲め運河工事に費す可き年數と費用とを夥多節約するを得たるなり。かくて此鋼は其の大なる抗張強と更に一層顯著なる其の延性とに依り有望なる將來を有し而して其到達期も亦遠きにあらざるべし。

(未完)

大正五年十二月發行

合金鋼の製法及用途 (其三)

鐵道院總裁官房研究所

合金鋼の製法及用途

① 単一ニッケル鋼

ニッケル鋼は年代より言へば第四回の創造に係かる合金にして爾來二十五箇年を経過せり、ニッケルを混ざる鋼の製産額は仲々大なる分量に達し居れり、千九百十三年には単一ニッケル鋼にニッケルタロミウム鋼を併算せば、其の總量取瓶内十五萬噸に達し、内五萬噸は單一ニッケル鋼なり、單一ニッケル鋼の需用は一層廉價にして質の優れるニッケルクロミウム鋼に依り着々代謝せられつゝ、實用に適するニッケル鋼のニッケル抱含量は二%乃至六十五%にして其の範圍の大なること鐵合金として他に比類なし、尤もニッケル二%以下にては大したる功能無し。熱處理を加へざる普通のニッケル鋼に於ては其の炭素の含有量一定せる限りこれにニッケルを加ふれば緊張強を高め尙ほ一層多く弾性の限度を高め而かも一方延靱性を減ずることなし、ニッケル量の多寡がニッケル鋼の分子組織に及ぼす影響は滿庵鐵合金と大差なし、ニッケル量少きもの即ち多くのニッケル鋼に在りては其の硬化處理を受けざるべき組織はパーライト状なり、ニッケルの分量殖ゆるればマルテンサイト状と成り、更に一層殖ゆるればオーステナイト組織と成る、以上の組織を有するニッケル鋼は即ち後段述ぶる所の用途に適するものなり。

単一ニッケル鋼の製造 ニッケル鋼は何れの製鋼法にても之を造り得るも多くはオープンハース爐を使用す作業の方法は普通鋼のときと異ならず即ちニッケルは融熔する當初の素材中に有るか又は素材の融熔を型に入るに先ち適當の時に之を加へ十分熔解混合せしむ、ニッケルは鋼の融熔温度にては鐵に對し消極性を有す、故に鐵はニッケルの酸化を防護するのみならず又酸化状態よりニッケルを分離せしむるが故に假令ば融熔中に鐵の鑛石を加ふるが如き場合にありてもニッケルの損失を醸す様のこと甚だ尠なし、一方ニッケルは金屬を還元せず又炭酸瓦斯を分解し及び水素其の他の瓦斯の溶解するを許さず。故にニッケルを加ふるは質の組織を健全ならしめ又は氣泡の生ずること無からしむるため醫用となすにあらざ、實際ニッケル鋼はロールに懸かりたる後シーム又表疵を残す傾向を有す、是れニッケル鋼の一段廣く利用せられざる所以なり、要するにニッケルを合金材として使用するは生産鋼の其儘の状態又は熱處理後の状態に於ける天然性質を改善せんが爲めなり。

ニッケルは其の原子重量、比重、熔解點等に於て鐵と甚だ近似すること逆、鐵と合金されたる後鋼が凝固するとき餘り析出することなきのみならず或程度迄は炭素の析出及び構成物中其の金屬性に富まざるもの、析出を豫防するの效力を有すと稱せらる、但し此の作用に就ては未だ妥當なる説明なし。單一ニッケル鋼の加工 普通の單一ニッケル鋼(ニッケル量二%乃至四%)は普通の施鍛壓展方法に依り熱態に於て加工されること通常の鋼と異ならず、ニッケルの量多き鋼は斯かる加工に困難を加ふ

是れレッドショートの性質を避け得る温度の範圍狭きが爲めなり、ニッケル鋼の普通品に於てはシーム及表面附着のスケールが時々面倒を來すことあり。溶解せる鐵は溶解せるニッケルの酸化を防護すること前記の如くなるも、然れども溶解せざる鐵は加熱爐内にてニッケル鋼の表面にスケールの生ずることを防護するを得ず、此のスケールは普通の鋼の場合よりも一層固く附着(熱きときも冷きときも)するを以て之を除去するには特別の方法を要す、大なる偏平面を有する物にして施鍛用プレスの平形ダイス又はロールの作用にてはスケールの都合良く分離せぬものは電力に依り其の表面を小打ちしてこれを取除く、丸形のもの施鍛用プレスをを用ふるときよりも普通鍛工のときにスケールの脱離方容易なりこれ普通鍛工の際には其の表面をダイスにて壓迫せられざるがためなり、スケールはロールにかけられるとき其の上面よりも自然底面より脱離し易し、されば中にはロールにて仕上げのときに天地を返へすものあり。有効度に達する分量のニッケルを含む鋼は兎角其の表面に暗黒色のシームを残すことあり斯かるシームは先づ大底はロールに掛けらるる前鋼の表面に近き所に瓦斯泡ありて其の表面酸化したるものが疵となりて残る爲め生ずる譯なれども是は他の鋼にも勿論有ることなり唯ニッケル鋼に於ては是等の部が都合能く沸き付かざることに於て他と異なる。

(中略)

さればニッケル鋼は瓦斯泡無き様造るを要す、尤も斯かる疵の生ずるは必ずしも瓦斯泡に基くにわらずして無疵のものを得んとせば攝氏約千三百度(華氏二千三百七十二度)にてロールすべしと唱ふる人もあり。

構造用に供するニッケル鋼の一般性質 單一ニッケル鋼の多くは二%乃至四%のニッケルを含むことれ殆ど多くの構造用として最も適當の量なればなり而して普通目標とせらるゝ含有量は三・二五%なり、故に別段の指定なき限りは此の含有量のものを以て普通ニッケル鋼と見るべし、斯る含有量のニッケル鋼は橋梁、大砲用鍛工物、機械部分、機關及自動車部分、其他類似の品にして其の任務が到底普通の鋼の堪へ能はざる個所に使用し効果大なり、橋梁用としてニッケル鋼は主としてスパンの長さとき使用せらるる而して此場合ニッケル鋼の強度及靱性の増加が單にニッケルの存在に基くのみにて足るときは是れを其自然態にて又はアンニールして使用するを常とす。

此ニッケル鋼はクインスポロー橋、マンハッタン橋、セントルイス市橋並ケベック橋及カンサスシテ水道橋に多量使用せられたり。中にはニッケル鋼のテンションメンバーを焼入れたるものあり其の方法としては長さの方向を水平として長邊より水に入れて急冷し後ち五萬五千封度の彈性限度を目途とし焼きを戻せり、ニッケル含有量比較的少なきもの即ち約二%位のものにても之を熱處理せば上記の強度を有せしむるに足るべし。

橋梁にニッケル鋼を使用すれば幾分重量を減ずることを得此のことは前記の如き大橋梁にありては大切なることなり、然れども橋梁のスパンが夫れ程大ならざるものには普通の鋼にて何等差支なく代價は廉なり。

ニッケル二%を有する鋼は自轉車用の無縫目管其他耐力を大切なりとする管の類に使用せらる、此等の管は熱處理を爲さざるもチューブに引出すときの冷態延伸作用に依り良好なる性質を生ぜしむるを得るなり、ニッケル三・五%の普通品は大砲に用ひらるも此場合には常に熱處理を爲す、又幾多の自動車部分品に用ひらる、是れニッケル鋼が熱處理の度合を種々變更して有用なる種々の性質を生ぜしめ得る爲め普通の鋼よりも其の強度に於て勝るものあるが爲めなり、又大形のダイナモ杯にて廻轉フキルードにニッケル三%のニッケル鋼製の環を連結して使用せらる。これニッケル鋼が其の強度のみならず磁氣上の効率に於ても斯かる用途に適するが爲めなり、ニッケル鋼はパーミアビリター高くヒステレシスの性低し。

軌條用諸ニッケル鋼の特徴 約三・五%のニッケルを含むニッケル鋼は幾多の鐵道に試用せられたるも概して成績不満足なり、最も小部分は尙ほ腐蝕及破損の少き爲め主として隧道内及濕り勝ちの場所で使用されつゝあり、價は普通の鋼レールに比し約二倍にして耐久時は時々約三倍に達することあるも平均せば夫れ程にはなし。ベセマー普通鋼のレールに比し二倍迄の壽命を持ちたるベセマーニツ

6
 クル鋼レールの某口全部は不均一に磨滅し且つ曲線の個處にては頭部が一方にヒシヤゲて遂に長さ三四尺薄さリボン形になり取れたることあり、又インゴットの上の部分より作りたるレールは下の部分より作りたるレールに比して成績不良なり、該インゴットは當初其の質の健否を試験せざりしも必ずや上の部分にはパイプ及多くの氣泡を有し而して是等のパイプ及氣泡はロールさる、とき良く沸き付かざりしならん沸き付き悪しきことはニッケル鋼の缺點として争ふの餘地なし。
 普通ニッケル鋼の性質 普通ニッケル鋼の性質は次表の如し、供試品は何れも小形の試験片にして伸長は特記せざるものは皆長が二吋に對し測りたるものなり。

試験片番号	分 析					状 態	性 質					
	炭素 %	錳 %	硅素 %	硫黄 %	磷 %		ニッケル %	緊張強 封度	弾力限界 封度	伸張率 %	收縮率 %	硬 度 (ギール)
1a	0.28	0.57	.....	0.03	0.02	3.44	775,000	95,420	56,670	b 21.2	50	.....
2c	.40	.64	.....	.02	.01	3.48	775,000	98,800	51,400	d 12.4	33	.....
3c	.40	.55	.....	.03	.01	3.70	同上	98,180	56,060	d 15.8	40	.....
4c	.20	.65	.....	.04	.04	3.50	同上	.....	43,000	27	62	170
5e	.20	.65	.....	.04	.04	3.50	(f)	.....	95,000	20	72	216
6e	.20	.65	.....	.04	.04	3.50	(g)	.....	140,000	14	61	330
7e	.30	.65	.....	.04	.04	3.50	775,000	.....	63,000	27	63	163
8e	.30	.66	.....	.04	.04	3.50	(h)	.....	87,000	25	68	207
9e	.30	.65	.....	.04	.04	3.50	(i)	.....	123,000	15	57	269
10e	.30	.65	.....	.04	.04	3.50	(j)	.....	137,000	13	57	405

熱處理を施さざるニッケル鋼普通材にては1%ニッケル毎に一平方吋六千乃至八千封度の緊張強を増加す此表に依れば普通のニッケル鋼は其質の變化範圍擴くして一方費用を節約し他方如何なる構造物にも之を使用し得るなり特種の目的に供する爲め造りたるニッケル鋼の一に就き其の性質を示せば左の如し。

炭素0.2% 滿 備0.5%
 硅素0.35% ニッケル2.5%
 緊張強八五、〇〇〇封度 伸 長二五.%
 收縮 四〇%

此鋼は焼き入れを爲さず唯アンニールしたるのみのものなり。

ニッケル五乃至八%を含む鋼はクリチカルポイントに在る状態を呈す、之の割合は炭素量普通なるときにマルテンサイト組織即ち甚だ堅き性質を有し得べき最小度なりマルテンサイト組織は普通鋼にては之を硬化したるときに相當す、斯かる鋼は熱態冷態共に加工し憎くさも適當の注意を施さば之をロールし得るなり、斯る材は激衝に對し大なる抵抗力を要する場合には随分便利なり、殊に厚味0.15吋の薄き鋼板として野砲の甲板の一部に使用せば銃弾に對し彈藥及兵員を防護するに適せり陸軍省にて分析せる此種の材の一の見本品に係る分析下記のとおり。

11k	.25	.74	0.21	.01	.01	3.55	(1)	207,000	177,000	14	80	395
12k	.25	.74	.21	.01	.01	3.55	(m)	135,000	117,000	20	67	267

炭素	〇・四二%	滿俺	〇・四九%
硅素	〇・二六%	硫黄	〇・〇二%
磷	〇・〇二%	ニッケル	六・六八%

ニッケル鋼を全然マルテンサイト組織と爲すに要するニッケルの量の最小限度は炭素の量に依り定まる、例へば炭素の量低き即ち〇・二%のときはニッケル八%を要し炭素の量〇・八%位なるときはニッケルの量5%位にても其の組織はマルテンサイトとなるを得、前記分析のものはマルテンサイト組織のものなり、ギレット氏はニッケル六%炭素〇・三八%を有する類似の鋼の性質を左記の如しとせり。

炭素	ニッケル	緊張強 (封度)	弾力限界 (封度)	伸張率 %	彎曲率 %	減衝
0.38	6.0	118,760	99,540	20	65	30
空中硬化(華氏五百十度)	.....	177,750	156,420	11	53	19
水中硬化	.....	199,080	177,750	10	50	17

尤も同氏は此鋼の組織がマルテンサイトなるや否やを言はざるも弾性限度の高きを見れば多分アンニールせざるときにありてさへも然が有りしならんと思はる、ニッケル八%を含む鋼は攝氏五百十度(華氏九百五十度)にて第一、第二及第三の各變移點 (A₁, A₂, A₃) 相一致す、ニッケル八%は普通のアンニリング及焼入れを爲し得る最高限度なり、ニッケル一〇%以上のものは焼入れするも硬化せず、反對に軟化す。

アイノード及リード兩氏の發見に係る鐵合金

アイノード及リード氏に依つて近時發見せられたる

一三%のニッケル及〇・五五%の炭素を含む鐵合金はニッケル鋼中最も堅きことに於て注意の價值あり其の堅きことは機械に懸けてこれを細工することを許さず、發明者はこの合金を分析せんとて小部分を錐にて採み出さんとせしも能はざりしとのことなり、此金屬のイールドポイントは一三四、〇〇〇封度緊張強一九五、〇〇〇封度、二時に對する伸張率一二%なり、以上の數字に依れば此合金の價値數は二、三〇〇、〇〇〇にして斯くの如きは硬度の高き鋼としては甚だ大なるものと見るべし尤も施鍛滿俺鋼に對する七、〇〇〇、〇〇〇なる價値數には及ぶべくもあらず、斯かる分析の示す鋼がヘッドフィールド氏の試験中に加へられたりとせば中に就き最硬なるの結果を挙げたるなるべし、彼の發見したる處に依れば炭素の低き鋼にして一一・四乃至一五・五%のニッケルを含むものは何れも緊張強二一〇、五六〇封度にして如斯はニッケル含有量が其の前後附近に在るものに比し何れも優れり、されば強度曲線は是等二點の間即ちニッケル約一三・五%のとき最大に達するなるべし、アイノード及リード鋼はヘッドフィールド氏試験と調和するには勿論是れより高き緊張強即ち二十一萬五千封度を有せざるべからず尙ほ此曲線の實際の素狀を正確ならしむるには試験を重ねるの要あるべし、アイノード及リード兩氏は此鋼の抱合式を先づ $\sigma = \sigma_0 + k\epsilon^n$ に近きものとせり斯様なる性質を生ずる鋼は必ずや幾分の用途を開くべし。

ニッケルの調合量を更へたる諸ニッケル鋼の性質

ニッケル十三%含有ニッケル鋼としてアーノード及リードの發見有りし迄はニッケル十五%含有ニッケル鋼を以て熱處理を施さざるニッケル鋼中の最強のものとしてせられたり、此の種の鋼はシャフティング其他類似の用途に於て普通鋼にては間に合はざる場合に用ゐられたることあり然れども其量に至りては統計上甚だ僅少なり、此鋼は機械に掛けて削ること難く又之を熱し徐々として冷却せしむるも堅さを減ずること無し、然れども之を熱して急激にクエンチするときは稍其質を柔かならしめ機械にて徐々に削るを得、此鋼の緊張強は約十七萬封度、彈性限界は十五萬封度なりとする人あるも前記の如くハツドフィールドの試験に依れば緊張強は二十一萬五百六十封度にして伸長に對する抵抗力は餘り大ならず、前に此鋼の使用に依り達せんとせられたる性質殊に伸性を大ならしむることも今は一層廉價なるニッケル又はニッケルクロミヤム熱處理鋼に依り凌駕せらるべし。

十八%ニッケル鐵は實用には餘り役立たざるもこれを攝氏二百度(華氏三百九十二度)より冷却するときに發生する該鋼の特性は茲に特記するを要す(セツクストン及ブリムロースに依る)先づ其の攝氏百三十度(華氏二百六十六度)に減ずる迄は收縮均一なるも更に攝氏六十度(華氏百四十度)に減ずる迄は膨脹し而して其後再び溫度の降下に伴ひ收縮を始む、二十二%のニッケル鋼は腐蝕若くは鏽化に對する抵抗力を要する箇所に使用せらる顯著なる實例としてはニューヨーク市の消防用鹽水バルブのシステムに使用せられたものあり、又内燃機關(自動車用の分を含む)用スパークプラグのスパークボ

ールに用ひらるゝことあり(普通のニッケル針金を用ふることも多しとすれども)二十五%以上のニッケルを含む高度ニッケル鋼にして炭素の量少なき(三%)ものは其の組織オーステナイト狀にして自然狀態に在りてはマルテンサイト組織を有する中量ニッケル鋼よりも柔軟なり、二十四乃至三十二%のニッケルを含める高度ニッケル鋼にて造りたる針金は少量なれども電氣抵抗用に用ひらる、我國にての産出量は一年間五噸乃至十噸なるべしクルップ製電氣抵抗用ニッケル鋼針金の合成分及び抵抗力は左記の如し、此針金は電氣割烹器、火熨斗其他類似の用途に供せらる。

供試材の種類	炭素	錳	ニッケル	クロム	モリブデン	シリコン	銅	硫黄	磷	鉛	電氣抵抗比
1	0.52	0.75	0.10	0.035	0.024	—	—	—	—	—	30.6
2	0.39	1.00	0.70	0.035	0.025	—	—	—	—	—	24.2

ニッケル鋼は馬銜、鏡、拍車等鏽化を嫌ふ物に用ゆ尤も是れとても如何なる場合にも決して鏽びずとは言ひ難し。

二十四%以上のニッケル鋼は普通狀態にては非磁氣性を有す鐵及ニッケル各自何れも磁性に富めるに拘はらず斯の如くなることは注意すべきことなり、鐵に於ける磁氣性と非磁氣性との變移點はニッケルよりも攝氏七百度(華氏千二百九十二度)乃至通常大氣溫度丈け低しと言へることには誤り無し、二十五%のニッケル鋼は攝氏零下四十度(華氏零下四十度)迄冷却さるゝときは磁氣性となり其後普通大氣の溫度迄はこれを持続し、又攝氏五百八十度(華氏一千〇七十六度)に達すれば再び非磁氣性に戻る

此温度に伴ふ磁氣性、非磁氣性各變移點間の温度六百二十度は普通鋼に於て攝氏二十五度乃至五十度なるに比せば大なり、されば此種のニッケル鋼は先づ磁氣變轉不能のものとして高度のニッケル鋼は非磁氣性なるも上記の如く低温度に冷却するときは磁氣性となり而して一旦磁氣性を得れば容易に非磁性に改め得ざること主なる障礙となりて利用せられず。

高度のニッケルを含むオーステナイト組織の鋼は低度のニッケルを含むニッケル鋼若は普通鋼に比し彈性モデュラス幾分低きも是が爲め其用途を減ぜらるゝこと無く又激衝試験に耐へ粘靱性を具ふるも同時に彈性限界低し、是れあるに拘はらず、此の鋼は鍍化若は電氣に對する抵抗力の強きため廣く使用せらるゝなり、 0.25 乃至 0.30% の炭素及 3.2% ニッケルを含むものはガソリン發動機のパルプに使用し結果良好なり、 30% のニッケル鋼はボイラーチューブ殊に船用のものに使用して成績優良なり是等のチューブは自然態の儘熱處理を施さずして使用せらるゝ、其鍍化に對する抵抗は單一鋼のチューブよりも約三倍の期間に耐ふ故に直段高きに拘はらず時に是を使用するを便利とすることあり。

インバール

ニッケル二十六%のニッケル鋼をインバールと稱す、其の一年間の使用量は數百封度位にして時計の振子、測定器械のロッド其他普通大氣温度の變化に伴ふ微小なる膨脹及收縮をも之を厭ふ部分に用ひらるゝ、此合金の膨脹係數は少なりと雖も決して計算上無視すべきものにあらずればインバール合金製

時計振子懐中時計のバランスホイールにも亦調整装置を要す、インバールバランスホイールを有する懐中時計も普通の制限温度即ち華氏四十度乃至九十度間の温度變化に對し一日二十四時間に二十秒の狂ひを生ぜり、如斯は良き時計としては少しく大に過ぐ、インバール鋼中攝氏一度毎に 0.0000 攝氏一度毎に延長一哩に對し 0.005 吋膨脹に相當す。

インバール鋼を攝氏三百度(華氏五百七十二度)附近及以上に熱するときは膨脹率頗る増加す、之に依つて考ふれば普通温度に於て係數の小なることは或は部分的の變化なるが如し、又温度非常に低くなるときは收縮係數にも同様増加あり。

プラチナイト

炭素 0.15% 、ニッケル 56% ニッケル鋼をプラチナイトと稱す、此合金は白金並に硝子と略ぼ同様の膨脹係數を有するを以て硝子の中に埋め込み置くも温度の變化の爲め硝子を割るが如きこと無し、之は電燈球に白熱用針金を引き込むに當り此合金を白金代用として使用し一時甚だ便利なるものと思はれたり、然れども電球の内部には真空を維持すること甚だ大切なるを以て針金と硝子の間に隙あるべからず、プラチナイトは此點に於いて十分適當なるを得ざりし爲め今は從來程に用ひられず、現時用ひられるものはコンパウンドワイヤにして 38% ニッケル鋼を眞として銅にて之を巻きたる

もの或は更に之に白金を鍍着したるもの多く使用せらる、斯の如くすればニッケル鋼の眞は硝子よりも膨脹少く銅は硝子よりも膨脹大なる爲め結局兩者は互に壓迫し且つ外方の硝子との間に間隙無からしめ得るなり、ニッケル鋼を斯る用途に使用するニッケル鋼の量は約一年二噸なり。
鐵とニッケルとの合金としてギレット及其他の人の研究せるもの尙ほ數多有り、要之完否の差別は有るも多様なる調査の成績は廣く研究せられ實用上未だ有要なりと認められざる分に對しても學術上有益なる智識の得られたるもの尠からず。

ニッケルクロミヤム鋼

ニッケルクロミヤム鋼は取引上普通クロムニッケル鋼と稱す、構物上に使用する鋼の内最も重要なものなり其の用途は漸次新方面に發展し他の合金鋼殊に單一ニッケル鋼の領分を侵蝕して着々増加しつつあり、又一時盛に使用されざるニッケルウアナヂアム鋼及ニッケルクロミヤムウアナヂアム鋼の領分は殆ど全部此鋼に依りて代られたり、ニッケルクロミヤム鋼の千九百十三年に於ける産額はインゴットとして約十萬噸に達し内二千乃至三千噸の坩堝電氣爐製を除き其他は何れもオープンハース爐にて造られたり、此鋼の製造所は十乃至十二あり。
ニッケルクロミヤム鋼は熱處理を施さずして使用さるゝこと殆んど無し、熱處理適當なれば尙の小なるニッケルクロミヤム鋼製品は鋼中他に比類少き優秀なる自然性を現はし弾性限界四萬乃至二十

五萬封度の間如何様なる限度のものをも造り得べく而して其の延靱性は他の金屬に在りては弾性限界の増進に伴ひ勢ひ減少するにも係はらず割合に大なり、ニッケルクロミヤム鋼は同一の強度延靱性を有する單一ニッケル鋼よりも幾分廉價なるを得何となれば合金用合成物の總量他の合金鋼よりも少く而してクロミヤムはニッケルよりも廉なればなり。

合成成分及性質

有效なるクロムニッケル鋼としては其の含有するニッケルの最大量は三・五%なり、而して此部類に屬する有效鋼の組織はギレット氏の説に依ればバークライト状なり又同氏の説に依ればクロムニッケル鋼のケースハーゲンしたるものは單一ニッケル鋼よりも堅し、クロムニッケル鋼の缺點は單一ニッケル鋼と同様なり熱處理を施さざるニッケルクロミヤム鋼六箇の供試材に就き調査したる合成成分及性質は次表の如し。

鑄造の儘にて未だ熱處理を施さざるニッケルクロミヤムの合成成分及性質

供試材番號	成分				抗張				記事
	炭素	マンガン	シリコン	ニッケル	抗張強	弾性限界	伸張率	硬さ	
1.....	0.55%	0.41%	0.22%	0.03%	96,000	75,000	66%	185	焼鈍
2.....	0.18%	0.27%	0.05%	0.04%	72,000	51,000	71%	134	

合金鋼の製法及用途

合金鋼の製法及用途

供試材番号	炭素 %	マンガン %	シリコン %	硫黄 %	リン %	ニッケル %	クロム %	抗張強	弾性限界	収縮率 %	伸張率 %	硬さ	熱処理
3	0.15	0.24	0.13	0.02	0.01	1.28	37	52,000	42,000	64	38	115	ク
4	0.29	0.42	0.07	0.06	0.02	3.86	1.48	—	—	—	—	—	製造の儘
5	0.25	0.32	0.10	0.03	0.02	1.45	1.20	96,500	81,500	68	25	—	試験片
6	0.25	0.32	0.10	0.03	0.02	1.45	1.20	97,100	80,900	49	7	—	ブライマー現物

a 即ち長さ二十一尺にて

熱処理を施したるニッケルクロロミヤム六箇の供試材に就き調査したる合成分及性質は次表の如し
熱処理を施したるニッケルクロロミヤムの合成分及性質

表中供試材第一、二、三號は何れも焼戻し温度の變更に依り第四、五號と同様の性質を有せしむるを得、ニッケルクロロミヤム鋼は多く甲板、砲弾及自動車の部分品として使用せらる、ニッケル二%クロロミヤム〇・七%を含むクロロミヤムニッケル鋼の軌條は各所の鐵道に使用されたるも結果不良なり、其の摩滅抵抗力は普通の鋼製レールに比し良きも堅に又長の方に痛く破損したれば結局不安全

なるものと考へられ遂に線路より取除けられたり、是等のレールはベセマー式に依り造られ熱処理を施さざりしものなり

マヤリ鋼

此名稱を有する鋼は自然のクロロムニッケル鋼にして玖馬島マヤリ鑛山より採掘する一種の鑛石より造りたるものなり、此鑛石はニッケルの含有量充分にして製品にニッケル一・三乃至一・五%及クロロミヤム二・五乃至三%を有せしむるに足るニッケル及クロロミヤムを含有す、此鑛石をニューマテイツク又はオープンハース式にて鋼に造るときニッケルは事實上其儘鋼の中に残留するもクロロミヤムの多くは酸化に依り消滅す、一部分マヤリ鐵鑛を混じたる鋼を以て造りたる軌條及トラックポールトは良成績を上げつゝあり尤もトラックポールトは抗張強七萬五千封度を有せしむべく熱処理を施されたるものにして成績殊に良好なり。

他のクロロムニッケル鋼が成績良好ならざるに獨り此種のレールが満足なる結果を呈するが之に對しては未だ明瞭なる説明なし、然れども主なる相違は

- 一、是等のマヤリ鋼軌條はマヤリ鐵鑛石を僅に其一部に混用するのみなれば製品中の合成元素の量少なきこと
- 二、オープンハース爐にて製造せらるること

合金鋼の製法及用途

合金鋼の製法及用途

に有るが如し。
 マヤリ鉄を含有する鋼の用途は増加しつゝ、あり此需用に對してはマヤリ鐵鑛の合成分を模範とし普通鋼にニッケル及クロミヤムを適當に調合せば必ずしも是に應ずること難からず、マヤリ鋼の製産量は前述クロムニッケル鋼一年の産額中に含まざるも將來遠からずしてマヤリ鋼の噸數は他のクロムニッケル鋼全體の量を超過するに至るならん。
 ニッケルクロミヤム鋼の鑄造 ニッケルクロミヤムは又鑄物に作り焼鈍し若くは熱處理を施して使用するを得、左表はクロムニッケル鋼鑄物の合成分及性質を示す。

供試材番號	合成分					強			條件		
	炭素 %	マンガン %	シリコン %	ニッケル %	クロミヤム %	抗張強 打	屈服強 打	伸張率 %			
1.....0.30	0.41	—	0.04	0.03	3.64	1.49	91,500	45,500	24	16.5	焼鈍
2.....0.33	0.39	—	0.04	0.03	3.58	1.61	90,500	46,500	27	18.5	同
3.....0.30	0.20	0.35	—	—	2.50	0.50	110,000	80,000	30	20	熱處理

24
23

終

