

薄鋼板の亜鉛鍍金法に就て

佐藤慶二郎

1. はしがき

所謂「トタン板」として世間に流布してゐるものは、熔解亜鉛中を通じて表面に亜鉛の薄層を被らせた薄鋼板で、其の鍍金方法につき概略を述べ、之に要する爐に關して二三愚見を記して見たい。極めて簡単な工程を持つて居るだけに競争者を防ぐ意味から從來秘密主義の下に作業せられて居た。相當好況の時代も経て來たが、現在では、原料中首位に居る亜鉛も高し、原板も關稅の關係から高くなる見込なので將來の樂觀を許さない。然し全然トタン板の需要が無くなると云ふ事は考へられぬ。只、相當の價格を拂つて使用する以上從來の如き日本獨特の薄い亜鉛層を以てしては、使用期間が短かきに失する。原板を遙々外國より高い金を出して買入れて、早く腐る様に亜鉛を薄くつけて賣出すのでは國家經濟上由々しい一大事であり、且つ世界に於ける鐵の埋藏量が一定限と見られてゐる以上、人類の將來に對して少しく不親切と云はざるを得ない。目下の狀況は實に斯業者の覺醒を要する一轉期である。昨年中、主だつた斯業者は取引上の協約を結んだ。今年は總ての當業者を一團として製品の規格を一定し、亜鉛鍍金法の本來の目的に立歸らんがために最小限度の亜鉛被覆量を定むべきである。敢て之を提唱したい。尙、現下の危機を脱せんがためには、取引上のみならず技術上、管理上に於ても更に親密な一致協同を執らねばならぬと信ずる。之がためには、或點まで己れを空しうして協定する必要がある。此の機會に於て嗚呼がましくも一言卑見を述べさして頂く。

2. 沿革

ギリシヤの哲學者アリストートル (Aristotle, 384-322, B. C.) は其著「希臘史」に記して、或地方では銅の器具を地上に置き、數時間其の上に火を燃やして、後に之を検すると、器具は稍黄色を帯び硬さと耐火力を増すと述べてゐる。彼は之を「銅の漂白」と稱してゐるが勿論、其の地方の砂の中には錫か其他低溫度で蒸溜する金屬を含んでゐたに違ひない。之は今日のシェラーダイジング (Sherardizing) 即ち乾鍍法と極めて似てゐる。金屬を以て他の金屬に被覆を施す方法としては之が記録に現はれた最初であらう。

同じギリシヤのプリニ (Pliny, 23-79, A. D.) は「博物學」なる著書中に銅に錫を被せる事を述べた。ローマ人のワサ、スタネヤ (Vasa Stannea) と稱するものは之であらうと云はれてゐる。隨時隨

處に行ふ鍍金法の最初とすべきものである。(Vasa Stannea は Tinned Vessel の意)

鍍金法に於て錫の使用が亜鉛に先立つた如く、鍍力板の製造は矢張り亜鉛鍍金鐵板の夫れに先立つてゐる。但し前者の起原は明白な年が分らないが、種々の事情から考へて、1240年と1600年との間に、ボヘミヤ (Bohemia) で始まつたらしい。英國のコンウォールにゐた錫冶金を業としてゐた者が、殺人か宗教關係かで故國を逃走してボヘミヤに入り、此の期間中にエルツゲビルゲ高原地方 (Erzgebirge mountains) で錫鑛山を發見してから此の工業が始まつたらしいと云ふ。又エツチ、ジョーンズ氏 (H. Jones) に據ると「錫を鐵板に鍍金する事は昔あつたにしろ、極めて幼稚なものであつて、1600年頃から發達を始めたものである。英國は長い間獨逸に錫を輸送して居たが、丁度此の頃から英國では鍍力板を輸入し始めた。恐らく鍍力板の技術は、獨逸又はボヘミヤで發明されたものに違ひない。1620年カトリックの僧侶が、ルーテルの新教と共にボヘミヤからサクソニヤに傳へたと云はれてゐる」と。

或歴史家は鍍力板製造起原を 1510 年としてゐる。然るに獨逸アンデルナッハ (Andernach) (ライン左岸の町) のセント、トーマス避難院 (St. Thomas Asylum) 中に、1261 年と明記してある書類が發見されたが、之を包藏してゐる函は、鍍力板であつて、極めてよく蓋をしてあると云ふ。鍍力板の製造法が英國に渡つたのは、1670 年頃で、アンドルー、ヤラントン (Andrew Yarranton) と云ふ經濟學者が、當時の不況に刺戟されて、自ら率先して獨逸に渡り、伴なつて行つた技術者等に此工業を習得させた。歸國して直ちに此仕事に取掛らうとすると、利權を争ふ者共が時の大官に取入つて之に關する特許を得てしまつた。恐らく、1673 年にウィリアム、チエムバレーン (William Chamberlaine) と云ふ人の「鐵鋼銅若しくは眞鍮其他の金屬を壓縮して板とし錫を鍍着する發明」として得たものが夫れだらうと云ふ。結局、双方で何にもならなかつたらしい。18 年後の 1691 年に至つて、ジョン、ヘミングウェイ (John Hemingway) と云ふ人が「鐵板に錫を鍍着する所謂鍍力板の製造法」で、十四ヶ年間の特許を得た。之も實地製造の段になつて何にもならなかつた。此の間、前通り獨逸から鍍力板を輸入して居たが、1720 年に至り、メージョア、ジョン、ハンビュリ (Major John Hanbury) は、50 年前の實驗を繰返へして、水力と鐵の供給極めて豊かなポンテイプール (Pontypool) の地をトして工場を建て、其の後の商業年鑑中に所謂「鍍力板即ち白くされたる鐵の板」を製出する事が出來た。即ち之が英國での最初の鍍力工場と云へやう。壓延機の發明に次いで、ジョン、ペーン (John Payne, 1728) が鐵板の製造に應用を始め之が成功して以來漸く斯業が盛んになつた。其の後設立された英國の鍍力工場としては、モンマスシヤ (Monmouthshire) 及びグラモルガンシヤ (Glamorganshire) の二ヶ所で之がまた大なる刺戟を與へた。1776 年には英國製の鍍力板がジブラルターに輸出されたが、此頃も尚獨逸製品は優良の爲め英國に輸入されてゐた。之は 18 世紀末に至て漸く止んだ。佛國で見るべき鍍力板が製造されたのは 1726 年頃だと云ふ。米國は 1895 年頃より英國に學び、殊に英國のサウスウェールズ地方の技術者を多く招聘して遂に今日は先進國を凌ぐに至つた。

亜鉛が、金屬の被覆に用ひられたのは、錫と同様明瞭でない。天然に純粹なものとして産する事が

ないので、純粹なものの使用は餘程後の事である。しかし、亜鉛鑛石を銅と共に加熱又は熔解して、其の合金を作り、若しくは銅の表面丈けに附着せしめた事は相當古く行はれたらしい。モシニシアンズ (Mossynoecians) の記録に依ると紀元前三世紀には亜鉛と銅の合金の製造法が発見されてゐたと云ふ。キリスト生誕少し以前のローマの貨幣は今日分析の結果、銅と亜鉛の合金だと分つた。古代ギリシヤ人、ローマ人、アラビヤ人等は、亜鉛鑛石を合金や藥劑に應用してゐたと思はれる。ストラボ (Strabo) と云ふ人の書いたものにも「偽銀」(false-silver) の製法としてあるのが亜鉛ではないかと云ふ。古代ローマの遺跡たるシャムパーニュ (Champagne) で、1772 年に拾はれた小さな金屬の棒はグリニオン氏 (Grignon) の試験の結果亜鉛と断定し、且つ其の棒は或點まで加工せられて居る事、シャムパーニュの近くには亜鉛を多く含む鐵鑛があつた事を述べた。亜鉛の遺物は又ポンペイ古跡からも発見されたと云ふ。ローズ島 (Isle of Rhodes) 内にあるカミルス (Camirus) の遺跡でザルツマン氏 (M. Salzmann) の発見した腕環には中空の銀環があつて、中には亜鉛が填充してあつたと云ふ。11 世紀の僧、テオフィルス (Theophilus) は、^{キヤラミン}異極鑛を石炭と混じ、之を銅と共に坩堝の中に入れて熔解せしむる合金法を明瞭に記してゐる。中世紀時代の煉金術者の記録には亜鉛に関して明記したものはない。恐らく、銅と亜鉛の合金は時として黄金色を呈するので、煉金術者の秘方として居た爲め、故意に明記する事を避けたものではないかと云ふ。“Zinck” と云ふ語は、15 世紀にバジル、ヴァレンタイン (Basil Valentine) の著に始めて載せられて「鑛石、金屬、礦物、“Zincks” 其他」云々とあるが、之が果して「亜鉛」を意味するつもりなのか其の意を知る由もないと云ふ。兎も角、金屬としての亜鉛を取出して、之に“Zinck” と命名したのは、1520 年、パラセルサス又の名はフォン、ホーヘンハイム (Paracelsus, or Theophrastus Bombast von Hohenheim) と云ふスウイス生れの學者である。此人は 1492 年に生れて數奇を極めた一生を 1541 年に終つた。名附親が二つの名前を持つてゐる爲めでもあるまいが、亜鉛に對する英語には“Zinc” と“Spelter” と二つある。佛獨語はいづれも一つである。英語としても二つ名の金屬は珍らしい。最も日本語ではざらにある。或オーソリテーに據れば「鑄造せる形狀のものをスペルタアと云ひ、製造せるものを^{ジック}亜鉛と云ふ」と。原料ならばスペルタアと稱すると云ふ意味であらう。我國に於ては現に此の意味でスペルタアと云ふ言葉を使用して居る。

スペルタアの起源を尋ねると、古代英語の“Spiauter” で、煙又は瓦斯を意味する。之よりしても此の金屬が古代に煙として他の金屬と合金させたものの様に考へられる。此の名は、普通に用ひらるゝのみならず學問的にも用ひられてゐる。1911 年に米國材料試験協會で此の金屬の標準規格を作製した際に「此規格はスペルタアに對するもの」と記してゐる。パラセルサス以後も亜鉛は一般に稀金屬の部類に入つてゐた。しかし、印度では、餘程以前から亜鉛を抽出する事が出來た。ヒンヂウ人種は特に此の術に秀で、蒸溜した氣體を下方の水を満てた器の中に導いた。17 世紀と 18 世紀には、東洋、主として印度より歐洲に亜鉛の輸入があつた。此の際の名稱としては、カリーム

(Calaem) ツタネク (Tutaneg)、スピオター (Spiauter) 及び印度錫 (Indian-tin) など、云はれてゐた。

1721年、ヘンチェル (Henchel) は異極鐵 (Calamtne) より亜鉛を製煉し得る事を發表してより、歐洲に於ける此の「稀金屬」を得んとする努力も漸く實際化し、1740年には、プリストル市の人ジョン・チャンピオン (John Champion) は弟ウィリアムと協力して、印度に行はるゝものと似た方法を以て特許を受け市の附近に工場を建てた。此の工場は當時としては規模の大きいもので、年産額 200 噸であつたと云ふ。之がため亜鉛の市價は噸當り 260 磅より 48 磅まで低下したので、兄弟は商人のために大いに迫害を受けた。一方諸學者は東洋に行はるゝ亜鉛精煉法の研究に餘念なかつた。今日では上部シレシア地方より多額の亜鉛を産し、リエージの附近に建てられた工場を基礎として建設を見たヴィーユ・モターユ會社 (Vieille Montagne Co., 1837) の如き世界に名を走せてゐる。米國ではニュージャージー州とペンシルヴァニア州に豊富な原産地を有し毎年巨額の産出をしてゐるが、濠洲に於ては世界に冠たる産額を有し、ブロークンヒル及びタスマニヤの鑛石を取つて覇を唱へるものに電解亜鉛會社 (Electolytic Zinc Co.) がある、加奈陀、日本何れも戦後に發展した。製出された亜鉛の約半分は亜鉛鍍金に費やされる。亜鉛の全製産高は 1873 年に約 15 萬噸のものが、1913 年には約百萬噸に上り戦争前までは此の産額を上下してゐたが、此の中で米國だけは漸進的に増額してゐる。

扱て、亜鉛を以て鐵の表面を被覆する所謂亜鉛鍍金法は、歐洲に於ける亜鉛の大量製産が始まつた頃に出來たもので、1742年、佛國の化學者ポール・ジャック・マルーウイ (Paul Jacques Malouin) が發明したと云ふ。當初の目的が果して防銹に在つたものか乃至は外觀を目的としたものか明かでない。しかし、マルーウイの方法は現在のものとは大差がなかつたと云ふ。之と格段の相違とすべきものは、煤鍍劑 (Flux) として現今鹽化アムモニヤを使用してゐる事で、之は 1837 年にクロウフォード (H. W. Crawford) が特許を得た改良方法である。電氣鍍金法と乾鍍法 (Sherardizing) に依る亜鉛鍍金は本稿のよく論じ得る處でない。熔解亜鉛中を通過せしめて被層を作る所謂 Dipping Process について其の發達を述べたい。

1846年、英人モアウッド及びロージャース (Morewood & Rogers) 兩氏は、クロウフォードまでの考案を基礎に特許を得たが其の要旨は明白には分らない。後者の考案と大差なしと云はれてゐる。釜は普通長さ 8 呎 6 吋乃至 9 呎 6 吋、幅 2 呎、深さ 4 呎で今の釜の殆んど二倍量の亜鉛が容れられる。T バーを長手に釜の上に取り付け、一枚の鐵板を此の釜の中仕切として長手に鉤附する。之で釜は長手に於て二分され一方には比較的新らしいフラックスを浮かせ、入口には古いフラックスを浮かせる。酸で鏽を洗落した鐵板は、長手の軸線を釜の長手の軸線と平行させて、仕切鐵板の下を靜かに押込んで (鐵棒を以て) 仕切の反對の側に出す。押込む方は釜の主任となるべきもの一人と助手一人で出口では、矢張り二人が待構へて鉄を以て之を掴み徐々に亜鉛の表面より引出す。表面に亜鉛が落着いて結晶即ち華を生じた時水中に突入れ、後、鍍層の中で乾燥する。特に、表面に華 (Spangle) を生ぜ

しめず、只一面に光澤のあるものを要した時には結晶の出ぬ前水中に入れた。此の方法ではフラックスの消費量が多く、出来栄は全く職工の熟練如何にあつた。其後フラックスの代りに、亜鉛表面の酸化を防ぐために細い砂を使用する事も特許になつたが、之は餘り感心したものではなかつた。

以上述べた様な不完全なものであつたが、それでも、1851年ロンドン市ハイドパークの水晶宮に開催せられた大博覧會には、亜鉛引平板が始めて出陳せられた。一方、鉄力板工業は漸く盛んになり、之まで釜の中に鐵板を押込むには人手のみでやつてゐたが、ラネリ (Llanelly) のエドモンド、モアウッド (Edmund Moorewood) は錫釜にロールを取付け、板を之に喰込ませて釜の中を通す事を考へて成功した。之は1863年の事であるが之より之に倣つて、亜鉛鍍金用の釜にもロールを取付けやうとするものが多くなり、1884~1885年頃には實地に試みられたものも數個あつたが、何れも失敗に歸した。之は、從來通り板を横にして通すので、ロールが非常に長くなり、徑が比較的細かつたので面白くなかつた。當時の鉄力板は長いものでも20'を越えなかつたので之を甚だ長い鐵板に直譯したのは今考へれば噴飯に堪えない。之等は出口にのみ一對のロールを備へたものである。然るに、1886年に、ブリストルのジョセフ、チン (Joseph Tinn) は始めて、鐵板を縦に、換言すれば板の長手の軸線をロールに直角に通す案を立てた。之に依つてロールは短くなつた。極めて明瞭な事實であるが從來の慣習に捉はれて居た人々を取つては小さな革命であつた。ジョセフ、チンは尙亜鉛釜に始めて平鐵材の導棒 (Guides) を用ゐた。之は亜鉛中の道程が遠過ぎたので、#26より薄いもの及び#24より厚いものでも6呎より長いものには結果が悪かつた。道程が長過ぎて、熱せられた鐵板は強さを減じ、出口のロールに喰込むまで進む事が出来なかつたのである。

之と前後して、ハースフィールド (Heathfield)、ベーリス (Bayliss)、キャラスコ (Carasco) 等の特許考案があつた。ハースフィールド式と云ふのは (齋藤大吉氏著金屬合金及其加工法下巻360頁参照) 現在の日本一般に使用されてゐる機械と同様のもので、釜の入口と出口とに各一對宛のロールを置く。出口のロールは其の中心軸線が恰かも亜鉛面の上に在る如く取付ける。ロール間の壓力を加減する爲めにはレヴァーを備へ重錘で加減する。二組のロールの間には適當なガイドを設けて、板が亜鉛中を通過して、出口のロールに喰込まれる様にする。此の場合の釜としては、廣さ6'×6'、深さ2'~8'で、最初のものに比すると頗る小さい。現在我國で使用するものも此位の大きさである。最初の釜はいやに長いので特に「長釜」(Long Pot)と稱せられて今のところでは、造船所での原鋼板又は鐵塔用建築用鐵材、鐵管等の亜鉛鍍金に使用される丈けである。ハースフィールド式では、亜鉛の容量12噸の釜を使用し、12時間に#26~#30にて、11乃至12噸を鍍金し、ロールの壓力の加減に依り鍍層を薄くする事が出来ると稱してゐたが、#30の鐵板一噸に對して420封度の亜鉛を附着せしめる。

ベーリス式の特徴とする處は、鐵板酸淨後、絶えず冷水を注ぐ一對のコールド、ロールを通過せしめるのであつて、此の目的は酸洗に依つて粗れた鐵の面を平滑ならしめるのであると。之より先はハースフィールド式と同様一對のロールを通じて釜中に入り、ガイドに依つて出口のロールに喰込まれ

て、亜鉛面上の砂層より突出る。茲で所々にボルトを植込んだ一對のロールがあつて板を捉へ、次に無限帶（鎖コンヴェヤ）の上に落し一對の回轉ブラッシで砂等の附着物を拂ひ落される。カラスコ式といふものは、釜の上にあるロールを通じ、ガイドに依つてフラックス箱（無底の鐵箱）の中に板が入つて行く。フラックス箱からは亜鉛中を通じてガイドに導かれ、出口にある V 状の面を有する一對の車に依つて板の端を捉へて引上げるので、出口の側にはフラックス箱の必要を見ないと云つてゐる。

我國の現在の装置は以上の三式を按配したものに過ぎないのであつて、而かも需要者の方で満足してゐるので別に大きい改良も見ない様である。之等と殆んど同時ではあるが、主として製産能力の増大に目を注ぎ改良を企てたものがある。プリストルのジョン、リザート (John Lysaght) であつて、一對のロールを出口に置き、他の一對を亜鉛中に置いて、其の中で回轉せしめ、別に釜の入口の上部に送入用の一對のロールを設けた。釜内のロール間は適當なガイドを以て連絡せしめたものである。亜鉛中のロール（之を Bottom Rolls, Submerged Rolls などと云ふ。我國では中ロールと稱してゐる）は齒車で回轉せしめた。之は現在でも英國で廣く使用せられてゐる型式である。ロール及び齒車に就いてはなるべく純な鐵が良いと云ふ事になつてゐる。米國に此の式が渡つて（1892年）齒車で中ロールを回轉せしめる代りにウォーム及びホイールを使用する様になつた。之は米國式と唱へらるゝもので、我國でも三個の工場で使用してゐるものである。種々の改良考案は絶えないが、以上が之迄の大きな潮流であつて、時に奇抜なものが出ない事もないが餘り顧られてゐない。例へば、1907年2月に佛人レオ、ジュールジョ (Léon Georgeot) が佛國土木協會誌上に紹介したマシェ法 (Machet Process) の如き、出口に於て鐵板を垂直に上げるもので鍍層の不平均を防止すると稱してゐるが現在使用してゐる所を耳にしない。

ウィニワルテル (Winiwarter) は、亜鉛が鐵の釜を侵蝕して廢棄に終らしむるのを防ぐために、釜の大部分を鉛とし、表面だけ約1吋の深さに亜鉛を浮かし、鐵板を通ずるものを作つた。亜鉛は鐵と徐々に化合して所謂ドロス (Dross, or Hard Zinc) を作る。ドロスは釜の内面よりのみならず、通ずる鐵板よりも生成する。之を取去る爲めには、鉛を釜の底に入れる。ドロスの比重は鉛と亜鉛の間にある爲め、ドロスは鉛の表面に層を作る。之を時々汲取るのであるが、此際鉛は極めて都合のいゝクッションとなる。日本の釜では、鉛の量が極めて多く亜鉛が少い。之は一つは亜鉛の量（釜内及び鐵板附着の量）を調節するためであるが、良質の製品を出す時は亜鉛の深さを極めて厚くせねばならぬ。クッラー (Kuffler) は、釜の出口にブラツシを設け、ロールの代りに、餘分の亜鉛を取去る用に充てた。

鐵板にドロスを附着する時は外觀を損じ、且つ出口のロールの面を粗雑にする恐れがある。之がために従來鐵板の通ずる道程よりドロス層を除去する方法が考究された。其の原則としては次の如きものであらう。

- a. 鐵板の道程を亜鉛層のみに限り、ドロス層の上方を通ぜしむるもの。 b. ドロス層を通じ、ガイ

ドを兼ねしめた平鐵管を設け、板を之に通過させてドロスを貫通せしめぬもの。c. 鉛を充満させた箱を亜鉛釜の底に取付け、板が此の鉛の中をも通ずる様にするもの。

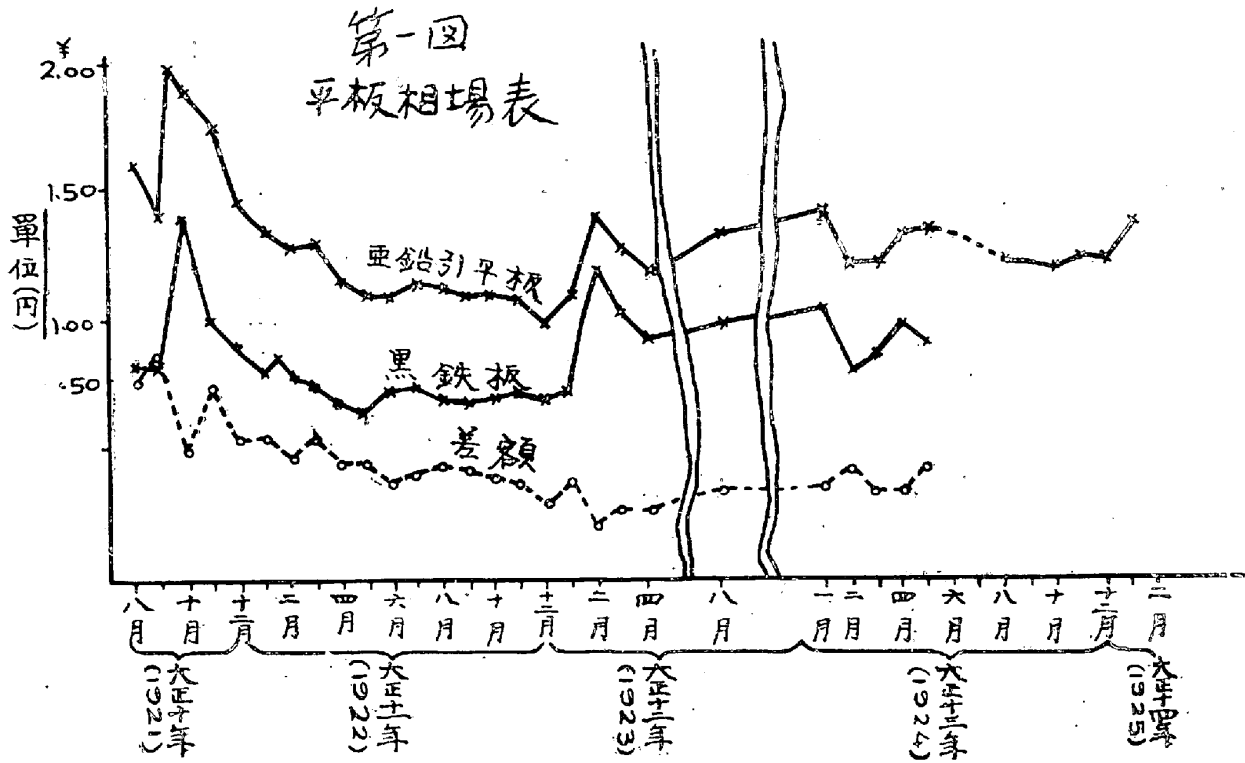
a. は厚い鍍層を鐵板に附與する場合普通に行はるゝもので、米國の製品中平板(波形板は薄層)には此の種の釜で製出したものが多い。之を俗に“All Zinc Bath”と稱し、普通の鉛多きものを“Lead-Zinc-Bath”と稱してゐる。“All Zinc Bath”で作つたものは最良の鍍層を得る。bの方法は、管形ガイド中に生じたドロスは、板の前端に突掛けて、管の上端で未だ出口のロールに喰込まれない中に外に流してしまふと云ふ考案で、ナイドリングハウズ(Neidringhaus)の鐵板鍍金釜など之に屬する。c. はブラドック(Bradock N.)、タムバル(N. K. Tumbull)及び私の特許考案は之に屬し、最も理想的なものである。鉛を充てた箱の外では鉛の面を箱の深さより低くしてあるので、ドロスが、鉛箱の表面に生成しても、直ちに箱の外にすべり落ちてしまふ。箱の上端は何れも水平に仕上げるを要する。又鉛は常に充満してゐねばならない。我國でも此種の考案を基礎とし、鉛を多くして亜鉛を極めて薄くするものが設計された様であるが、其の目的がドロスを取るのに在ればいゝが、鐵板に附着する亜鉛の量まで減少せしむる時は、亜鉛鍍金の本來の目的に反く恐れがある。之は需要者供給者共注意を要する事と思ふ。

3. 製 造 概 論

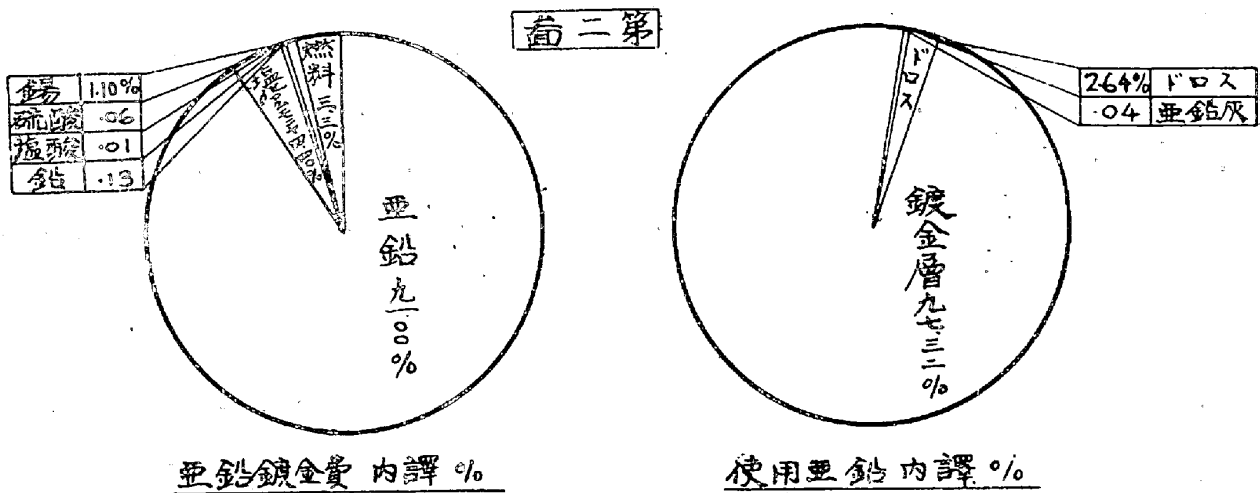
英米獨先進國に於ては、薄鋼板壓延工場の一部として亜鉛鍍金工場が附屬してゐるのが通則であつて、特殊國の我國にして始めて獨立した亜鉛鍍金工場を通則とする事が出来る。所謂「トタン板」は一枚當りの安價な理由を以て主として民間には #30 の薄手が向くが、日本に於ける技術程度では、斯くの如く薄いものは經濟上歐米のものと競争し得る程に製出し得ない。先づ #24 位が止まりである。従つて内地の需要を満足せしむる爲めには、大部分の薄鋼板を英米に仰いでゐる。其の結果、我國の亜鉛鍍金工場の運命は、薄鋼板と亜鉛引平板との輸入價格の開き及亜鉛の價格とに支配されるものと見ていゝ。工場の技術よりも時として取引上の手腕が重要視されるのは此の爲めである。

亜鉛鍍金工場の目下の危機を脱する爲めには、根本に立歸つて、我國で相當の數量を供給し得る厚手の薄鋼板即ち #24 乃至 #28 のものの鍍金したものを一般に使用する様宣傳を行ひ、需要者の理解の目を開かしむるを要する。充分に厚い亜鉛層を施した厚手の平板は勿論高價となるのは止むを得ない。しかし、之を求めんとする者は單に「トタン板は安いもので且つ一時的のもの」と云ふ考を捨て、厚い鍍層と厚い素地に依る耐久性に依頼する事が出来やう。粗製の腐り易い薄い鍍金層と、重量單位當りに於て極めて高價な、且つ同様腐蝕し易い薄手の薄鋼板とに依つて、莫大な金額を海外に流出せしむる姑息な現況を思ひ、一日も早く、需要者側の覺醒を希望する次第である。之がためには相當の犠牲を拂つても尙之を成就するのが自他將來の利益であるのは勿論である。關西方面に於ける此種の第一流の某工場では、此の方面に向つて研究を進めて他を顧みぬ點は、同業者間、敵も身方も其の態度を稱揚して止まず、吾人も技術者として此の理想に猛進したい考である。同工場は、分工場と

して、薄鋼板壓延工場を有し、此の目的に進むには蓋し適任と信ずる。



因みに、亜鉛鍍金平板と素地たる薄鋼板即ち黒鉄板 (Black Sheets) との價格及び其の差額を第一圖に示した。差額の變化には、平板と亜鉛との價格が最も影響を與へる。大正十年の九月には差額が 88 錢に達したが、十二年の二月には僅かに 20 錢に過ぎぬ。鍍金業者は豫め此變動に供へる所がなくてはならぬ。斯業者の活動範圍は要するに此の差額の圏内に過ぎぬのであつて、我國で黒鉄板を壓延し得る九州製鐵所と民間の一會社を除き總て此の差額の範圍内で製産費が決定される。従つて黒鉄板を除き主要原料たる亜鉛の節約に徹底的に考慮を煩はしてゐる譯である。



第二圖に示すのは、製造費中諸給料を除いたもの一枚當り經費の内譯で、大正十年十一月の調査に係る。勿論、亜鉛其他諸原料の市價に依つて此の率を異にする事であるが、概念を得るに近いと思

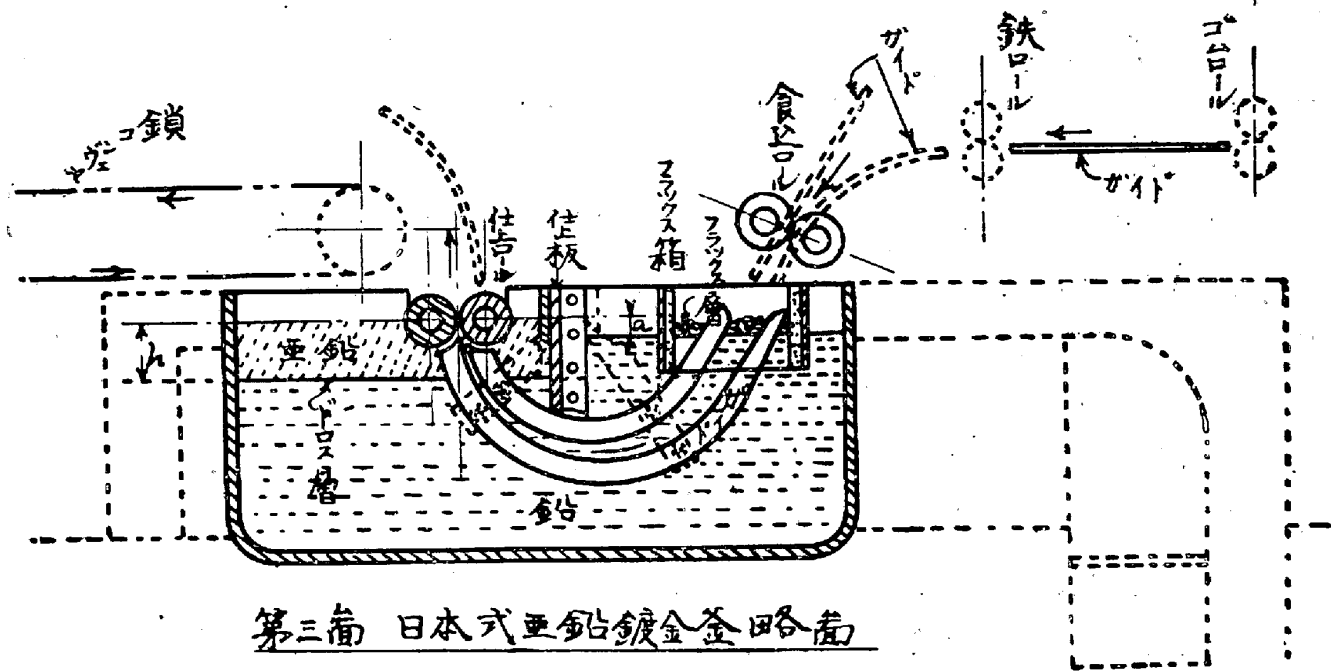
ふ。但し此當時に於ける亜鉛相場は百斤につき 19.20 圓で、一枚當り亜鉛使用量は 200 匁であつた。亜鉛の價格に比して、製造費中餘りに高率に過ぐる様に思はれるのは、目付量の多い爲めである。尙、亜鉛百斤に付 21 圓の相場の時、使用量一枚當り一斤で、其の製造費中の率は 83% であつた。要するに 80~90% の見當と見て大差はあるまい。現在では百斤 34 圓乃至 35 圓の相場であるから、目付量の方で手加減をしても相當の率に上つてゐる。

扱て、原料としての薄鋼板即ち黒鐵板は主として英米兩國より輸入せらるゝものであつて、今より十年前には年額 2 萬噸代であつたものが大正十一年には其の十倍に上つた。平板の需要は輸入するものを除き年額 12 萬乃至 15 萬噸は確實であるらしい。之に對する亜鉛鍍金工場の製産能力は大小合はせて凡そ 35 萬噸と推定される。將來、英米製鋼業者の態度がどう變るか分らないにしても、我國の薄鋼板需要が主として平板にある事を看取したならば、比較的平板の價格を引下げ、黒鐵板の價格を引上げて、平板としての輸入を計らぬとも云へまい。今後どうしても製鐵事業の一大合同と共に黒鐵板の自給自足に到達せねばならない譯である。

亜鉛鍍金工場の最初の工程として、此の黒鐵板（工場では原板と呼ぶ）の表面から酸化鐵と脂肪類及び塵埃等を除去するために酸洗ひ（Pickling）を行ふ。適度に薄めた硫酸（英國では主として鹽酸）を酸洗タンク（木製鉛板張）中に容れ、蒸氣又は熱湯を用ひて適度に加熱して置いて黒鐵板を數百枚入れる。黒鐵板の錆が不同だと、早く奇麗になつたものは遅いものゝ錆の落るまで酸の中に保持される結果鐵膚を侵され水素分子が浸入して、鍍金仕上後の表面を悪くする。之を防ぐために、鐵膚を蔽ふて更に浸蝕さるゝを止める所謂 Restrainer として、種々の藥品を用ひ、同時に必要以上に鐵と作用する爲めに生ずる硫酸の浪費を少くする事も行はれたが、平板としては充分でない。鉄力板、鐵線にはよく用ひられる。それで、全體として酸洗ひを早く成就する事が總ての方面から見て有利なので、溶液の加熱、黒鐵板又は溶液の攪拌振盪を行ふ。後者の爲めには、溶液丈けを木製プランジャーで動かす所謂プランジャー洗滌機（Plunger Pickler）があるし、黒鐵板を耐酸合金製の籃に入れて酸液中を動かす洗滌機もあるが、原則として、液よりも黒鐵板を動かす事が必要で、日本では主として、人力に依つて鐵板を動かしてゐる。しかし之は發生する瓦斯が人體に害がある以上、一日も早く機械を以て置換へる事が必要である。薄板壓延工場に附屬する亜鉛鍍金工場ならば、鐵の錆も餘り深くなく所謂 mill scale のみであるから、溶液丈けを動かすプランジャー式のものゝ充分に用をなす。酸洗ひに就ては外に文献もあるから其の方で研究せられん事を希望する。

酸洗ひを了つた板は、之をタンク中より引上げて十二分に吟味する。錆の落ちないものは、scraper で引搔くとか、今一度洗ふとかする。次に之を清水の中に貯へる。英國では一週間も絶えず水を取替へ乍ら貯へると云ふが、日本ではほんの一寸の間だけである。之は長い程良結果を得る。水タンクから弱い鹽酸溶液を入れたタンク（Solution Tank）中に移し、之から亜鉛鍍金釜にロールを通じて送込むのである。亜鉛鍍金機械（Galvanizing Machine）と云ふのは、釜の内外にある數對のロールを送り

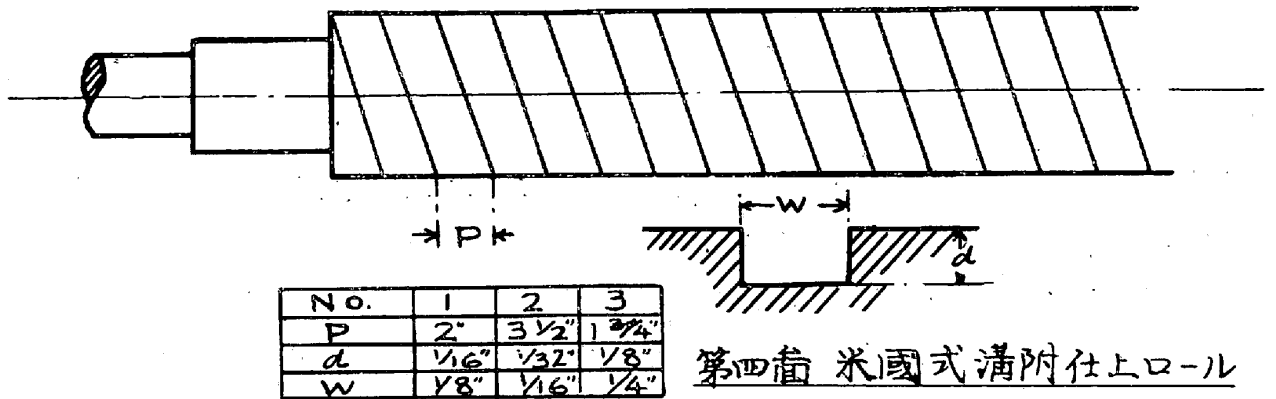
に用ゐるコンヴェヤの類を總稱する。此の機械のロールはゴムロールに初まる。之に依つて餘分の水分を絞取る。



第三圖 日本式亜鉛鍍金釜略圖

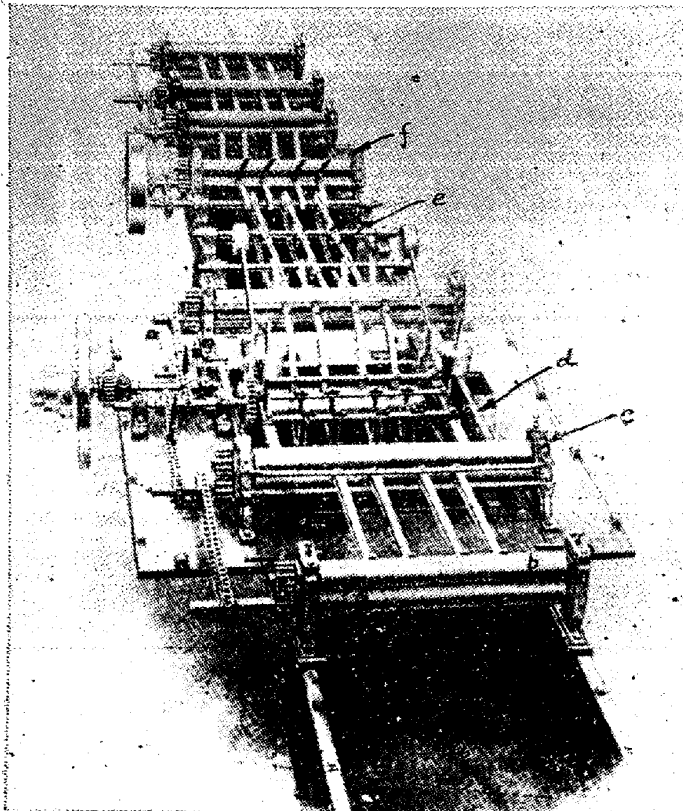
第三圖は現今本邦で廣く使用されてゐる亜鉛鍍金機械の主要部分を示す。極めて簡単なもので、沿革中に述べたハースフィールド式の變形に過ぎない。製造能力は、釜の大いさと爐の設計とに依るが、25~37噸である。之より無理をすれば製品の質が低下する。此式の特徴は、亜鉛は出口の側に於て6"内外に過ぎない事である。大部分は鉛であつて、仕切鐵板に依つて入口の側は鉛のみとする。之は主として製品の亜鉛の量を減少する事とドロスの生成を少くする目的に出たものである。フラックス箱中は鹽酸アムモニヤ (Sal Ammoniac, NH_4Cl) を少許のグリセリン又は獸脂類と混じて入れる。他の表面には、之が働らかなかつた古いものを散布して酸化を防ぐ。ガイド (Guides) は平鐵で作つたもので上下各七本以上を使用する外國の例に徴するも之は次第に多くなる傾向がある。仕上ロール (Exit rolls, or Finishing rolls) は軸線が亜鉛の表面と一致するか其の上にある。一般に、軸線が亜鉛表面より遠ざかるに従ひ板面に附着する鍍層が少くなるらしい。外國に於ては鍍金すべき板の厚さが増す程亜鉛面を低下する。日本式の特徴の一として、ロールの軸は釜を切缺いて外部に出し、動力を傳へてゐる關係上、亜鉛面は軸線より甚だ低い。時として1"に至る事がある。仕上ロールに依つて板は釜の外に送られ、同時に板面の亜鉛は絞取られる。しかし、ロールを餘り激しく壓すると、板面の亜鉛が殆んど無くなつて、其の下層にある鐵と亜鉛との合金が現はれてしまふ。之は全く光澤のない鉛色のもので、俗に之を「焼け板」と稱する。焼けない程度で亜鉛を絞取るのが日本一般の作業で勿論結構な話ではない。ロールの直徑は外國では8"を標準とし日本では6"を標準とする。壓延機のロールの場合と同様、直徑の小なる程ロールの役目をするのであつて、鍛工の丸

へしを使へば鐵はよく伸び、角へしを使へば伸びは少い如く、此の仕上ロールは直径の小さい程亜鉛をよく絞る譯である。米國に於ては需要者側から一平方呎につき幾オンスと亜鉛附着量を指定して注文する。餘り厚い亜鉛層の場合には、板の表面に平均して同一の厚さに仕上げる事が困難である。之がためロール面を平滑に旋削せず螺旋狀の溝を掘る。第四圖に此種のロールの溝につき寸法の一、二例を表示する。 P はピッチ、 d は溝の深さ、 w は溝の巾である。原則として、ピッチが少なくて、 d と w の大きい程厚い亜鉛層が得られる。



仕上ロールから出ると、^{チェン}鎖コンヴェヤに依つて板は倉庫内又は倉庫に近く運ばれる。其の中途に於て板を冷却する目的で空気を吹附けるか、水タンク中を通過せしめるか又は道中を長くして冷却する代りに米國では第八圖の如き冷却車 (Cooling Wheel) を廣く使用してゐる。之は一枚の板が進ん

第五圖 英國式亜鉛鍍金機

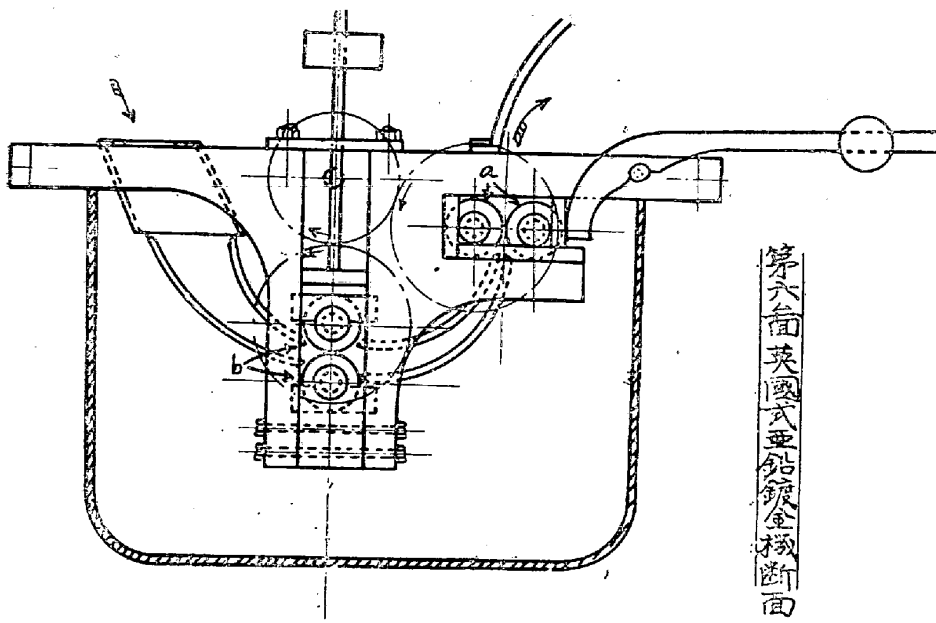


で來る毎に、放射狀の冷却ラック (Cooling rack) は自動的に一つだけ回轉するもので、足踏又は手動に依つて回轉せしむるもの亦少くない。出口側 (第八圖左方) にはトロ車を置くと、短かい運搬帶の回轉に依つて板はトロ車の上に落下する。實地上、圖の右方の板の入口に於て、品質の検査を行ひ、第一第二の品等に分け、冷却車の別々の場所に掛る様にし、左方にトロ車を二臺若しくは三臺置いて分けて積込む。之は我國では使用されて居ない、米國丈けに限る様である。第九圖は諸作業を受けて面が波を打つ様に曲つた板を矯正して眞直に平らなものにする爲めの矯正ロール機 (Roller Leveller) で、冷却車の手前か水タンクの場合ならば水タンクを通じて

から之を通す様にする。此の使用は我國でも漸く盛んになつて來た。前に仕上ロールの所で述べたと同様の理由で、此の機械のロールの直徑もまた小さい程よく、實地上3"以内である。

英國式の代表的なものとして第五圖に示したのは、ビッグウッド工場 (Bigwood & Sons, Ltd.) で作つたもので、*a* は鹽酸溶液タンク、*b* ゴムロール、*c* 喰込ロール、*d* 亞鉛釜、*e* 運搬帶、*f* は水タンクである。亞鉛釜の中にあるべき所謂中ロール (Submerged rolls) は圖で明らかに指定し得ないが、之に熔解金屬の浮力に反抗する力とロール間に適度の壓力を與ふべき重錘は明らかに見得る。尙、此の圖は第六圖と對照して見らるゝ事を希望する。此の式の製産能力は、日本式のものと同大差ない。第六圖のものは、第五圖のものと同じのものではないが、英國に於て一般に使用せられてゐるものである。

日本式は此の式から特殊の國情から變形を受けたものである。日本式と著しく異なる所は、釜の中から引上げられる様に一つの枠にガイド及び^{フレーム}ロールを取附けた事、及び熔解亞鉛中に浸つてゐる一對の中ロール (*b*) を設けた所で、之に依つて板が亞鉛中を通ずる道程を長くし、板の速度を早からしめたのであるが、中ロールを



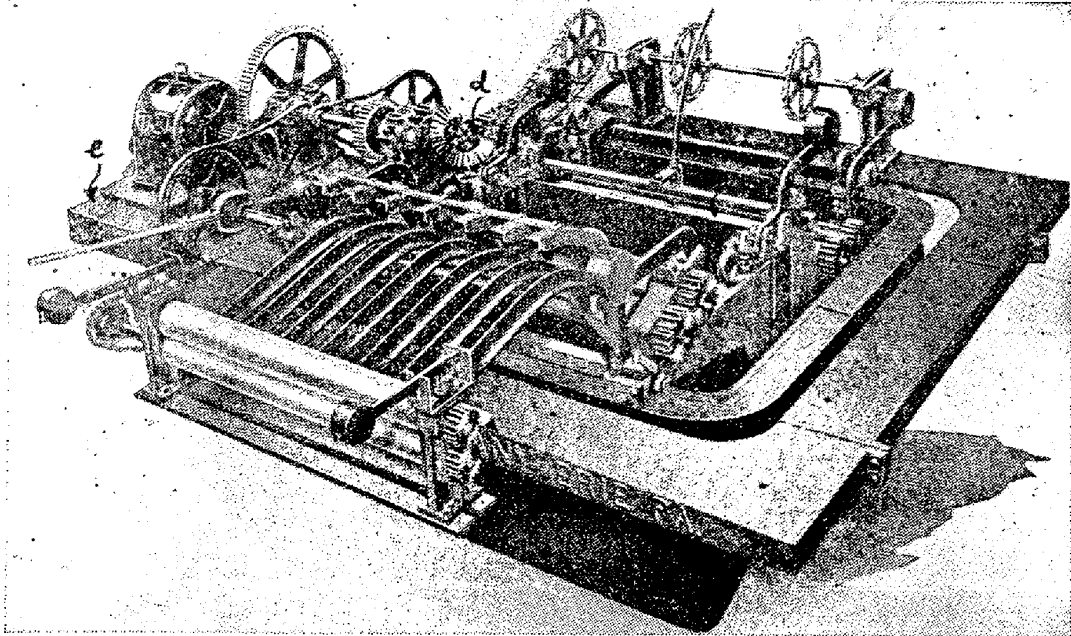
回轉せしむる爲めに正齒車を使用したので、亞鉛面を振蕩せしめて其の酸化を甚だしくする恐れあるため速度は限定されてゐる。従つて此の機の能力は日本式と大差なしと見ていゝ。米國に於ても此の機は最近まで製作され使用されてゐたが、現今では此姿を絶たうとしてゐる。筆者は此種の

機械の運轉試験(各種の薄鋼板につき)を見たが其の結果として其の工場では、新式の機械に改むる事に決定した。圖中 *a* は仕上ロールであつて、重錘を備へた横杆で其の壓力を加減する様になつてゐる。即ち垂錘は此の横杆をすべり得るものである。釜の内容は亞鉛及び鉛で機械をのぞき15噸乃至18噸位である。第七圖は代表的の米國式であるが、此式の英國と最も異なる點は、中ロール運轉の機構、仕上ロールの取附方及び機械全體の運轉方法である。

英國式の中ロールは正齒車で運轉されるため、亞鉛表面の酸化を多くする事は前に説いたが、此の弊を除いて製産能力の増大を計らんがため、米國式では正齒車に代へるに、ウォーム及びウォーム齒車を使用してゐる。ウォーム齒車は中ロールのうち下のロールの軸に取附け、ウォームの軸の上端に

は斜齒車を付ける。此の斜齒車は第七圖 a に示されてゐる。英國式では仕上ロールを機枠の側方に開いてゐる口（第六圖）に取付けるが、米國式では此の口が上方に開いてゐて上から落す様になつてゐる。

第七圖 米國式亜鉛鍍金機（エリ鑄造會社製）



従てロールを取替へる時の容易さは後者が優るが、特にロールの壓力を大にする必要ある時は、英國式の方がいい。但し、米國式の方でも上から押さへる様にすれば此の憂は除かれが取附の容易さは幾分犠牲に供せねばならない。

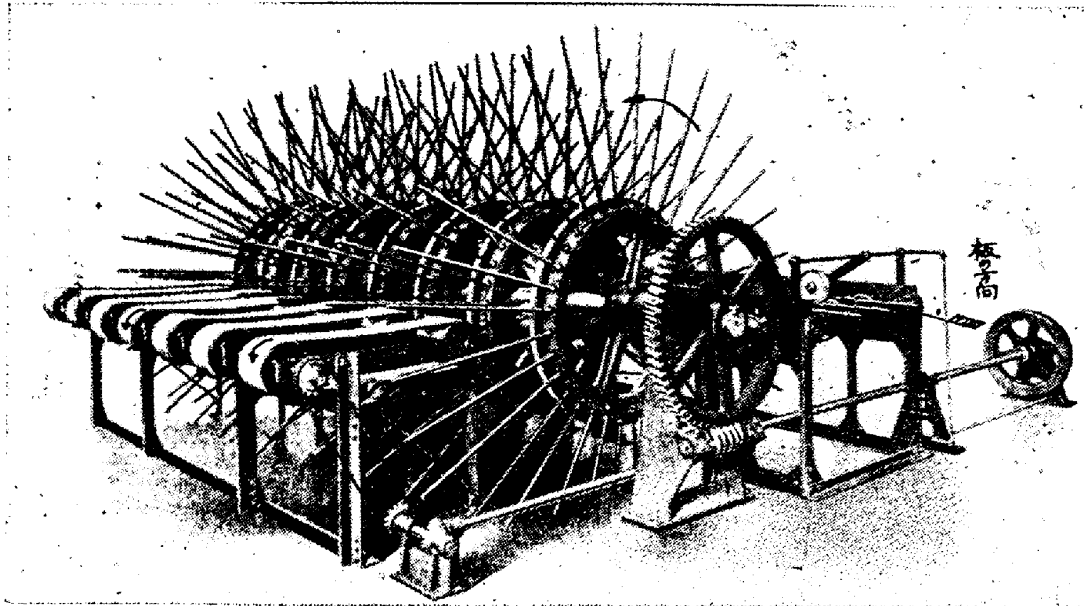
第五圖に示す通り、英國式では調車に依つて動力を傳へるが、米國式のものゝ殆んど電動機直結のものが多い。其の速度を變ずる便利のためには、變速電動機（直流が多い）を使用し、コントローラーで極めて些細の速度の變化、逆回轉等を容易に成就する。日本式英國式の段車に掛けて調帶を一々シフトして速度を變ずる煩はしさと危険とに比すれば其の差は極めて大きい。且つ第七圖の、e なる電動機及び傳導装置を取附けたソールプレート（Sole Plate）は、一對のレールの上に載せてあつて、之をハンドルに依つて、釜内の機械と嚙合を離すために引いてしまふ事が出来る。機械を引上げる場合には必要な作業で、英國式のものでは中の機械を引上ぐる際動力を傳へる釜上の正齒車の軸は、軸受のボルトをゆるめて引込む必要がある。米國式ではソールプレートをレールに固定してあるボルトを三四本ゆるめて、ハンドル（第七圖の陰に見える）を回轉する。引込むストロークは 3" 乃至 5" である。

第六圖、第七圖に示すものは何れも機枠が一体の鍛造物であるが、米國式のものでは一般に、中ロールのフレーム 丈け重く且つ大きくして、目板で、横の角材を組合はしたものが多い。之が一番經濟的の様である。米國で最近に製出さるゝものでは、横の角材を重い鑄鋼とし亜鉛に浸される機枠を之に取附けて取替に便するものがある。米國で多く使用される釜の大きいさは、6'×6'×4'（4' は深さ）

で、鐵板の厚みは $1\frac{1}{4}$ " 鉄附のものが多い。

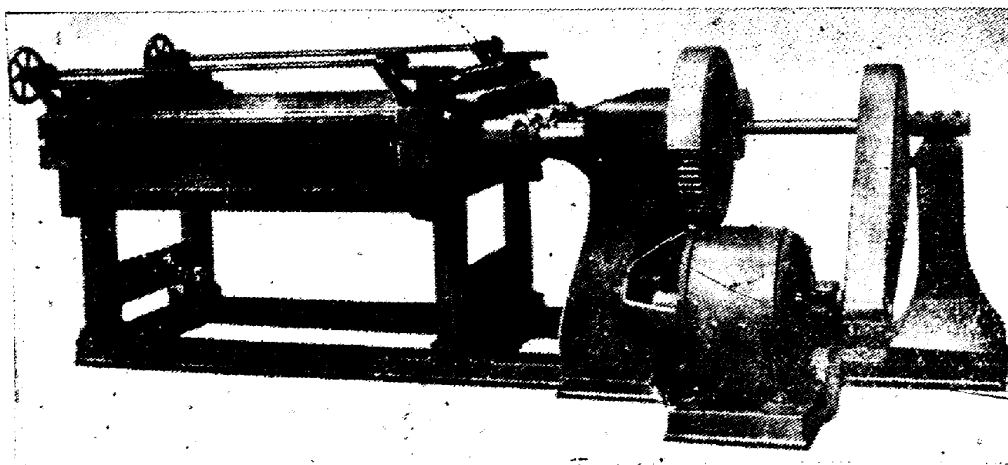
以上、日英米三ヶ國の亞鉛鍍金機について大略を述べたが、其の特徴とする所は要するに國情に一致してゐる様で、果して日本に米國式の機械を使用して有利であるか如何かはよく論ぜられる問題で

第 八 圖 冷 却 車



現在の經濟狀態では勿論疑問に屬する。然し乍ら、トタン板の亞鉛層は極めて薄いものときめてゐる我國一般人士が、薄いものではないかと目覺めて來れば、從來の日本式は使用に堪えぬ。製産能力の二倍もある米國式に依らねばならぬ。今日大會社が此の事業に着目して、而かも目下の不利を忍んでも、此種の機械を使用し亞鉛層を厚くして賣出す傾向のあるは大いに喜ぶべき事と信ずる。

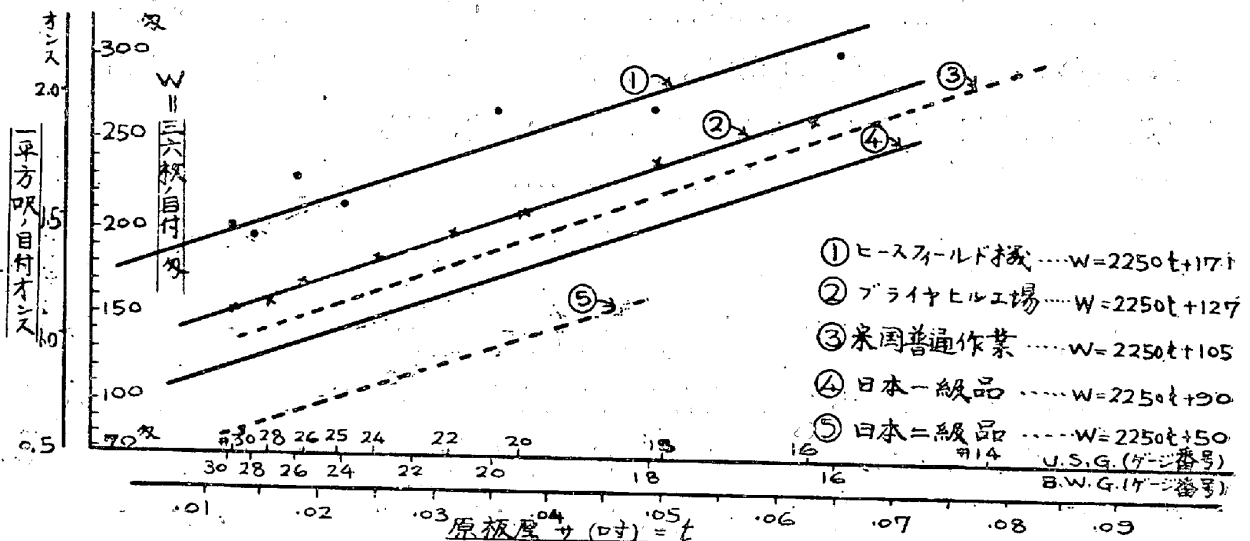
第 九 圖 矯 正 ロ ー ル 機



之より少しく、一枚の平板に附着する亞鉛の量と、機械の製造能力について述べて見たい。

1915年、マニラの理化學研究所でアンゼル、アルギユエル氏 (Angel S. Argüelles) の研究に依ると、フィリッピン群島に輸入せられた平板及び波形板について調査した結果は、漸次亞鉛が減少しつつあると云ふ憂ふべき結論を得た。其の擧げた表に依ると、鉛の附着する割合 (亞鉛の 0.5 乃至 1.0%)

も鉄金属の鐵分（亜鉛の 3% 乃至 11%）も大なる變化がないので、釜に於ける鉛の層の厚さと釜の作業温度は大なる變化なく、恐らく仕上ロールの壓力を増して亜鉛をしぼる方に力を込めて來たものらしい。1880 年乃至 1886 年に輸入された #22 の目付は平方呎に付 2.3 以上 4.1 オンスであるのに、近年に至つて 2 オンス以下に低下した、二三の會社のものが僅かに 2.23, 2.47 の數を示してゐるが兎に角 2.1 オンス以下では耐久力が駄目であると云つてゐる。第七圖の型の米國式機械では最低一平方呎に付 1 オンス最高 2 オンスと云ふ結果を得てゐると云ふ。第六圖の型で米國プライヤヒル會社で試験したものに依ると、#30 で、平方呎に付 1.1 オンス、#12 で 2.7 オンスである。米國製鋼諸會社の協定價格表を見ると、#29, #30 には、平方呎に付 2 オンス以上の目付をつける事が困難だとしてある。最低としては #30 で 1.5 オンスと見てゐる。オンスの數を我國普通の 3'×6' の板に附着する匁の數に概算するには次の式を用ひるのが便利である。



第十圖 平板亜鉛附着量

1 オンス (平方呎に付) = 136 匁 (3'×6' に付)

第十圖には諸種の機械の場合の目付を示したもので、一見、我國普通製品の位置を悟る事が出来る。同圖に附した算式は厚さと目付量とを示す式で、圖を見ても厚さに比例する事が分る。①及び②が直線となる所から推して、他の場合にも二三のデータを得て直ちに直線と見做して引いたのである。米國海軍省の規格では、#25 で平方呎に付 1.4 オンスを最低として居り、同國政府の道路規格のうちには 2 オンスを最低としてゐるものもある。しかし、同國製造業者の一般が目付を減少しつつある事は前述の通りで、其の範圍はニュージャージー亜鉛會社のシングマスター及びハーフエーカー兩氏 (Singmaster and Halfacre) の調査に依ると 0.62 オンスから 1.9 オンスまでだと云ふ。之は #26 のみについての結果である。波形板の薄物になると甚だ低下して來る。英國の作業としては、1.65 乃至 1.34 オンスであつて、1.2 オンスの如きものはないと云ふ。 ("Iron and Coal Trade Review,"

Aug. 24, 1923 参照)。

鐵に富む國と比較して、高い黒鐵板を買入れてゐる我國では餘りに目先の仕事のみをしてゐる様に思はれてならない。繰返して云ふが一致團結して斯業者が改善に努力すべきものと考へる。

一基の機械の製造能力即ち鍍金能力は、日本式で25噸から37噸位まで、米國式では50噸（何れも一晝夜として作業能率を85%と見て）を普通とする。能力は機械と爐の設計に依る。概算で云ふ時は、釜の内容容がすべて亜鉛である場合として、其の重量が10時間作業の鍍金噸數と見る。例へば、15噸の亜鉛を入れる場合には十時間に15噸の鍍金が出来ると見ていふ。(米國では30-35噸の亜鉛容量)。一つの釜で、同一の状態で鍍金する場合に其の速度は板の厚さの函數である。筆者は日本式の機械の場合に適當な仕上ロールの表面速度として、次の實驗公式を得た。 $V=0.5/t$

但し、 V はロールの表面速度（一分間に付呎）、 t は鍍金すべき板の厚さ(吋)である。之は、釜が單位時間に板に附與し得べき熱量を一定として計算したものであるが、大體實際の場合に當嵌まる様である。インガソル氏 (L. R. Ingersoll) が、熱傳導に関するフーリエ級數 (Fourier's Series) を積分して得た兩面より板の中央に向つて傳導せらるゝ場合の式、即ち

$$T = T_0 \left(1 - \frac{4}{\pi} 10^{-0.434} \frac{h^2 \pi^2 Z}{l^2} + \frac{4}{3\pi} 10^{-0.434} \frac{9h^2 \pi^2 Z}{l^2} \dots \dots \dots \right)$$

但し、 T =板の厚さの中央に於ける溫度(攝氏) T_0 =板の外面を熱する溫度(攝氏) l =板の厚さ(吋)
 Z =時間(秒) h^2 =熱の擴散係數

に於て、始め零度の板を T_0 の溫度に持つて來ると、 t 秒後の内部（厚さの中央）の溫度は T となるのであるが、亜鉛鍍金に於ては、内部と外部とが同一溫度となつた時が板の表面に接近して居た亜鉛の粘性が最も少くなり従つて亜鉛と鐵膚とが合金となり得る最良の状態となるのであるから（其の時間に達せず板を引上げると目付量は亜鉛の粘性の爲めに多くなるが鐵と合金してないから剝易い）此の場合には $\frac{T}{T_0} = 1$

と置く事が出来る。即ち前式に於ける T_0 の長い係數（活弧内）は 1 と見做される。然る時は次の關係が得られる。 $Z = \frac{0.93l^2}{h^2}$

茲で、軟鋼の h^2 の値は 0.173 であつて又 l の單位を吋に直すと次の如くなる。

$$Z = 0.864 t^2, \text{ 但し、} t = \text{板の厚さ (吋)}$$

之は、鐵板を亜鉛中に止めて置くべき最小時間であつて、#30 の如きものに於ては實に一萬分の一秒半に過ぎぬ事になる。之より計算する速度は非常に大きいもので實地上有得べからざるものであるから、單に、要する時間は板の厚さの自乗に正比例すると云ふ關係を以て實地上の値に當嵌め定數を決定すれば、#30 につき速度を40呎（一分間）、道程の長さを4呎とすれば、

$$Z = ct^2, \quad \frac{V}{60} = \frac{4}{Z} = \frac{4}{ct^2} \quad V = \frac{240}{ct^2} \quad (V = \text{速度、一分間呎})$$

之に $V=40$ 及び $t = 0.0125$ の値を代入すると、 $c = 38,500$ となる。之より次式を得る。 $V = \frac{0.625}{t^2}$
 此の式から計算した #20 の速度は 4'~6' であつて、實地に合はぬ。

又、ケラー氏(J. D. Keller)が特に薄鋼板の亜鉛鍍金速度として論じた上に作った式("The Blast Furnace and Steel Plant," July, 1922) は次の如きものであるが、板の厚さを 0.02" 以上と限定してゐる。

$$V = \frac{8.8}{50t - 1}$$

之に依つて得た速度は

＃24……………35.0 呎 ＃20……………10.0 呎 ＃16……………4.1 呎

然るに米國に於ける實地速度は

＃24……………20乃至45呎 ＃20……………16乃至35呎 ＃16……………10乃至25呎

であつて此式も實際上適合しない。

英國に於ける一會社の實地として得たデータは速度を板の厚さに係らず一定に保ち、溫度だけで加減すると云ふが斯業者先輩の一考を煩はす。兎に角、亜鉛鍍金速度と云ふものは種々の状態に依つて變化すべきもので、道程の長さ、大氣溫度、板の厚さ、爐の出し得る單位時間の熱量、鋼板の性質、釜内の溫度等に關するもので、厚さが減するに従つて、釜の内部に於て引掛り、折曲る等の憂を生ずるし、此際の板が物體につき當る強さは速度の自乗に比例するので、薄い板は熱の方面から考へると前述の如く極めて早く通過し得べきに拘はらず、實地上之等の障害のために制限せられる。板の質も大いに速度に關する事は實地上認められてゐるが、之は熱の傳導率又は擴散係數の異なる爲めである。

平板は外觀を重するため、亜鉛の結晶状態には充分の注意を拂ふ必要がある。然るに、結晶の相當に

第十一圖 薄鋼板に鍍金された亜鉛結晶



大きく美しいもの(第十一圖の如きは優良)を得るには、急に冷却せしめてもいけないし、さりとして、冷却時に際して亜鉛熔解溫度以下の溫度でも、熱を加へ過ぎても結果がよくない。前者の場合では、急冷されるため板の多くの異なる質點が結晶の核心となり、結晶が勢ひ多く小さくなつて外觀は極めて光澤あるものとなる。後者の場合では、内部に續行しつゝある鐵と亜鉛との合金作用が、充分の時間を與へられて、極めて薄い亜鉛層にまでも及ぼし、従つて板の表面は不純な亜鉛を以て被はれ美しい結晶を現はすに至らぬものと解せられる。

筆者は一昨年(一九二一年)の三月に、或る機械で鍍金される板は前端と後端に於て異なる大いさの結晶を現はすのを見て、インゴットのセグレゲーションに依る不同の質が原因するかと疑ひ、之を逆にして再び釜を通過せしむると矢張り前と同じく先端が後端より結晶が小さくなつた。機械各部の速度を検すると、

仕上ロール上の鎖コンヴェヤが仕上ロールより早い事を發見した。之がため、先端は仕上ロールの速度で空氣中に出るが、後端は、仕上ロールの喰合はせを離るゝや否や鎖コンヴェヤの速度にて急に空氣中に曝される。従つて兩端が空氣中で冷却される速さに相違を來すものと結論した。惜い哉作業に多忙で、仕上ロール乃至コンヴェヤの速度を種々に變じて試験を續行する事が出来なかつたが、其の時の仕上ロール速度は、60呎（一分間）に回轉せしむれば、結晶が平均に大きく美しくなると計算した。勿論、大氣の溫度、釜の溫度、板の性質、厚さに依る事である。猶、板が釜より空氣中に出て、外見上、表面が落着くまでの時間は板の性質に關し、#30で其の當時の状態では良質のもので10.4秒、稍不良のもので9秒であつた。結晶は前者が大きい事は勿論である。之は材質の熱傳導率に關する事である。

爐の燃料消費量と製産能力との關係に就いては項を改めて論じやう。第一表は米國の主なる薄鋼板工場の亞鉛鍍金能力を示すものであるが、調査（The Iron and Steel Works Directory of United States and Canada, 1920）が古くて、其の後増設されたものが頗る多いので、大體を伺ふに過ぎない。之に依ると釜一箇の製産能力は一ケ年に約1萬噸である。我國に於ては5.5千乃至6千噸に見做されてゐる。日本に於ては概して東京と大阪とに工場があつて其の他の地方には殆んどないと云つて宜敷い。東京地方が一體に盛んであつて、大阪方面より3割方釜の数が多し。全體としての能力は年産額40萬噸内外であらう。

第一表 米國主要工場亞鉛引薄鋼板製産能力 (1920)

會社名	工場名	シートミ ル(基数)	ジョツピング ミル(基数)	薄鋼板年 産額(噸)	鍍金釜 個數	鍍金能力 (年産噸)	釜一ケの 年産(噸)	建設年次	
A	アメリカン、ローリン グ、ミル	イーストサイド工場 (オハイオ州)	9	3	100,000	7	75,000	10,700	1911
	アメリカン、シート、ア ンド、チンプレート	ドヴァー(オハイオ)	11	—	57,200	3	40,800	13,600	1865-66
	ク	ゲリー(インディアナ)	16	4	216,000	10	155,200	15,500	1910-11
	ク	カーンセー(オハイオ)	11	—	53,700	8	100,600	12,600	1889-90
	ク	スコットデール (ペンシルヴァニア)	9	—	45,000	7	139,900	20,000	1873
	ク	ヴァンダグリット (ペンシルヴァニア)	32	—	192,600	16	183,700	11,500	1895-96
	アポロ、スチール	(ペンシルヴァニア)	8	—	6,000	4	48,000	12,000	1912
	アシユランド、アイア ン、アンド、マイニング	(ケンタツキー)	6	—	25,000*	3	25,000	8,300	1910
	ベスレヘム、スチール コーポレーション	メリランド	12	2	50,000	3	20,000	7,000	—
	ブライヤヒル、ステー ル	エムパイヤ(オハイオ)	8	—	40,000*	4	41,600	10,400	1902
	ク	トーマス(オハイオ)	12	—	50,000*	6	62,400	10,400	1901
C	キャントン、シート、 スチール	(オハイオ)	10	2	124,000*	6	50,000	8,300	1917
	チャツプマン、ブライ ス、スチール	(インディアナ)	6	—	(100 tons per day)	2	20,000	10,000	—
F	ファルコン、スチール	ナイルス(オハイオ)	7	—	60,000	3	36,000	12,000	1919
	フォランスピー、ブラ ザース	フォランスピー (ウエスト、ヴァージニア)	7	—	—	3	14,500	4,800	1902-04
I	インランド、スチール	インディアナハーバー	16	2	95,000	8	55,000	7,000	1901

L	ラ、ベル、アイアン、ワークス	スチューベンヴァイル (オハイオ)	8	2	60,000	4	—	—	—
M	マホニングヴァレー、スチール	オイルス(オハイオ)	8	—	45,000*	2	10,000	5,000	1916-17
	ミルウオーキー、ローリング、ミル	(ウイスコンシン)	8	—	50,000	4	35,000	9,000	—
N	ナショナル、エナメリング、アンド、スタムピング	クラナイト(モンタナ)	6	—	24,000*	8	—	—	1879
	ニューポート、ローリングミル	(ケンタッキー)	16	1	100,000*	8	40,000	5,000	1857
O	オテイス、スチール	リヴァサイド (オハイオ)	8	—	60,000*	3	—	—	1920
P	パーカース、バーグ、アイアン、アンド、スチール	(ウエスト、ヴァジニヤ)	7	—	25,000*	2	—	—	1901
R	レーヴス製造会社	(オハイオ)	8	—	36,000*	3	20,000	7,000	1903-04
	レパブリック、アイアン、アンド、スチール	ナイルス(オハイオ)	9	1	52,000*	4	—	12,500	1909
S	シヤロン、スチール、フープ	ヤングスタウン (オハイオ)	7	2	70,000	2	—	—	1901
	スピリオア、シート、スチール	(オハイオ)	12	—	—	4	50,000	12,500	—
T	トラムバル、スチール	(オハイオ)	23	2	100,000	8	—	—	1912-13
W	ホイッテーカー、グレスナー	ホーツマス(オハイオ)	7	2	46,000	8	80,000	10,000	—
Y	ヤングスタウン、シート、アンド、チューブ	(オハイオ)	15	—	88,400	4	72,000	12,000	1901-02

* 印……黒鐵板及亞鉛引板合計

備考

その他の薄鋼板年産額は黒鐵板として賣出さるゝもののみとす

チンミルをシートミルと共に据附けたる所あるも、之を加算せず、但し、ブラックプレートの量は從て之を除算せり、

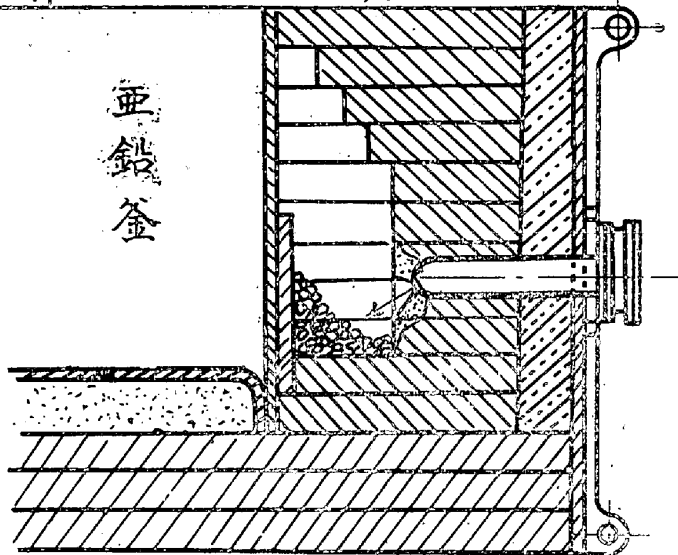
本表は米國にて發表せられたる“Directory of the Iron & Steel Works of the United States and Canada,” 1920, by the American Iron and Steel Institute に據り、二三雜誌に依つて、同年中に建築せられしものを補ひたり、現今にては名を變じたるもの、設備を増加せるもの、新に設立せるもの等ありて、大差を生ぜり。

4. 爐と製産能力

第二圖の亞鉛鍍金工賃内譯圖を見ても容易に分る様に燃料は此の工業の經費中極めて僅かの面積を占めて居るに過ぎぬ。之がため從來、燃料の選擇と爐の設計には餘り注意を拂はれて居なかつたのであるが最近になつて、斯業者は大いに此の方面の改善に力を用ひる様になつた。之まで、單に釜の操業者の手腕とのみ信じられてゐたものうち、爐の型狀及び加熱室内の廣さに依つて釜に對する熱の配布が平均に且つ充分である場合には、所謂「釜の調子」が極めてよく從つて製産能力が増す事が知られて來た。亞鉛鍍金用の燃料としては、石炭瓦斯、骸炭及び石炭が使用されて來たが、此のうち石炭のみが多く用ひられ其他の燃料は漸次使はれなくなつて來た様である。米國では天然瓦斯と石炭が用ひられ、英國では骸炭が多い。最も効率の良いものは瓦斯を用ひて所謂表面燃焼 (Surface Combustion) なる方法で燃焼せしむる時に得らるゝと云ふが、本邦では未だやつてゐない。高級耐火物を粒狀とし、之に殆んど理論的の所要空氣を混合した瓦斯を吹付けると、粒狀耐火物が漸次白熱せられて、瓦斯は、其の間隙に深く入る前に燃焼を了り、表面に於て完全に燃焼する。之がため、餘分の加熱空積もいら

す、餘分の空氣も要せず且つ、酸化層を表はして輻射係數 (Emissivity) が高くなつてゐる鐵板は、白熱した耐火物より直ちに輻射熱として吸収するため、鐵板面に附着して熱の傳導を妨げてゐる事があつても何等痛痒を感じないと云ふのである。之は米國に於て其の應用を専門とする會社が設立せられ、相當の効果を收めてゐる様であるが、理論的の空氣量を以て燃燒し得るものとすれば、廢氣の持去る顯熱が少なくなり餘分の酸素が燃燒發生瓦斯中に少くなる爲め釜の鐵板を酸化せしむる程度が減少する譯である。専門會社の information に依ると、亞鉛鍍金釜を殆んど全能力を以て作業した場合、其の溫度を終始 450° C に保つて、50% の効率を得たと云ひ、亞鉛引鐵板の場合に實地應用して、毎日 60 噸の能力を發揮し其の釜の壽命は二ケ年以上に亘つたと云ふ。普通日本に於ては其の壽命が六ヶ月乃至一ケ年であつて、此の燃燒法に依る時の差異は、溫度が平均する爲めのロス生成に依る内面侵蝕並びに鐵板 (釜材料の) 面の酸化等の外面侵蝕とが減少する爲めである。第十二圖は此の方法に依る

第十二圖 表面燃燒法に依る炉



際の爐積の略圖であるが、筆者は、發生爐を使用して (英米では此の方法に自發瓦斯^{タウンガス}石炭瓦斯を用ひてゐる) 工業的加熱作業に應用せんと試みて居る。

米國ペンシルヴァニア州のアポロに設立されたアポロ製鋼會社では以前普通のバーナーを使用して自然瓦斯を燃料として居たが其の際の製産能力は、#14 乃至 #30 で、24 時間に 52 噸であつた。1920 年の春頃に表面燃燒法に依つて爐積を改め、バーナーを取替へ、空氣瓦斯混合割合

の調整瓣を附して試運轉の結果、#24 で 11 時間半に 21 噸を製出した。(一日に 47 噸半) 之は全能力ではないと云ふが、瓦斯の使用量を見るに、以前一噸の鍍金に 1,750 立方呎を要したものが、後の場合では 800 立方呎に減じた驚くべき減少であるが、其の全効率を比較して見ると、自然瓦斯一封度の發熱量を 26,000 B.t.u. とすれば瓦斯一立方呎は 0.038 封度であるから、一立方呎の發熱量は 988 B.t.u. となる。之より、

	瓦斯使用量 (一噸に付)	熱量 B. t. u. (一噸に付)	全効率
改良前	1,750 cub. ft.	1,730,000	11.6%
改良後	800	790,400	25.5%

但し、鐵一噸を鍍金するに要する熱量を 201,600 B. t. u. (450° C までに熱する熱量を 50 Calories per kg. として算出) として求めたもので、瓦斯使用量に比例して効率も二倍以上に上つてゐる。最も効率の高いと稱せらるゝ此の加熱法に於て僅かな値を示すのみである。石炭を燃燒する場合の熱効率 は之より推察すると極めて低く燃料の質の悪い者を用ひる場合には計算上に於て既に 7% に過ぎない。亞鉛鍍金作業の場合には多くの場合、効率よりも均熱を得るに考慮を費やして居るが、一步進ん

で、熱經濟を一考する事が緊要である。外國に於ては釜の下方を加熱すると、ドロスの分子が亜鉛層中に擴散して従つて製品の質を低下すると稱して之を避けて居るが、我國では多くは釜の下方に焔道を作つて、出来る丈け瓦斯の有する顯熱の利用につとめてゐる爲め案外效率は低くない。筆者は七八年前、此の加熱法を取つて長い間試験の結果、製品にはさのみ影響がない事を知つた。之は石炭の最高溫度を以て直接に底部を加熱するのではなくして、焔道の瓦斯の顯熱を利用するに過ぎないからである。

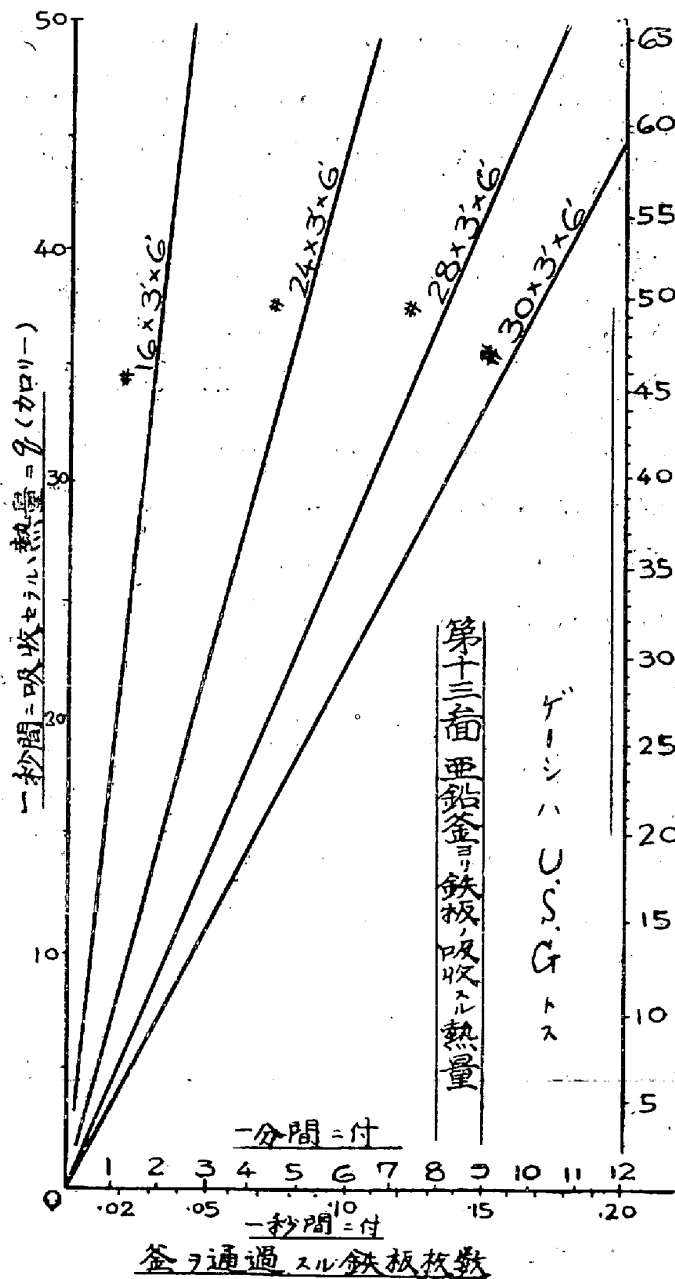
今少しく、石炭を燃焼する鍍金爐の效率が石炭の質と如何なる關係を有するかを見やう。鐵の平均比熱は次式で表はされる。(Victor Windett: "The Open Hearth," p. 318)

$$0.11 + 0.000025t \text{ (660}^\circ\text{C まで)}$$

t は攝氏の溫度で、以上値はキログラムに對するカロリーで表はされる。それで、1 キロの鐵を

0°C より 450°C に加熱するとすれ、 $0.11t + 0.000025t^2 = 50$ Calories per kg. of iron 今、一枚の重量 d キログラムの鐵板を一時間 n 枚だけ通過せしむる時に要する熱量は、q カロリーである。 $q = nd \times 50$

第十三圖は、種々の厚さ(U. S. G.) の 3' x 6' 板を 0°C より 450°C まで種々の速さで加熱するに要する熱量(1 秒間にカロリー)を圖示するものである。或る通過速度に對する 24 時間の英噸數 (85% の作業能率として計算)をも附記したので、工場の製産能力の概算にも使用が出来る。例へば、#30 x 3' x 6' を 1 分間に 6 枚通過させる場合の 1 日の噸數は、横軸上の 1 分間の枚數の所で 6 を見て、之を垂直に見て、#30 x 3' x 6' の直線との交點より左方に水平線を引けば約 30 噸となる。此の場合、1 秒間に板に吸收せられる熱量は 22.5 カロリーと知るわけである。次に釜の表面より絶えず輻射に依つて失はるゝ熱量は Stefan-Boltzmann の法則に依り、酸化亜鉛の輻射率を 0.7 と取り、釜の溫度を 450° とし、周圍の溫度を 70°C と假定し、表面積を 3.2 平方メートルと定めると、



$$Q = 1.41 E \left[\left(\frac{T_1}{1000} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{1000} \right)^4 \right] \times 3.2 = 1.41 \times 0.7 \left[\left(\frac{450+273}{1000} \right)^4 - \left(\frac{70+273}{1000} \right)^4 \right] \times 3.2 = 0.42 \text{ (カロリー、一秒に付)}$$

となる。

又、爐壁を傳つて逃げる熱量の概算をやると、煉瓦の傳導率を 1.8、壁は同一質の煉瓦で巻いたものとし、厚さを 9" (0.23 メートル)、爐其物の爐壁總表面積を 12 平方米突、爐の内部の平均温度を 900° C、壁の外面温度を 100° C と見積ると、1 秒間に逃げる熱量は 21 カロリーと云ふ事になる。

#30×3'×6' を一日 30 噸の割で鍍金する場合に要する熱量は 1 秒間 22.5 カロリーであるから、輻射及び傳導に依つて逃出す熱量を加算すれば實際作業に要する 1 秒間の熱量が分る。

$$22.5 + 0.42 + 21 = 43.92, \text{ 即ち } 44.0 \text{ カロリー (1 秒に付)}$$

$$\text{之よりして、此の場合の効率は、} \frac{22.5}{44.0} = 51\%$$

之が恐らく現時の亞鉛鍍金作業に於て得らるべき理想的の効率とすべきものであらう。然るに、石炭を燃焼する場合には、實地上 20% 以上 100% 位の餘分の空氣を供給するもので、石炭より發生した瓦斯及び此の空氣が、或温度に温ためられ、之がすべての熱を釜に與へる事なしに 700° 乃至 800° C 位の温度のまゝで出て行く。石炭の全發熱量のうち此の焔道瓦斯の爲めに持去らるゝ熱量は極めて高率に上るものであるが、之は勿論、石炭の發熱量、灰分及水分の割合、餘分な空氣の割合等に依つて變化する。良質の石炭は空氣の餘分な割合が少くても、悪い石炭では多く要する。焔の長い有煙炭を一定の長さを有する爐で經濟的に燃さうとするには、要する温度に依つて適度に空氣量を加減せねばならぬ。筆者の焔の長さ最高温度との研究に依れば、瓦斯と空氣の混合状態が可良で一定とすれば、撫順炭は、1 平方米突につき 80 キロを 1 時間に燃す場合に、60% の餘分空氣量で 1.05 秒で約 97% まで燃焼作用が完成し、其の時發生する温度は最高部分で 1300° C となる。(理想最高温度即ち Calorific Intensity は計算上 1500° C)、一方發熱量 5700 カロリー、水分 7.0 灰分 15.0、揮發分 40.5、固定炭素 37.5% の成分を有する石炭は同一混合状態で、一平方米突に付 80 キロ (1 時間に付) を 1.2 秒間に 97% 迄燃焼せしむるとすれば 70% の餘分空氣量を要し、其の際の温度は僅かに 1100° C (計算に依る最高温度は 1260° C) である。今、以上の二種の石炭を作業に用ふるとすれば、爐を出る時の瓦斯の温度は、略々最高温度の割で、等しい事はないと考へられるが、假りに之を等しいと見て何れも 750° C で爐を出るとすれば、其の成分と空氣量より、前者 (假りに B 石炭と呼ぶ) と後者 (假りに K 炭) との逃去る顯熱は石炭 1 キロにつき各々次の如く計算される。

$$\text{B 炭} \dots 4130 \text{ カロリー} \quad \text{K 炭} \dots 3065 \text{ カロリー}$$

石炭 1 キロの發熱量中 97% だけ爐内で燃えて、他は爐を離れてから燃焼するものとすれば、全發熱量中、爐内で利用し得べき熱量は

$$\left. \begin{array}{l} \text{B 炭} \dots 3.370 \text{ カロリー} \\ \text{K 炭} \dots 2.485 \text{ カロリー} \end{array} \right\} \text{石炭 1 キロに付利用さるゝ熱量}$$

但し、水分、灰分は熱を吸収しないものとして計算を進める。

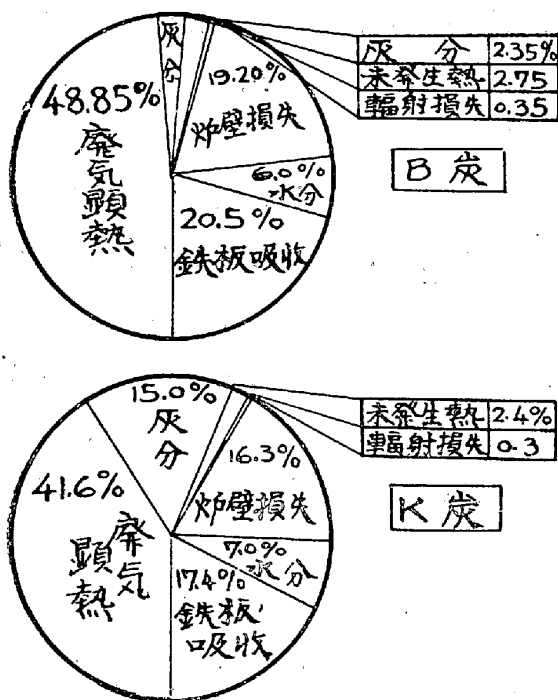
前に計算した通り #30×3'×6' を1分間に6枚鍍金する爲めには、輻射及び傳導を見込み、最低44 カロリー（1秒に付）を要するから、此の二つの石炭を用ふる場合の消費量を夫々計算する時は、

B 炭	0.013 キロ	一秒に付	1.830 斤	24 時間に付
K 炭	0.0177 キロ		2.500 斤	

第二表 石炭1キロに對する熱の使途

石炭種類	B 炭		K 炭	
	1秒に付カロリー	全發熱量に對する比%	1秒に付カロリー	全發熱量に對する比%
鐵板の吸收	22.50	22.4	22.50	22.3
輻射損失	0.42	0.4	0.42	0.4
爐壁損失	21.00	20.9	21.00	20.8
廢瓦斯顯熱	53.53	58.3	54.20	53.5
未發生熱量	3.00	3.0	3.03	3.0
合計	100.42カロリー	100.0%	101.15カロリー	100.0%

となる。以上を表示する時は第二表の如くなる。兩者の差異は甚だしいものではない。此の差異は



第十四圖 石炭價格の各損失分担比

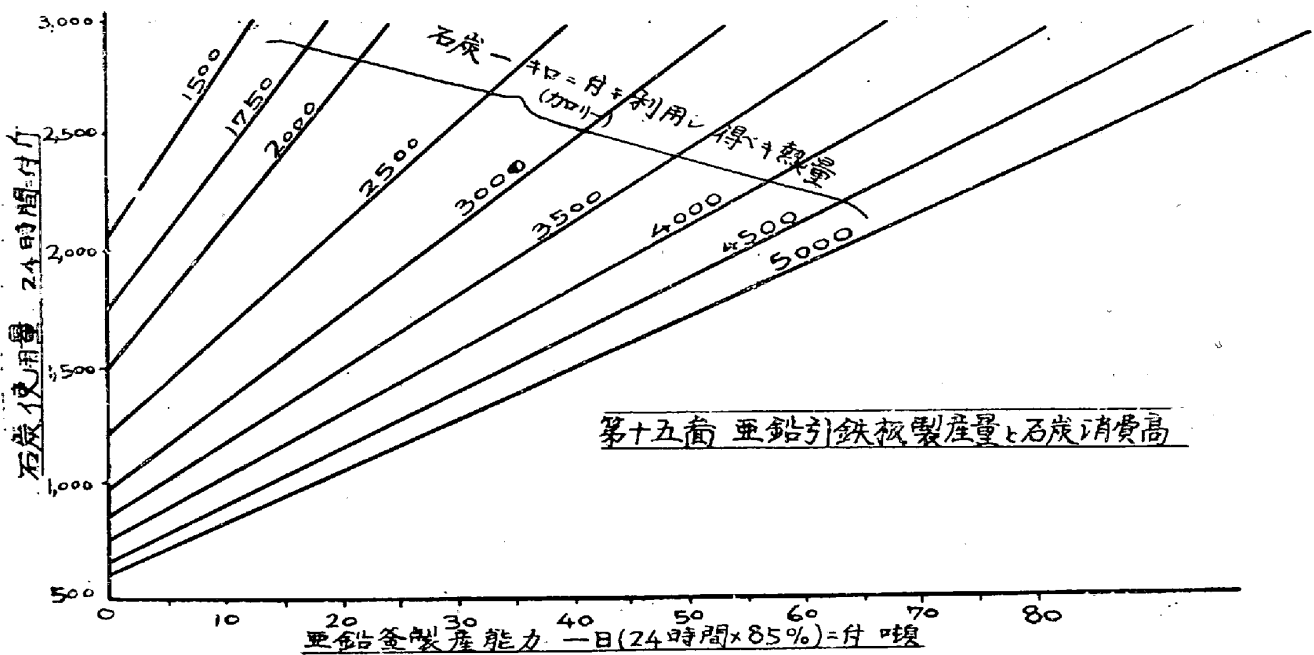
餘分空氣の割合と利用し得べき熱の量に原因するもので、1キロの石炭につき更に發熱量の少ないものでは此の割合は猶多くの差を生ずるのである。之に依つて、此の二つの場合の効率は、22%位と知る。石炭1キロの中の灰分、水分を比較する時は非常な相違がある。石炭1キロの價格を100と見て、各種の熱の損失を圖示すれば第十四圖の様になる。石炭單位重量の價格を知れば、各種の損失の分擔すべき割合を金額に表はし得て最も適切に爐を選ぶ必要が知られて来る。價格に依つては却つて質の悪い石炭を使用する方が經濟になる場合もある。之等は實地に當つて研究すべき重要な問題である。

第十五圖は以上の計算方法を圖に表はしたも

ので、石炭の種類に依つて、所要の製産力に對する石炭の消費量を容易に求める事が出来る。

但し此の圖は次の假定を置いたものである。

- (1) 廢氣溫度は 750°C と見積る。
- (2) 灰分、水分が吸收する熱量は無いものとする。
- (3) 輻射及び爐壁傳導に依る熱の損失は約 21.5 カロリー（1秒間に付）と見積る。
- (4) 釜の溫度を 450°C とする。



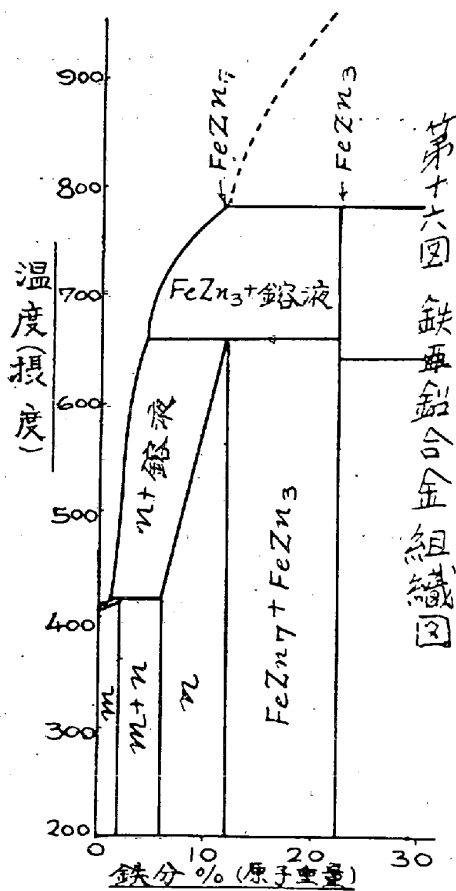
石炭1キロに付利用し得べき熱量は、石炭成分に依つて定まるべきもので、灰分、水分が多ければ、此の値は少い。普通良好な設計の爐としては之を高く取り得るが實地上2千乃至3千と取ればよい様である。爐の設計に於て最も必要な事は、適當な容積の燃燒室を作つて、生成瓦斯に最も適當な速度を與へる事である。速度餘り大に過ぎると、爐内に於て瓦斯が燃燒反應を完成し得ない爲め、未發生熱量は多くなり、烟突よりは黒煙と多量の一酸化炭素を出す。筆者の研究に據れば、烟の長さや云ふものは瓦斯の速度に比例する。故に通風を害せざる程度に速度を減少せしむる様に爐を設計し且つ作業せねばならない。然し、爐内に於て其の全長に亘り均一な熱の配分を行ふ場合と、一部分又け特に溫度を高くする場合は速度も變化せしめねばならない。一般に前者は速度を大にし後者は小にする。速度は、燃燒室の斷面と瓦斯容積の函數であつて、瓦斯の容積は勿論溫度に依つて變じ、設計當時に溫度の見積を誤る時は所期の成績を収める事が出来ない。理論的の最高溫度又は燃燒開始溫度として之まで計算せらるゝものと實際の最高溫度とは相違があつて、筆者は之に關して或説を持つてゐるもので、前の最高溫度(二種の石炭に對して)は此の説より推算し得たものである。要するに、亜鉛鍍金用の爐としては、溫度は餘り高きを要しない、爐内の平均溫度として800°C位で充分である。必要なのは各部を成るべく均等に加熱してドロスの生成量を少くする事である。作業成績は火夫の熟練に依つて大差があるので其の選擇には斯業者の注意を要する。

釜内に鐵板を通過せしめずに單に亜鉛を熔解せしめて同一溫度に保つ石炭消費量は第十五圖左端の能力噸數が零とした場合の數で示される。之は亜鉛溫度を450°Cに保つ量であつて、實地では更に溫度を下げる爲め量は減少する。普通800斤乃至1200斤である。

5. 亜鉛鍍金屬の防錆性

鐵の腐蝕を防ぐ爲めには種々の金屬を被着せしめるが、錫と亜鉛は最も多く使用せられる。被着し

た金屬層が鐵よりも化學的溶解度の高い場合には、鐵の錆を防ぎ得る能力が、其の低い場合より大きい。亜鉛は、普通金屬中鐵に對して電氣的に陽極なる唯一なのであつて廣く使用せらるゝ所以である。錫は、果物等の酸に對して強いので、亜鉛には不適當な鍍詰等の用途に充てられる。鐵板表面に附着せられた亜鉛層の組織と成分とに關しては種々の文獻もあるが、次に之等より引用して概説して見やう。亜鉛層の成分は、純粹な亜鉛を使用しても、鐵膚と作用して合金を作る結果、幾許かの鐵を含むものである。普通に使用せらるゝ亜鉛は、更に多くの不純物を含む爲め、此の外に鉛、錫等の存在を認める。米國に於て作られた亜鉛引鐵板の鍍金層では、鉛が亜鉛の 0.5 以上 1.0 %、鐵が 3~11% だけ含有する。我國に於ては、亜鉛層が薄く、且つ鉛の間を長く通過せしむる結果、鐵と鉛との割合は之より多い様に思ふ。



亜鉛と鐵との合金作用に關してはタンマン及びライト (Tamman and Raydt) 其の他の研究がある。第十六圖は其の平衡圖である。厚子重量で 25% 以上 (重量で 22%) の鐵を含む合金は、其の生成が困難であつて、通常、壓力を加へて熱する時にのみ生じ得る。それで之以上の鐵を含む合金組織は、亜鉛鍍金では考へられない。組織圖中には鐵と平衡して亜鉛鍍金層に存し得べき四個の組織限界即ち層を示してゐる。

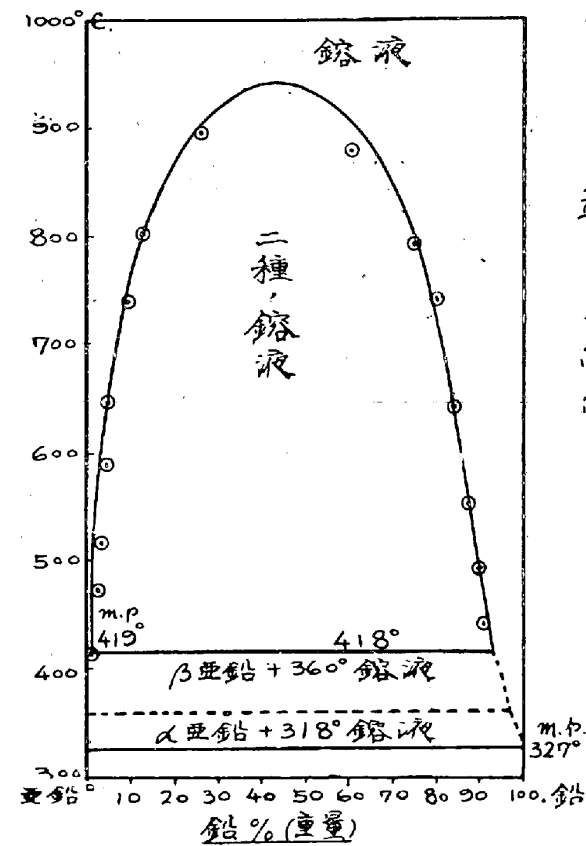
- (1) 固溶體として鐵の微量 (約 0.7 %) を含む外面亜鉛層 (m)。
- (2) (1) と相似の二重層であるが此中に n なる微粒子 (FeZn₇ なる化合物と若干の亜鉛との固溶體) が浸入してゐるもの (m……n)。
- (3) 全く n の固溶體より成る層。
- (4) FeZn₇ 及び FeZn₃ なる二種の化合物の二重層であつて、各化合物の量は此の層の範囲内に於て、純粹な FeZn₇ より一方 FeZn₃ まで變ずる。

之等鐵亜鉛の合金の防錆作用については、亜鉛に對して陰極

であるから、亜鉛と共に外氣に曝露された場合には理論上亜鉛の溶解腐蝕を早むる譯であるが、之は決して甚だしいものではなくて、實際上亜鉛と同一と見做しても差支へない。之等の合金即ちドロスが鐵の腐蝕を甚だしく促進すると云ふゲルトラー (Guertler) 其の他の説は間違つてゐる。即ち、ドロス層を含むものでも、亜鉛層が厚ければ、防錆の目的に合致するものと見られる。之は實驗に依つて既に確定された事實である。(The Chemical and Metallurgical Engineering, Vol. 20, No. 9, March 1st., 1919 参照) 只、此の合金は脆弱であつて、此の層の多い亜鉛引薄鋼板では、之を曲げる時に容易に剝脱する。加工すべき平板又は波形板では従つて鍍金層を薄くする要がある。釜の中の温度の高い時、釜の中を通過する時間の長い時及び鐵板の質が不良で、化學的溶解度の高い時は、此の

ドロス層が厚くなる。鉛と鐵とは互に合金を作らぬ様に云はれてゐたが、ロッスラー及びエデルマン (Rossler u. Edelmann) は種々の温度で、熔解鉛中に亞鉛が溶解する割合を決定したが、 400°C では、0.6乃至0.8%、 700°C では3.0%まで溶け込むと發表した。ハイン (Heyn) は、亞鉛と鉛とを互に攪拌して其儘静置すれば、絶えず分離して二層となり、此層は低温度では純粹に近いが、 419°C では、亞鉛の上層が1.5%の鉛を含み、上層が凝固してから、 334°C に下つた下層では1.2%の亞鉛を含む事を發見した。シレンヤ式亞鉛精煉爐で蒸溜作業中、亞鉛4.24%を含む鉛の合金が釜の下部に分離し表面に浮んだ亞鉛は尙1.2%の鉛を含んでゐたと云ふ。

第十七圖はゲルトラーの研究に成る鉛—亞鉛組織圖であつて、之に附加した各點は、スプリング及



第十七圖 鉛—亞鉛組織圖

びロマノフ (Spring and Romanoff) の得た値である。第二圖製造費内譯中にも鉛は0.13%丈け製造費を分擔する様に畫いた通り實地上使用亞鉛の含む不純物としての鉛以外に、釜の中に特に入れた鉛は減少するもので、時々附加する必要がある。之は釜の温度の高い場合に甚だしい。亞鉛引平板の外観をよくするために、錫其の他の金屬を入れる事があるが、多量に使用すると需要者に依つて却つて其の外観を喜ばぬ向きもあり、又鍍金層の防錆性を低下し、濕氣中では炭酸亞鉛を生成する作用を促進する。(The West of Scotland Iron and Steel Institute Journal, Vol. 21, 1913-14, N. K. Tumbull.) 米國に於ては、仕上ロールの附近に於て釜より出る板の表面に亞硫酸瓦斯を吹付けて其の酸化を防ぎ光澤をよくする方法を取つてゐるが、我國に於ては、單に亞硫酸瓦斯

のみを使用しても充分に所期の目的を達し得ないので、新たに、粉末狀乾燥鹽化アムモニアを板に吹付けたりするが、之は我國の濕度が彼地よりも高い故もあらうが、餘りに錫を多く使用する爲めもあらうと考へられる。斯業者並に需要者の一考を煩はしたい。サーストン (Thurston) の研究に依れば、錫亞鉛の平衡圖は簡單なもので、熔解状態では總ての割合で融合し、固状では融合しない。ユーテクチックは、錫92%位で温度は 197°C である。

亞鉛鍍金は一般防錆方法に冠絶するもので、鍍金の目的が錆を防ぐのみに在る時は此の方法を選ぶのがいい。殊に廣き面に對しては如何なる方法よりも經濟的に此の目的を達する。一般に、表面1平方呎に付亞鉛2オンスが最も適當な目付重量と信じられてゐるが之より薄い場合には、均等な厚さと云ふ事に特に意を用ひる必要がある亞鉛鍍金した上を更に油類で塗つて置くと其の壽命は極めて長く

なり、其の塗り方を適当な間を置いて時々施す時は始んど無限の壽命を得るわけである。

6. 結 論

現今我國の亜鉛鍍金業者の態度は單に利を得んがために多くの贅澤品を輸入する商人と同様、腐蝕を防ぐ目的に反して亜鉛の鍍金重量を少くし、之を廉價にして需要を多くして居るのは自然であるが、一方需要が多くなつて、薄い亜鉛層の爲めに毎年腐蝕して回収し得ざる鐵の量と、之を補はんがため而かも同様極めて短時日の間に腐蝕せしめらるゝ運命を負ふて輸入せられる高價な薄鋼板の極めて巨額なるを思へば、國家經濟上由々敷一大事と考へられる。相當の犠牲を拂つても、國內に於て供給し得る厚手の板に許す限りの亜鉛を附着せしめて供給し、之が使用を宣傳するのは吾人の任務と考へられる。需要者は目先の問題のみならず將來を考へて其の購入するトタン板を選択せねばならない。斯業者としては一方經濟的に斯くの如き優良品を製出する方面に非常なる努力を致さねばならぬ。吾人は敢て此の一事の解決に助力を惜まぬものである。國內製鐵工業の進化は亜鉛鍍金工業のみの存在よりも問題は大きいと云はねばならぬ。内地の薄鋼板壓延工場を保護し其の發達を獎勵するのは現下の國策とすべきものである。従て薄鋼板の關稅値上は當局の執るべき主義意見にも依るが、先づ當然の歸結として期待すべきものであらう。一方英米先進國は比較的有利なる亜鉛引鐵板を安價にして其の販路を擴張し、之が一手段として原料としての薄鋼板の値上を行ふに至るやも計られぬ。斯くの如く考ふれば、薄鋼板の供給は今の如く安價に今の如く潤澤には行かない譯である。現在賣出さるゝものの壽命が極めて短かく一日永く此の状態が続けば一日の損あるものと見る時は、今よりして、厚手の板の使用、厚き亜鉛層の鍍金を實施し、其の使用を一般に勸告するは斯業者の國家に對する義務の一つと考へられる。

附 録

熱式亜鉛鍍金釜中に於ける鐵板の作業速度

本稿第三章「製造概論」中に作業速度として余の實驗公式、ケラー氏の作業速度公式並にインガースル氏の熱の傳導より導いた式を紹介したが、或は應用の範圍狭く或は實地と相去る事極めて遠い。日本現在の作業速度として適當な仕上ロール表面速度を與へる余の實驗公式も、其の形狀のまゝ定數を改めて、他の實地上の作業速度（例へば米國一會社より得たる種々のゲージに對する速度の如きもの）に當嵌めると甚だ縁が遠い。既に論じた式の形狀は下の如くであつた。

$$V = \frac{c}{t} \dots\dots\dots (\text{余の實驗式})$$

$$V = \frac{c_1}{t_2} \dots\dots\dots (\text{インガースル氏式より誘導せるもの})$$

$$V = \frac{c_3}{c_2 t - c_4} \dots\dots\dots (\text{ケラー氏式})$$

但し、 V = 仕上ロール表面速度（一分間に付呎）

t = 鐵板の厚さ（吋） c, c_1, c_2, c_3 及び c_4 = 定數

之等の式は何れも熱の傳導の見地より得たもので、速度は鐵板の厚さの函數である事を示してゐるが、其の形狀は互ひに異つてゐる。今、全く熱の問題を離れて鐵板の釜中に於ける速度を求めやう。其の假定は疑を挟む餘地があるかも知れないが結果に於ては、定數を變じた丈で、從來得られた實地の値に極めてよく一致する。

亞鉛を充てた釜内を通ずる鐵板は其の先端に於て、熔解金屬より或抵抗を受ける。此の抵抗の大きさを P とすれば次の關係がある。
$$P = \frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2$$

茲に、 W は送込ロールに嚙まれてゐる部分より先端の鐵板の重量で、時間に依つて一定しないが、比重、鐵板の厚さ及び幅に比例する。即ち $W \propto S b t$ 。又は $W = K S b t$ 。

但し、 S = 比重、 b = 板の巾、 t = 板の厚さ

又、送込ロールの送る力は此の抵抗よりは常に大きくなければならぬ。ロールの送る力は鐵板とロール間の直壓力と其の面に關する摩擦係數との積に等しいから、 $P < N f = F$

N は直壓力、 f はロールと鐵板とのすべりの摩擦係數、 F は送りの力である。而して次の關係が成立つ。
$$\frac{F}{P} = a, \text{ 但し } a > 1$$

a なる比を一つの釜に於ては一定とする事が出来る。又 N はロールの重量のみで壓力を與へる如く一定に出来るし、 f は速度に依つて異なるが其の範圍は極めて變化が小さいから一定と見る時は、 P は一定と見る事が出来る。即ち、一つの釜に於ては鐵板の先端が受くる抵抗が殆んど一定である様に作業し得るのであつて、例へばロールの重量のみで壓力を與へる場合の如く、自然的に此の調節が出来る。然る時は、
$$F = aP = \frac{a}{2} \frac{W}{g} V^2$$

上式に於て、 F は釜を通ずる鐵板の厚さに關せず一定であるから、厚さの變化に依つて速度が異なる事になる。之は次の如く示される。
$$F = \frac{a}{2} \frac{(K S b t)}{g} V^2$$

又は
$$V^2 = \left(\frac{2 F g}{a K S} \right) \frac{1}{b t}$$

括弧内の數は何れも定數であるから、
$$\frac{2 F g}{a K S} = C$$

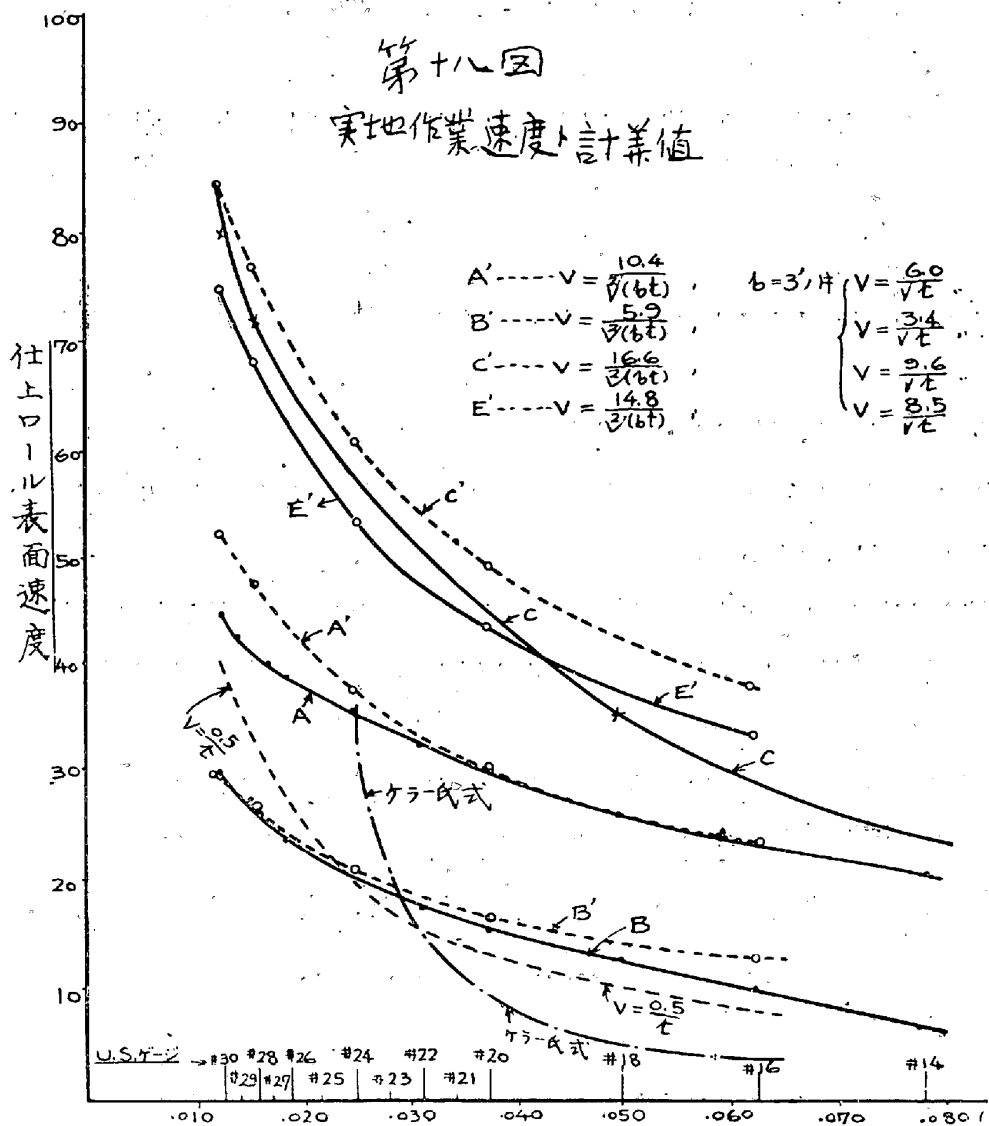
と置けば次式を得る。
$$V = C \sqrt{\frac{1}{b t}}$$

又は
$$V = \sqrt{\frac{C}{b t}}$$

此の式に於て、實地上或る與へられた厚さの鐵板に對して其の作業速度が知れると、 C を定める事が出来る。

第十八圖に於て、次の三個の實地作業速度の曲線を示したが之は次の各所より得たものである。

ゲージ番號 (U. S. G.)	t	\sqrt{t}	V (b=3')			ゲージ番號 (U. S. G.)	t	\sqrt{t}	V (b=3')		
			A'	B'	C'				A'	B'	C'
#16	0.0625	0.250	24	13.6	38.4	28	0.0156	0.125	48	27.0	77.0
20	0.0375	0.194	31	17.5	49.5	30	0.0125	0.114	52.5	30.0	84.0
24	0.0250	0.158	38	21.5	61.0						



A.....アメリカンローリングミル會社 (米式機)。B.....プライヤヒル製鋼會社 (英式機)。
C.....米國諸工場より得たる値のうち最大限と見たものより引いた曲線 (最高速度)。

A', B', C', は各々上の曲線中、一つの値を取つて C の値を定め、之より計算したもので、よく一致してゐる部分もあり、今日まで求められた式としては實地に近い方である。E' は、第七圖に示した機械を製造する會社より得たデータを基として計算したもので、之を以て殆んど米國式の最高速度と見做す事が出来やう。尙、以上計算値は鐵板の幅を 3 呎としたもので、之がもつと狭ければ前式に依つて更に速くする事が出来る。之に依れば 2 呎 6 吋の幅のものは 3 呎のもの 1.1 倍丈の早さとなる。尙、参考の爲めに、ケラー式と余の實驗公式として第二章に挙げたものを畫いた。

以上に求め得た式を用ひて、一日の製産噸數は容易に得られる譯で、次に其の概算式を求めやう。

$$24 \text{ 時間の生産高 (噸)} = \frac{\text{巾(呎)} \times \text{速さ(呎、一分間に付)} \times \text{厚さ(呎)} \times 480 \times 60 \times 24 \times f}{2240}$$

480 と云ふ數は軟鋼 1 立方呎の重量 (封度) である。f は鐵板の間隔で變ずる係數で、第一の鐵板

と次に送られる鐵板との間隔が今假りに1呎とし、鐵板1枚の長さを6呎とすれば、

$$f = \frac{6-1}{6} = 0.83, \text{ 約 } 80\%$$

幅が狭くて長いものは一般に此の値が高く作業の効率が高い。24時間の生産高=T(噸)とし、厚さを

を吋で表はすと $T = \frac{b \times V \times t \times 480 \times 60 \times 24 \times 0.80}{2240 \times 12} = bVt \times 20.5$ 又 $V = \frac{C}{\sqrt[2]{bt}}$ であるから、

$$T = 20.5 \times C \frac{bt}{\sqrt[2]{bt}} = 20.5 \times C \sqrt[2]{bt}$$

此の式に、作業の定数 C を入れると、製産高の概算式が得られる。今、B' の値を取つて、C=5.9 とすれば、 $T = 121 \sqrt[2]{bt}$

30×3'×6' の鐵板では、T が 23.5 噸となる。

A' の値を取れば、C=10.4 であつて、 $T = 213 \sqrt[2]{bt}$ となる。#30×3'×6' では、41.5 噸となる。

28 の場合は此の一割だけ多い。

要するに、鍍金速度は長い間の實地經驗に依つて自然に一定した平均値を有する様になつたもので、之が何に依つて最も影響を受け斯くせねばならぬと云ふ事になつたのであるか不明である。しかし乍ら、熱の傳導、亞鉛の粘性、鐵板が亞鉛中に於て受くる抵抗が、其の主たるものであらうと推考される。實地に於て速度は同一大いさの鐵板の場合でも相當の廣い範圍で變化し得るものであるが、熱の平衡が取れると殆んど一定する。速度の問題は確實な爐設計の爲めには解決が忽せには出來ないのであつて筆者が附録として一言茲に附加したのも其の意に外ならぬ。(大正十四年二月二十二日稿) (完)

一九二四年獨逸鐵鋼輸出入表 (單位佛噸)

	輸 出		輸 入	
	1923年	1924年	1923年	1924年
鐵 及 鐵 合 金	92,384	67,230	313,425	263,897
屑 塊 片 葉 棒	380,887	396,638	174,440	44,096
軌 條 等	62,076	46,505	298,160	161,699
棒 フ ー プ ス 桁	57,658	97,044	204,240	141,002
展 板 及 葉	197,432	242,906	589,640	479,032
板 及 葉	9,126	7,154	37	234
同 錫 亞 鉛 引 等	167,370	200,837	140,471	96,271
鑄 鐵 管 品	19,307	22,002	22,643	19,481
管 及 附 屬 品	36,490	34,689	7,248	16,692
橋 樑 材 等	52,866	87,979	35,846	23,805
軸 輸 發 條	16,389	23,350	1,519	493
車 輸 發 類	21,598	24,946	14,767	5,526
線 製 品	2,079	2,364	134	31
索 線 製 品	122,554	174,794	108,027	49,626
線 釘 製 品	36,343	66,080	149	357
螺 旋 釘 鉸	56,290	66,809	26	99
船 用 鐵 其 他	11,727	22,404	3,246	1,927
蹄 鐵 其 他	402	906	23	28
鎖 標 タ ン ク 等	5,285	4,107	253	47
淨 荷 鑄 鐵 類	6,668	7,758	360	231
車 輸 發 類	5,310	5,640	860	284
型 鐵 類	1,446	1,247	1,030	618
計	8,534	10,769	4,290	3,493
	9,790	20,520	5,660	7,081
	1,380,061	1,634,675	1,926,494	1,316,050