

拔 萃

合成鑄鐵に就て

Engineering Vol. CVIII. No. 2810 By Charles A. Kellea.

T O 生

第一章 合成鑄鐵の製造起原及其の發達

合成鑄鐵(Synthetic Cast-iron)とは、電氣爐を用ゐる余か此の製造を開始したる以來、鋼の削屑に再炭滲熔法を施し爲に得たる鐵に對し附與せる名稱にして、爾後冶金界の流行語と變し既に今日は一般的となりし語なり。

合成鑄鐵製造法の斬新なりとする點は、鐵若くは鋼の屑金特に削屑を爐の熔融裝置内に收容すると同時に、他より炭素を誘導し共に是等の材料を熔融するものにして、各型式の異なる爐は種々ありと雖、就中電氣爐は此の冶金作業實施上に要する幾多の條件を遂行するに適せることを示せり。

嘗て電氣爐を用ゐる鋼の製造に著手せし際、偶々作業の實施に連繫するなく、鑄鐵に等しき成分の炭滲鋼を得たることあり。又此の事實以外に鐵を飽和點迄炭滲し得ることは既に久しき以前に知られし方法なりしと雖、單に製鋼の目的に依り有蓋式の爐を用ゐる炭素及鐵より成る密質の炭團(Carborite)或は炭素と鑄鐵の削屑とを壓搾して塊狀と成れるものを挿入するか如き、各種の著名なる炭滲法に則り熔鋼を處理するも、前述の一事實より同等利益の收むる所あらざりき、畢竟是等は鑄鐵を求むる範圍に及ぼし炭滲法を實行するものなれば、極めて作業困難にして經濟的ならざる缺點あるを免れ

す。然るに鋼の削屑と炭素との混合物に對する繼續炭滲法は、唯一の合成鑄鐵製造上の經濟的方法として有効なるのみならず、國家有事の際之か急需に應し得る以外將來益々發展の望あるものなり。

先づ煉瓦にて築ける爐の内匣に鋼の削屑を收容し、豫め之を熔融するにはエネルギーの一定量を消費することを要し、次て鋼全體を熔融する爲、溫度を上騰せしむ。然れども此の式に應する爐は逐次熔融すへき材料を絶へず補充するのみならず、爐壁も亦遙に冷却式に構造しあるを以て、平爐に比較すれば其の熱能率低し。又他方には開閉式の爐匣に削屑を填充するは、大に技術上の困難を伴ふものなり、而も是等の缺點は前記の普通方法に依り實際炭滲を行ふ場合に當り、必ず發生する所の困難と比較せは尙小なりと謂ふへし。而して熔融後に於ける削屑の炭滲は、熔融金屬の上層と給炭劑との間に生ずる熔體のみに對し効果あるものにして、炭素量の増加に従ひ作業益々困難にして且炭滲の進捗緩徐たるを免れず。又濃厚な給炭劑を使用するは不經濟にして、炭滲の効果現はること緩徐なるを以てエネルギーの消費亦著し。而して爐は一加熱毎に空虚ならしむる要あるか故に、必然氏の作業に伴ひ熱の喪失並火床、爐側及ルーフの修理をも顧慮する要あり、之に反し平爐式を採用し繼續作業するときは是等の失費なきなり。

又炭素と共に鋼の削屑を混し電氣爐に填充するときは、之か炭滲程度は爐に存在する物質の有名な反作用に作り絶對に調整せらる、加之未だ全く熔融せざるに、填充層の上部に於て既に炭素と鐵との結合を起すは注目すへき事項にして經濟上重要な利點なり。而して炭滲即ち硬化は六五〇度以上の溫度より開始し、填充物の量漸次減少するに因り、溫度の上騰に伴ひ其の作用益々急速と成る。

元來鐵は漸次熔融するに従ひ、固體炭素と一部炭滲せる金屬との間に接觸したる後次て炭滲を起し、全く熔融せしときは炭滲作用終局するなり。而して其の溫度は鐵の品質如何に關係するも、電氣爐に依りて鑄鐵を製するには、攝氏一、二〇〇乃至一、三〇〇度を適當とす。

余は或程度迄普通意義の炭滲法に就き述へたりと雖、電氣爐を用ゐる此の作業を適當に行はんには少しく顧慮するを要す、即ち鋼の削屑と炭素との混合體其のものは元來傳導率大なるを以て、電氣爐に依り普通狀態の作業に堪へしめんには常に使用せらるべきものより以上の強い電流を通して其の電位を低からしむるを要す、然るに冶金上概して利益する所あらざるに、徒らに硫黄除去の效果あらしめんか爲、製鐵上電氣融解法に依るは實に遺憾なり、之に反し填充物に鹽基性の熔滓を添加すれば、克く前述の二要件を充實し且以下に示すか如く、互に炭慘上二結果を生ずるを以て此の法を施すに頗る效あり。

1 傳導率高き材料(削屑と炭素)内に不傳導性の物質を添加するときは、處理すべき本體の傳導率を低くし、普通電熱狀態の下に熔融を行ふに適す。

2 爲に生ずる金屬に對し之か硫黄除去を完全に且容易ならしむ。

今次に前記の要領に據り實施する方法に就き、冶金上より之を評論せんに、多量の鹽基性熔滓を添加し得たる所の鐵は挿入せる硅酸の少量と結合して、硫黄を除きたる以外の物質を悉く含有しつゝ、硅素量は何等變化を生ぜず、且填充物に含みたる炭素には著しく硅酸の介在することなくして、單に悉く炭慘の爲に用ゐ盡さるへし。

斯くすれば普通の削屑より白色の鑄鐵を製し易く、實際硫素〇・四四%滿俺〇・五五%及硫黄〇・〇七%を含む削屑より次の成分の白鐵を得たり。

炭素	三五五%	硅素	〇・五二%
滿俺	〇・四八%	硫黄	痕跡

是に據れば硅素及他元素の含有量を調整すること容易なり、例令は填充物を變質せしむる爲、炭素の適量と共に之に添加する硅酸硅多きに從ひ、自然過剰の硅素を生ずる理にして、熔滓に含む硅酸量

の多寡は、鐵に存する硅素含量に應じて増減することを得へし。

以上述べたる理由に依り絶對に填充物の豫定計算に準據することに注意し、且専ら之に含有する元素の測定量に適應する如く處理するときは、余の述べたる鑄鐵製造方法は確實に信賴するに足り此の決定の謬らざるを證せんか爲、一例を示さんに、一箇月以上も使用するに故障を惹起せざりし八〇乃至一〇〇噸(毎二四時間)の熔融力ある電氣爐を應用し、特に監視を附して作業せしに、炭滲及硅化の結果成品の成分に〇・二五%の差ありしのみ。

是等の事實より觀察すれば、熔滓の成分は的確に調整し、又誘導すべき炭素量は精細に知らざるへからず、而して此の製造方式は極めて精密なるを要し、相當に鋭感性高きを以て、全然化學實驗所の補助を求めされは完全に遂行し難き傾向あり。

炭滲に供する炭素に關し其の物理的條件を顧慮する以上は、鋼の削屑の大きさに相當せしむるを要す、然るときは分子間の接觸は可成的完全を期し得られ、從て爐内に於ける填充物の温度高き部分の炭滲を助長すへし、是を以て細小粒の骸炭を最良とし、木炭之に亞き、價格及所要品質の純度に因り孰れを採用するも可なり。

既述せし合成鑄鐵の製造方式は極めて簡單なるを以て、填充物の準備上要求する所なければ、技術上の操作如何に關係せず、所要の結果を收め得るか故に何等熟練工たるを要せず、唯各合成物の成分を精密に知り得る能力あらは足れり。

絶えず填充物を爐に補給し加熱するも、電氣爐の取扱不正ならされは、著しく電力の消費量を減し火床より發する熱は填充物の直下部に傳導する如く位置せしむれば、大に材料加熱上電力利用の範圍著しく、熔融前に豫備炭滲の行はる效あり、詳言すれば八〇乃至一〇〇噸の爐は毎時二、五〇〇キロワットの電力を要するに、之か熱利用の爲、毎時六七五キロワットの少量迄に電力の消費を節するこ

とを得、而し記載する如き状態に作業すれば、爐の保存上良好にして、上述の爐は戰役中六箇月間佛國リヴェ工場に於て使用せしに拘らず、内側、爐胴若くは其の他に修理を要すへき箇所を認めざりしに、其の後水力電氣の供給杜絶の爲、之か使用を中止するに當り、唯爐の内側に若干修理すへき部分あるを知りしのみ。

炭素と熔湯(液態)と成れる鋼に存する熔態炭素とを接觸なましめ、既に其の以前に熔融したる金屬を緩徐に炭滲して爲に得たる鑄鋼と、既述の方法に依り特に高溫度を利用し、固態或は半凝固態の金屬と固態炭素とを接觸せしむるを原則とし、爲に得たるものとの間に存する著しき差異に就き、茲に詳述する要なきを以て之を省くと雖、二方法の利害得失は宜しく經濟的及冶金學上の方面より觀察するを得策とす。今合成鑄鐵製造に關し經濟上利益の主たるものを示せば次の如し。

一 品質良好の電極を使用すれば、之か消耗を一噸に對し六庇の少量に減するを得。

二 酸化せざる削屑の消費量は鐵一噸に對し一・〇五〇庇にして、可なり發錆せる屑金に在りても一・〇〇〇庇を超ふること少量なり。

三 普通砲彈用鋼の削屑を材料とし、炭素三%、硅素一・七五%を含む強性銑鐵の一噸を製するには定炭素八〇%を含む骸炭約八〇庇にて足れり。

四 八〇乃至一〇〇型の爐には、削屑の扛上及之か填充に機械的裝置を備ふるか故に、手工に依り材料を準備し、若くは填充物の補給竝爐を調製する等にて職工十五人以上を要することなし。

五 削屑を容器に填め、之を貨車に積載し運搬せしむるに、一噸に對し七人を要し、其の他倉庫に於ける削屑の區分等に尙二人を要するのみ。

實施方法の簡易にして經濟的なると共に、鋼特に砲彈用鋼の削屑頗る多量に發生せしを以て、合成鑄鐵は戰爭期間其の用途の範圍頗る擴大せしか、終局の今日に在りても鋼に類する品質のものを生

し、抗力大なる機械部品の製造に供し適當なるを以て、之か使用の範圍縮少することなきを信して疑はざるなり。

是を以て佛國リヴェ製造所に於ける如く、機械部品鑄工場を合成鑄鐵製造所の附近に設立するは便利なり。此の場合に若し要すれば、第一爐より鑄鐵を電氣混和機に移し之に數多の金屬を配合して直に鑄造品を製するに適する樣金屬若干量を準備し置くを可とす。電氣混和機は製銅爐に類似し、實際鑄造前見本品に依りて其の品質を定むるなり。

此の以外に、電氣爐を用ふれば削屑より可鍛鑄鐵を製すること容易なり、何となれば鋼削屑は一般の性質上硅素及滿俺の含有量を低からしむることを得るか故に填充物の成分如何に據り從て存在する炭素量を容易に減するを得へし。又合成鑄鐵はニッケル或はクロームの如き特種金屬を添加して、獨得の銑鐵を製するに供し用途頗る大なり、斯の如き場合には水素、窒素、酸化炭素及吸藏せる氣體を除去し此の特種銑鐵を製すれば、蓋し其の利益尠少ならず。又硫黃除去の條件の下に製したる鑄鐵に在りても然りとす。

嘗て軍需品製造材料として要求せられたる鋼類は、是等を蒐集せし根本より察するに、合成鐵の製造に供するものと匹敵し、一般に含磷量なき純度の鑄鐵と制限せられたりしか、戰後には其の情勢變するなきを保し難きか故に、從て同種の鋼削屑を求むる能はされは到底品質上の保證を附する能はす、是を以て品質良好の鑄鐵を求むるには、必要條件として磷の除去したものを選定せざるへからず。而して除磷の有無は爲に得たる結果に關し冶金上の價值に不同あるを以て、余は實際削屑より合成鑄鐵を製するに二重法を採用し之か完全を期したり。

作業溫度を低くし且金屬の鑄流を容易ならしめ、同時に除磷の效果を現はさんとするには、臨界炭滲を施し可成的其の滲徹度を高からしむること必要なり、故に先づ第一に鋼削屑に炭素及鹽基性酸

化溶滓の少量を混して、之を熔融なましめたり、而して熔滓混合の量は一%或は稍々其の以上なれば此の目的を達せしむ。

第一次に除磷せられたる金屬は、或場合に少量の硅素及滿俺を含むことあるを以て、之を小塊に鑄造し置き、更に炭素と極めて少量の磷を含む材料より成る除硫したる熔滓の適量を之に混し、平爐にて熔融するか否らされは煉瓦にて築きたる第二爐に注流し、再ひ炭滲の爲、無烟炭の層にて蓋ふか孰れかなり。斯くして製造されたる合成鑄鐵の硅素及滿俺量は、普通の方法に依り酸化物及還元炭素の適量を添加し調整すべきなり。然るに二重作業法は第一次作業間の製造費用稍々増加し、第二次に及ひ之か轉換費尙多くして普通の合成鑄鐵製造費に等しく、二作業を行ふに一時間約一、五〇〇キロワットの電力を要するなり。

斯の如く二重作業法は多額の製造費を要するも、依て生ずる所の合成鑄鐵は磷及硫黄を含まず、且硅素並滿俺量均齊にして純質なるか故に價格大なるを以て、之か製造費用の多きを償ふに足り、商業上斯の如き品質のものは瑞典純鐵と拮抗することを得へし。

次に余は鋼の削屑を利用する製鋼問題に關聯し、之に基つき計畫せし交互製鋼法(Alternative process)に就き少しく説明し、合成鑄鐵に依り得たる冶金上の結果を述べんとす。

交互製鋼法とは、前例に於ける如く鋼の削屑を補給しつつ、之を平爐にて熔融せしむるにありと雖、熔滓は酸化せしものに換ふるに硫黄を除去したるものを以てし、填充物に誘導する炭素量は削屑に含む酸化物を還元し、成品たる鋼に求むる含炭量を著しく超過する範圍に金屬を炭滲するに足らざるへからず、斯くすれば硫黄を除去せし金屬の注流を容易にし、第二次に於ける酸化作業に便なるか爲なり、例令は〇・五%の炭素を含む鋼を求めんとせば、炭素一・五%を含む頃に一爐の金屬を注流するを可とす、之れ既述したる如く熔融作業間に硫黄より遊離したるものなるへし。

第二次の作業は金屬を精製し、之に所要の炭滲を施すと同時に燐を除去する目的に出づるを以て、爐は平爐若くは電氣爐の孰れを採用するも不可なし、唯普通の方法に従ひ最後の添加に依りて金屬の含炭量を適當ならしむるのみ。以上説述する所は第一章の終末にして、讀者諸氏は恐らく將來益々品質優良の金屬を求むる時運に際會せんか、合成方法に依り電氣鐵を製するは、冶金上重要な事業として囑望するに足ることの確信を懷きたるへしと信す。

開戦期に當り合成鑄鐵の製出量著しく、佛國リヴェ、ナンテール及リモージュ等の三工場（ケレ、レル、會社の支配するもの）以外の他工場に於て、同期間に製出したる量は幾何なりや到底推測たも許さざるなり、而して前記三工場にても優に一五〇、〇〇〇噸を超え、加之ナンテールに在りては最後八箇月間他の製造業務に従事したるなり、然れとも平素斯の如き多額の製造能力あるへきにあらされは、遙に新工場を増設し特に奮勉努力し急需に應ずることを得たる所以なり。

第二章 製造作業狀態

一九一四年六月二十日第六回内國商業會議所研究會開催の當時、余はリヴェ工場に於て合成鑄鐵製造法の沿革を述べ、一九〇八年以後の成績を示し、同時に電氣爐を用ゐる鋼の削屑を炭滲せは直に抗張強大なるセミスチールを求め得らるへき所以を述べしか、其の當時既に一工場に於て可鍛鐵の製造計畫に着手せしときなりき、然るに開戦の爲、其の計畫水泡に歸し、其の後間もなく政府よりセミスチール製砲彈に關する仕様書を示されしかは、余は直に佛國軍需補給部所定の條件に従ひ、之に合致すへき金屬製造の計畫を爲し、同年十一月頃一種の鐵を製し研究したるに、次の成分を保てり。

炭素 二九〇%

硫黃

痕跡

硅素 一七五%

燐

〇五%

滿 俺 〇五〇%

拔 萃 合成鑄鐵に就て

又試験成績の次の如し。

抗張強每平方耗に對し五〇疋にして、撃突抗力は六〇回(標點距離を一六糎とし、四〇耗平方の試験片に對し八九種の距離より一二疋の鎗を落下せしめ、破壊するに到る迄一回毎に其の落高を一糎宛を増したるに等し)なり。然るに軍需補給は最小限を示し、抗張強は每平方耗に二五疋及一八回打撃四四糎に等しと規定せり。

一九一四年に建設したる第一の電氣爐は容量二〇噸にして、之に依り製せし鐵は均齊の組織を保ち抗張強大なりしを以て、直に砲彈製造材料に供するを可なりと認め之を諮りしに、軍需補給検査局は適宜試験の上提議に同意せしかは、一九一四年の末二二〇耗のセミスチール砲彈若干を製したるに、ブールジュ發射場に於て試験の結果佳良の成績を挙げたり。

斯の如く試製彈の成績佳良なりしかは、軍需補給部より直に製造令達を受け、一九一五年の初期よりリヴェ工場に於て大規模に二二〇耗合成セミスチール砲彈の製造を計畫し、完全の鑄工場を増設し鐵精製並製造用の電氣爐若干基を裝置し、始めは日製五〇箇に過ぎざりしに、既に、一九一六年には日製二二〇耗の砲彈三〇〇箇、四〇耗高速度爆發彈一〇箇を製し得るに到り、原料として五五、〇〇〇疋を消費せり。

鑄工場に於ける諸般の作業狀態を改良し進捗せしめむとし、三基の第一爐にて熔融せしものを五噸の取瓶に酌み入れ、七噸の容量ある三基の電氣混和爐に之を收容し、如何なる事情あるも其の鐵を鑄造に使用中は之か紅烙狀態を維持せしめ、若必要に應し再加熱を爲す場合には各四〇〇キロワツトの電力を要せり。而して第一爐より生したる鐵の成分は如何に均齊なるに拘らず、僅に二〇分時を費すのみなるも、鑄流前必す鑄造本部に於て之か合炭量を検査し、加之附加として硅素量を檢するに效ある急冷試験を施し、其の品質を檢定することゝせり。

製鋼上混和機を收容する爐は、余自身の創製に係り傾斜機構を有するものにして、ルーフ及ドリアを備へ、電流は垂直式の電極を経て鐵筋混凝土の火床に通す。而して此の式の熱傳導火床は實際衰損に堪へ割裂を招く虞なし、若其の面の底部漸次摩滅し窪く成りたるときは、マグネサイトと鐵紛とをタールに混し、其の部分の尙紅烙せる間に塗布するときは充分修理の效あり。又小孔の損所は位置の何處たるを問はず、前記の混合物を填充すれば可なり。

電氣混和機に熔鐵を注きたるときは必ず鹽基性熔滓にて之を蓋ふへし、熔滓は一種の掩護物と成り酸化及電弧の破損を防ぐ效あればなり。而して鑄流を行ふ場合には、此の層は爐の注出口に在るサンド、ポケットに妨けられ毫も混入の惧なし。混和爐の維持費は少額にして、内側は十二箇月間ルーフは三箇月以上使用に堪へ、電極の消費も鐵一噸に對し平均二瓩にして、電力は鑄工場に於ける作業の繁閑に依り差ありと雖、毎時五〇乃至一〇〇キロワットを要するのみ。爐の操縦は職工一人にて足り、尙 tapping を監視し電氣的傾斜機構を取扱ひ、或は検査見本を抽出する餘裕あり。

元來砲彈の機械作業は之を下請負者に一任せりと雖、一九一六年の末には軍需補給部検査の下にリヴェ工場に於て實施することになりしを以て、單に化學成分檢定の爲め一部を搬出するのみにて、悉皆之を他に移送するの不便なく、鋼削屑より合成鑄鐵を製し、次てセミステール砲彈の完成迄全部一製造所に於て作業せり、斯の如く工場集中策は大に作業を進捗し、工人をして技術の熟練を得せしめ、鑄造砲彈検査の如き七%の能率を増したり。

リヴェに於ける電氣鑄工場の生産力と鑄造金屬の製産額とは互に平衡を保ち、初め日製二〇噸にして其の後増加し六〇噸と成り、水力電氣の供給最大限に達したるときは、三〇〇噸以上を超えたり。而して社外の各工場に供給せし鑄鐵の品質は冶金上良好のものにして、次の成分即ち炭素約二・七五%、硅素約二%を含みたり、是を以てリヴェ工場獨特の爐を用ゐ、更に炭滲及硅素還元等の作業を施し

更に炭素を増加するなきも銻鑛爐を用ゐる熔融せる金屬を基準とし定めたる砲廠所定の規格に克く合格することを得、製品を貨車に積載して搬出する毎に、必ず分析書を添付し鋼及硅素鐵の添加量に明せり、而も斯の如き書類の添付を要すること極めて稀なり、

要するに合成鑄鐵製造の斯く長足の進歩を爲したる所以は、今次戦争の刺激と一九一六年以前に在りて實用的の使用困難なりしか爲、主として以太利及西班牙兩國に輸出し來れる鋼の削屑を著しく多量に生したるに原因すへし。爾後衝風爐を使用し鋼の削屑を熔融するもの多く、著しく之か利用法に關し電氣爐と孰れか有利なるやの問題生したりと雖、尙研究の餘地ありと謂ふへし。然れとも材料運搬問題は等閑に附し難き事項にして、他の場合に於ける如く亦本問に關しても常に國家的に削屑利用上最經濟的方法を定むる要素たるを失はず。去れは何れの方法を講ずるとも、水力電氣を應用し炭滲熔融を施すは昨の如き削屑の利用上最も經濟的にして、全く石炭の費用をも包括する最良の處理たること明かなり。又水力電氣の供給を受くる電氣爐に在りても、戦後復活の狀態に依り或は現在の水源地たる地勢に變動を生することなきにあらざれば、削屑の利用上常に留意を怠るへからず。燐を除去したる合成鑄鐵の製造に關係し、先づ顧慮すへきは削屑の供給問題にして、畢竟石炭及水力電氣の孰れか有利なるやは之か枝葉の論たるへし、之を以て百般の狀態平日に復するるとき更に攻究すへしと雖、國家有事の秋に當り合成鑄鐵の製造に著眼し、爲に純鐵を産出して多少貢獻する所ありたるは余の快事とする所なり。