

鐵鋼銲接の最近の發達

工學士 岡田 實*

WELDING OF IRON AND STEEL AND ITS RECENT PROGRESS IN JAPAN

By Minoru Okada.

SYNOPSIS:—This report deals with the description of the recent progress of the welding in Japan including the outlines of research works. The remarkable feature in are welding in Japan are the use of alternating current welding machines and coated electrodes with great success. The amount of consumption of electrodes in the leading factories for use of the electric welding is given, showing the progress of industrial applications of electric welding in the last five years. Some photographs of arc welded building, tanks, vessels, etc. are given illustrating these welding applications. Among the research works prominent scientific investigations such as on welding arc; relation between the weldnig and various properties of metals; welded structures, mechanical and electro-magnetic properties of deposit metal; welding of special steels and cast iron are given.

I. 緒 言

歐洲大戰後殊に華府軍縮會議の結果、各國の海軍保有量が限定された爲に如何にして其の制限噸數内の軍艦で有效な戰鬥力を發揮し得るやに就て最も眞劔な研究が行はれた結果、従来の銲接法に代へるに銲接法を以つてし且輕合金の利用等を加へて製艦上一新機を劃したのである。其の最初の偉觀は獨逸の豆戰艦として其後各國に於て艦船の製作、鐵骨構造物、タンク、パイプ等の製造にも廣く利用されるに至つた。

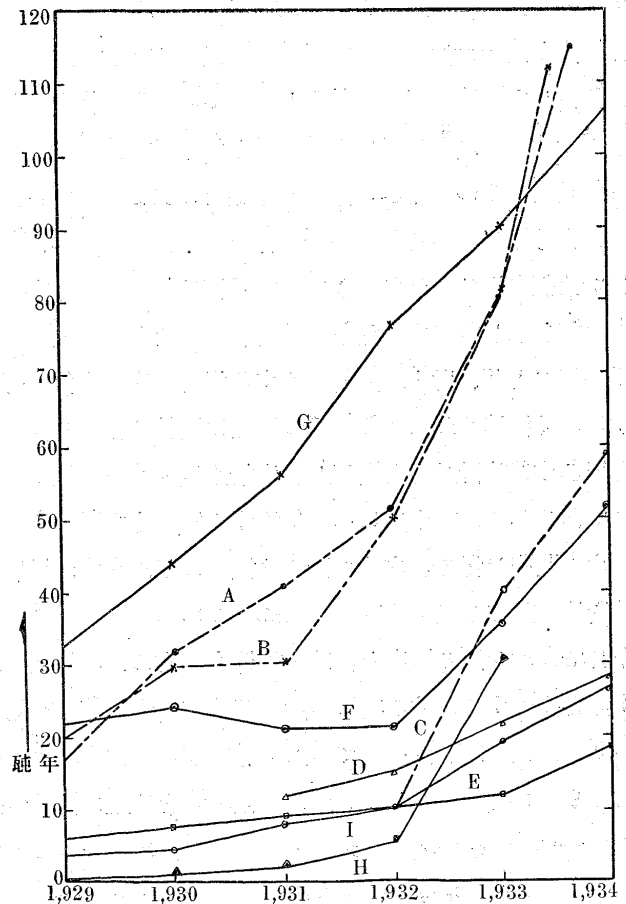
今日金屬の接合法として重要性を加へつゝある銲接法は多くは 19 世紀の終りに發明されたもので主なものゝ電弧銲接法、電氣抵抗銲接法及びオキシアセチレン銲接法である。電弧銲接法は Benardos が 1885 年に發明した炭素電弧によるものと、Slavianoff が 1891 年に特許を得た金屬電弧によるものがある。オキシアセチレン銲接法は 1901 年に Edmund Fouché が初めて現在の如き吹管を用ひて實施したもので特殊鐵鋼或は非鐵金屬には現在も廣く利用されてゐる。然し軟鋼材の接合は殆ど金屬電弧銲接法によつて置換へられてゐる。一方オキシアセチレン焰は金屬の切斷には最も適當で金屬電弧銲接法の簡便に活用されるのもこれに負ふところがたである。電氣抵抗銲接法は 1877 年に Elihu Thomson によつて發明されたもので鐵材、非鐵材を通じて特殊のものに用ひられてゐる。更に 1926 年に Iroing Langumir によつて原子水素銲接法が發明され不銹鋼、モネルメタル等の高級銲接に利用されてゐる。

以上の如き種々な銲接法があるが今日鐵鋼の銲接に最も

大量に利用されてゐるのは電弧銲接法であつて以下の報文中には主として電弧銲接法について記述する。

金屬電弧銲接法が甫めて我が國に紹介されたのは今から 22 年前で三菱造船所で行つた。其後漸次發展したが一般に實用化される様になつたのは最近 5 年間のことで帝國軍

第1圖 銲接棒消時量



A, B, C	造船所	D, E	車輛工場
F	電機製造工場	G	製鐵所
H	橋梁製作所	I	鐵道修繕工場

* 大阪帝國大學

艦初春其の他の驅逐艦、水雷艇等全電氣銲接の軍艦も數多あり、建築方面では一般構造物の全電氣銲接は監督官廳によつて認可されてゐないが鐵道の車庫、特殊工場構造物等には全電氣銲接のものもある。橋梁も同様である。

此等の銲接は殆ど金屬電弧銲接法によるものであるが銲接工業發達のバロメーターとして最近5年間に於ける我が國の一流關係會社の1年毎の銲接棒使用量を示すと第1圖の如くである。

これより直徑4mm長さ40cmの銲接棒を使用するとせば1日の銲接棒使用數、職工數、電力費等を概算することが出来る。又銲接手數より銲接棒使用量も大體判るのであつて平均銲接手一人當りの銲接棒使用量は1年一噸と觀て大差ないのである。

オキシアセチレン銲接法は金屬電弧銲接より先きに輸入された様である。鐵鋼銲接は前述の如く金屬電弧銲接法に換へられてゐるが尙多くの利用先を有してゐる。

蓋し斯る銲接法が近來著しく進歩したことは電氣工業、化學工業等が發達して高溫度が經濟的に容易に得られる様になつたからである。

然し銲接工業は創生日尙淺く未だ進歩の第一階梯を終へた程度で今後一層の研究並に活用を要する次第である。

II. 材料の性質と銲接作業

銲接部の性質に影響を及ぼす主要要素を大別して見ると次の如き5つがあると思ふ。

1. 銲接手の技倆
2. 銲接材料
3. 銲接設計法
4. 銲接施工法
5. 電機器及び諸施設

此等の要素が合成された結果に銲接部の良否があつて一つも忽に出来ないものであるが本文は材料的見地から我が國に於ける鐵鋼銲接に關する最近の研究並に工業的利用に就て概要を記す。

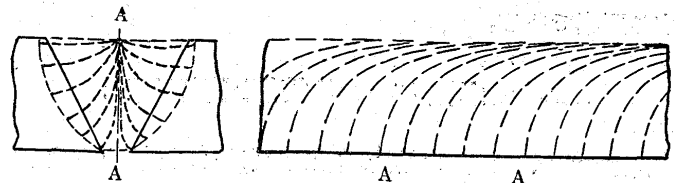
鐵鋼の銲接作業を簡単に云へば製鋼と鑄造とが極めて短時間に行はれ、然も鑄型と完全に一體にならねばならぬ。又冷却によつて起る偏析、氣泡等の少い出来るだけ均質な組織を得んとするので従つて極めて短時間に行はれる銲接作業に如何に複雑な要求があるかが分る。材料の物理化學的性質が如何なる關係を有するか二、三の例に就て考察する。

1) 熔融溫度 母材の熔融溫度が銲接棒のそれより低いとき銲接は比較的容易である。軟鋼材の銲接棒に極低炭素鋼線を用ひる所以であつて銲着金屬と母材との融着を完

全ならしめる要因である。然し母材が薄い時即ち熱容量が小さいときは電弧の熱によつて母材が銲け穴を作る様な場合がある。又凝固溫度が純粹成分或は共晶點の如く一定溫度で凝固する場合と廣い凝固溫度範圍を有する場合とにより自から銲接作業上考慮を要する問題が多々ある。

2) 結晶組織 銲接部の結晶生成状態を見るに單層銲接部は全く鑄造組織にして第2圖の如く生成の經過が觀られる。破面は粗く靱性に乏しい。殊に結晶面に窒化物が析

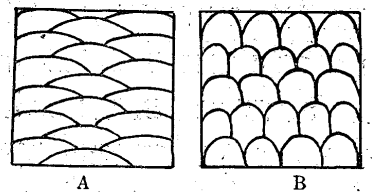
第2圖 銲接部結晶生成状態



出してゐる場合は非常に脆くなる。多層銲接の場合は各層の厚さの薄い方が銲着金屬の均一性が保れ易い。層が厚いときは凝固の進行に伴ふ成分の變化が著しく層間の境界部に甚しい組織の相異を來たす。第3圖 A は機械的性質良好にして B は不良である。

3) 變態點 鐵鋼の變態點として電弧銲接の場合特筆すべきは窒化物の生成である。窒化物は冷却の途中結晶面に析出して針狀組織を呈すること

第3圖 多層銲着斷面



もあり、或は固溶體中に過飽和の状態に存在して時効變化の原因となる。鐵-炭素系の變態點は軟鋼の場合は銲接作業に大なる影響を與へないが銲接部附近の熱影響は勿論然と表はれる。多層銲接の場合は A₁ 或は A₃ 以上に上昇した部分は再結晶をなし好結果が得られる。然し製品の殘留應力を少くする爲には 600~650°C が適當と考へられてをり、それ以上に溫度を上げることは却つて變形を起す虞がある。又特殊鋼材は夫々變態點に應じて銲接作業に注意を要するのである。

4) 熱及び電氣傳導度 熱及び電氣傳導度の特に良い鋼の如きは銲接作業が困難であり、又餘りに悪い鑄鐵の如きも困難である。この點から見ても軟鋼材は最も銲接に適する材料である。即ち傳導度の良いものは非常に強電流を要し過熱され易く反對に傳導度の悪いものは銲接に必要な電流を用ひれば抵抗熱により暫時にして銲接棒が灼熱せられ作業が困難となり電流を少くすれば接合が不完全に

なる。

5) 熱膨脹係數 オーステナイト不銹鋼、青銅の如く母材の膨脹係數が大なるときは冷却により収縮し銲接部附近に無数の罅裂が入ることがある。斯る場合は徐冷を避け出来るだけ急冷の方法をとらねばならぬ。然るに鑄鐵の如く黒鉛化によつて膨脹を起す様な場合は出来るだけ徐冷の方法をとつて黒鉛化を助長せしめなければならない。

此の外材料の比熱、銲融時に於ける表面張力、粘性、成分の酸化、銲劑の性質等もすべて銲接作業と直接關係を有する要素である。

III. 我が國に於ける銲接工學の研究

前述の如く我が國の銲接工學が近來著しく發達し應用が益々普及するに従つて諸般の研究が各方面で着々實行され殊に最近では日本學術振興會を中心として合理的に銲接工學の研究が行はれ、一方銲接協會を學術並に實際方面の連絡機關として銲接工學の向上普及に進みつゝある。鐵鋼の銲接に關し發表された主な研究の二、三を次に記述する。

1) 銲接電弧 電氣工學に於て高壓放電現象は可成り研究されてゐるが電弧殊に鐵電弧に對する研究は寥々なるものである柴田氏¹⁾は銲接棒の被覆劑によつて弧光電壓が支配され蕊線は殆ど影響しない。又週期律の各別に於て原子量の大きいもの程弧光電壓は低くこの事實は電子親和力からも推定し得ると結論してゐる。唯被覆劑は一種を以つて満足な銲接結果を得るものでなく、鑄滓成分の珪酸度其他が適當でなければならぬ。同氏は更に二種以上の場合に就いても研究されてゐる。本文の筆者²⁾は先に銲接電弧のオスシログラムを撮り種々の現象を發見してゐる。即ち銲接棒が正極のときと負極の時で有效弧光電壓が變ること。銲接棒の種類により波形が異なること。又被覆劑の種類によつて短絡時間の長短がある。普通の状態で銲接棒を負極にした場合短絡時間は1~4サイクル(1秒60サイクル)である。

2) 銲着金屬 銲着鐵の性質は銲接棒と母材と作業條件によつて影響される。多層銲接の場合は母材の影響がなく銲着鐵は銲接棒と作業條件によつて性質が左右される。故孕石博士³⁾は多年高級銲着鐵の研究をした結果抗張力

80 kg/mm²以上の銲着鐵を與へる銲接棒を製作した。又銲着鐵の種々の機械的性質は各方面で試験研究されてゐるが内藤博士⁴⁾等が數種の國產電極棒の銲着鐵に就て試験せる結果は平均次の如くである。

抗張力 47 kg/mm²(不燒鈍) 43 kg/mm²(燒鈍)

延伸率 10~15%(100mmゲージ)

降伏點 抗張力の約60%、ヤング率 20,000 kg/mm²

アイゾット衝擊抵抗 2~4 kg-m

筆者は被覆劑中に添加された合金元素が銲着鐵中に含有される量を種々なる試験結果より求めた。合金元素が銲着鐵に残る割合は元素の種類、量、鑄滓の珪酸度、弧光の長さ被覆效果等によつて影響されるのであつて一例を示せば第4圖の如くである。

筆者はこの結果

から高力銲着鐵を得るに Mn, Ni, Mo, Si, V等を加へて比較的よい結果を得た。又銲着

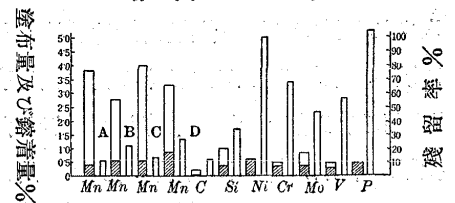
鐵の電磁氣的性質⁵⁾を三つの點(イ)電氣回路の銲接(ロ)磁氣回路の銲接、(ハ)良好な機械的性質から研究した。

電氣回路の銲接には裸棒が最も固有抵抗が少く、磁氣回路に對しては Si 及び Mn を適量含んだものがよい結果を得た。又 Si Mn を共有するものは機械的性質も良好である。銲着鐵の電磁氣的性質に於て特筆すべきことは時効變化である。而も時効變化は銲着鐵中の窒素量と密接な關係があり、含窒素量に應じて時効變化の有様が異なるのである。

3) 特殊鋼と鑄鐵 軟鋼の銲接は特殊の場合の外は殆ど懸念なく銲接より遙に優秀な結果を得ることが出来るが特殊鋼或は鑄鐵の銲接は多く今後の研究に俟なければならない。

鑄鐵の銲接にはオキシアセチレン銲接及び炭素電弧法が寧ろ多く用ひられてゐる。金屬電弧銲接法に就て佐々木氏⁶⁾は鑄物棒に黒鉛化を助長する物質を被覆し銲着鐵が灰銲になる場合を研究した。其の結果鑄鐵の銲接は充分冷却速度を遅くすれば黒鉛化を容易にして、黒鉛化による膨脹は冷却による収縮を補償し、歪、残留應力の虞少きことを明にした。この黒鉛化を容易ならしむる被覆劑としてカ

第4圖 添加物



1) 紫田 鐵道大臣官房研究所業務研究資料 第22卷第44號 1934

2) 岡田 銲接協會誌 第2卷第8號 Dec 1932

3) 孕石 銲接協會誌 第4卷第1號 Feb 1934

4) 内藤、鶴田 早稻田大學紀要 第9號 1933

5) 岡田 鐵と鋼 第20卷第7號 July 1934

6) 佐々木 銲接協會誌 第2卷第4號 April 1932

—ボランダムと磷を推賞してゐる。

橋本、益田兩氏⁷⁾及井口博士、森永氏等は別個に鑄鐵銲接にアルミニウムを加へた場合黒鉛化に有效なることを發表した。橋本氏等は約 1% Al が最も適當なることを指摘してゐる。

筆者は特殊鋼の銲接に關し銲接棒の電氣抵抗が非常に重要なことを提唱したが鑄鐵の如き固り抵抗の高い銲接棒を使用することは前述の理由によつて困難である。従つて作業上出来るだけ一定條件を保持せしめる爲には銲接棒の電氣抵抗を低くする必要がある。軟鋼に黒鉛、珪素、カーボランダム等を塗布して電氣抵抗を低くすることは出来るが銲接部を均一に灰銲にすることは銲接棒の製作上又作業上至難であつて或る程度まで黒鉛化を行ふに足る元素を銲接棒中に均一に含んでゐる方が好都合である。筆者はこれを解決する一つの要素として普通の可鍛鑄物より稍 C 及び Si の多い可鍛鑄物棒を作り、これに適當な被覆劑を塗布して鑄鐵の銲接に用ひた。このときは同一成分の灰銲或は白銲に比し銲接棒の固有抵抗が約 1/2 になる。

然し鑄鐵は銲接の際に母材の急冷によつて境界部に白銲部を生じて罅裂を起す場合がある。故に母材と豫熱温度の關係等は鑄鐵の組成、大さと相俟つて尙研究を要する。

4) 鐵鋼構造物 造船、橋梁、建築等の設計施工に關する論文も若干發表されて居り種々な點に興味を抱いてゐる。其の一、二を記述するに内藤博士⁸⁾等はコンクリートで補強された銲接々手の強さに就て試験した結果コンクリート補強桁の強さは銲接構造桁とコンクリートのみの單獨の強さの和よりも 13% 大であり、この結果から銲接桁をコンクリートで補強することが有效であると證してゐる。又佐々木氏⁹⁾等は光彈性學に依つて前面隅肉銲接の應力分布を明にし接手効率に對する理論的結論を與へてゐる。

又非鐵金屬銲接に關する研究も最近多數に發表される様になり我が國銲接工學の研究方面は急速發展の道程にあることを示してゐる。

IV. 銲接工業の發達

銲接工業は鐵鋼の銲接が大部分を占め、近來の重工業の

發達に伴つて最近 5 年間に實に 10 倍以上の利用普及を見てゐる。其の中應用の最も大量なるは造船界にして極く概算的考察からすれば銲接棒使用量の 60% 以上を費してゐる様である。次で造機方面に 20% 建築土木其他の工業で残りを消費してゐる。次に各工業方面に於ける利用を記載する。

1) 銲接機器 銲接工業の發達に就て記する前に日本の銲接工業の一つの特徴として電弧銲接機には交流機が一般に用ひられてゐることである。これに反し歐米では殆ど全部が直流機である。この主なる原因は經濟上から見て交流機の價格が廉く製作が容易、取扱も便利であると云ふ點である。然し電氣的に見ると直流機の方が幾多の利點を有つてゐる。

交流電弧銲接機の二次開路電壓は銲接機の製作所によつて異なるが 70~100v の範圍に調節し得るものが多い。非常に端子電壓を低くすれば材料が大に節約され價格を低下させることが出来るが特に弧光を安定せしめる装置を附屬せしめない限り銲接作業が困難に陥る。この例には 50~80v の調整範圍を有する機械がある。反對に端子電壓が高い場合に作業は容易であるが梅雨期から夏季の湿度の高い日本に於ては銲接手が電撃をうける危険がある。二次電壓の高い例には 80~250v と云ふ銲接機がある。

直流銲接機は定電壓發電機と定電流發電機が普通に用ひられ前者は大型にして多數の銲接手が同一の機械から電流を得るもので後者は一人型である。ローゼンベルヒ發電機、分割磁極型發電機、差働複捲發電機等銲接に適する構造に作られてゐる。

此等の銲接機は無負荷端子電壓は 40~100v で電流は種々な容量のものが得られる。この外に自動銲接機高周波付交流電弧銲接機等が實用されてゐる。我が國の銲接機製造は近時著しく發達し其の生産の隔世の感がある。芝浦、日立、富士電機、三菱電機等の大電機製作所を始め大阪電氣、菱美電機等銲接機専門の工場も數多設立されてゐる。

2) 銲接棒 軟鋼用銲接棒の原線は特に低炭素鋼線が要求されてゐる。一般に使用されるものは次の如き組成であるが優良なものは $C < 0.06\%$ のものもあり、又瑞典の低炭素鋼線も相當に用ひられてゐる。

$C < 0.12\%$ $Si < 0.05\%$ $Mn 0.35 \sim 0.55\%$

⁷⁾ 橋本、益田 火兵學會誌 第 27 卷第 7 號 1932

⁸⁾ 内藤、鶴田 早稻田大學紀要 第 9 號 1933

⁹⁾ 佐々木 銲接協會誌 第 2 卷第 3 號 1932

$P < 0.04\%$ $S < 0.04\%$

國産銲接棒用鋼線は日本製鐵株式會社、東京製鋼株式會社、神戸製鋼所等に製造されてゐる。

上述の如く交流銲接機が廣く用ひられる故被覆棒が殆ど全部を占めてゐる。被覆劑は單に弧光の安定を得る効果があるのみならずこれに適量の脱酸劑或は合金元素を添加して前述の如く銲着鐵の性質を改良することが出来る。一般に用ひられてゐる被覆劑の主なる成分は酸化鐵、石灰、三酸化滿俺、珪酸、粘土、炭酸曹達、硼砂、水硝子、青石綿等で脱酸劑としては Mn , Al , Ti , Si 及び此等の鐵合金が用ひられる。改質を目的としては Ni , Mn , Cr , Mo , V , Cu , W 等が用ひられ全く特殊鋼の製造と同様の見地から實施されてゐる。

鑄鐵の銲接棒としては軟鋼棒、 Ni 、モネルメタル、青銅鑄鐵棒等が用ひられてゐるが適當の銲劑が必要である。又 Ni 、モネルメタル等は價が高く特殊品には有利であるが仕上をして組織が區別される。青銅は色が異のと高温で使用出来ない缺點がある。

合金鋼は物理的及化學的性質に従つて或は母材と同一成分のものもあり或は被覆劑に必要な成分を添加したのもあつて實際には既に可成り用ひられてゐる。銅合金、輕合金の銲接は現在は電孤銲接より寧ろオキシアセチレン銲

接の方が盛である。此等比較的銲融點の低いものに対しては近時石炭瓦斯を利用する方法も實施さるゝに至つた。

3) 鐵鋼構造物への利用 日本の構造物は第一に耐震上遺憾なきことを要し特に衝擊抗力を重要視さるゝ爲一般建築構造物の接合を全部電氣銲接で行ふことは認められてゐないが補強の目的に對しては可なり廣く使用され其の効果は應力計算に入れられてゐる。然し特殊の構造物には全電氣銲接によるものも相當にある。第5圖は最近開通せる省線高山の車庫の全電氣銲接構造物である。

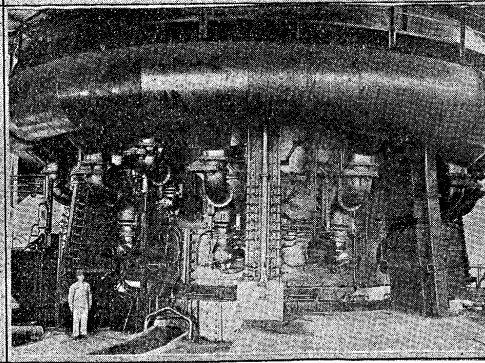
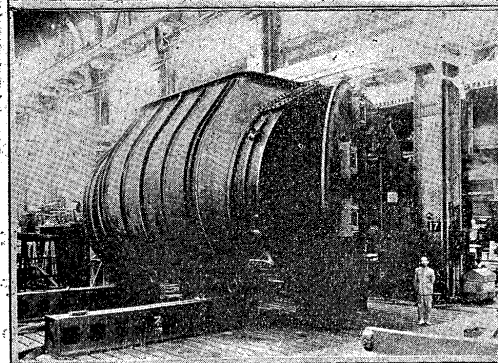
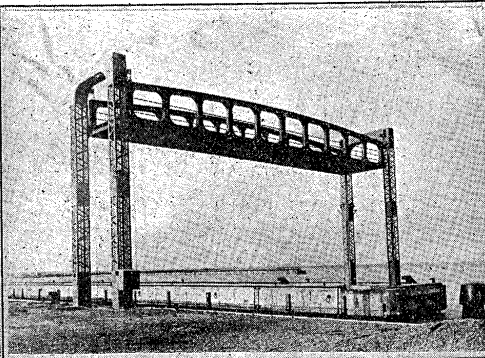
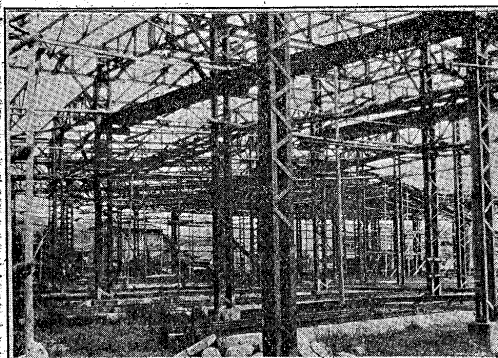
全電氣銲接橋梁、起重機等も若干竣成されてゐる。第6圖は滿鐵川崎埠頭全銲接昇開橋である。橋梁の補修補強の目的に電氣銲接は最も便利有效にて近時機關車の重量増加に伴ふ橋梁強度の不足を電氣銲接で補強することによつて優に20年の壽命延長を得ると云はれてゐる。1933年に國鐵橋梁の補強は104スパンに及んだ。

4) 鑄物の代用 從來鑄鐵或は鑄鋼によつて行はれてゐた電機器のフレーム、ヨーク、ハウジング等は殆ど全部銲接で作られる様になつて重量が非常に輕減されてゐる。又艦船用の原動機を始め機械部分其他日用品等に至るまで鑄物代用として銲接製品は近時益増加しつつある。而も強さ安全性に於て鑄物に比し何等遜色がなく多くの場合經費も遙に安い。

第5圖 高山車庫 (全電氣銲接)
竣工昭和9年10月 銲接棒使用量43t

第6圖 全銲接昇開橋
昭和8年4月竣工

第8圖 金剛丸 昭和10年3月竣工
重量9,000t 銲接棒使用數250,000本



第7圖 タービンコンデンサー
徑5m 長さ6.55m 板厚16mm

第9圖 700t 銲爐環狀風管
(八幡製鐵)

5) **タンク、パイプ、耐壓容器への應用** 此等のものはタイトネスが完全でなければならぬ。銲接してコーキングしたのでは往々不完全な所が起る。銲接は多く衝合銲接であるが隅肉銲接でもこの目的に對しては完全であり、強さも充分である。水道用鋼管、發電所のペンストック其他各種の鋼管が近時銲接によつて多量に製作されてゐる。此種の大量生産を要するものには川崎造船所、三菱造船所等に於ては自動銲接機が利用されてゐる。最近製作されてゐるペンストックには徑 1m 鋼の厚さ 50mm 常用壓力 45 kg/mm² のものがある。瓦斯タンク、オイルタンク等にも廣く利用されてゐる。又耐壓容器も殆ど銲接を驅逐して全銲接容器が用ひられる様になつた。反應器では使用壓力 58 kg/cm²、使用溫度 500°C に達する銲接製品もある。第7圖はタービンコンデンサーのケイシングにして大部分銲接されてゐる。

6) **鐵道方面の利用** 10 年前には車輛の銲接は極く特別の部分品或は重要ならざる場所に用ひられたが今日は車輛製作上の重要部となり製品の出來榮を左右する要素となつた。機關車、自動車等へも極度に利用されてゐる。

軌道の銲接には電氣銲接及びテルミット銲接が行はれてゐる。又車輪及び車體の修繕等へも銲接は重用されてゐる。

7) **造船への利用** 前述の如く軍艦、商船、漁船其他各種の船舶製作に電氣銲接が應用されたことは近代造船界の全く革命的變革である。各種軍艦への銲接利用極度に實施されてゐる。之によつて重量の輕減をなし戰鬥力を高め其他色々な機能を高めることが出來た。第8圖は最近播磨造船所で竣成した貨客船にして銲接を多量に應用してゐる。

8) **製鐵所の利用** 八幡製鐵所に於ける銲接棒の使用量は第1圖Gの如くで著しく増加してゐる。岡山氏の發表によれば製鐵所に於ては各種の方面に利用してゐるのであ

つて各種タンク、鋼管、運搬車構造物を始め銲接爐、熱風爐等にも實施してゐる。製鐵所に於ける費用節約の内譯は約そ材料費に於て 18~22%、工費に於て 30~35%、合計にて 22~30% と云ふ數字を示してゐる。又各種の修理品に電氣銲接を應用して大なる利益を擧げてゐる。第9圖は 700 t 銲接爐環狀風管である。

9) **銲接手の技備檢定と銲接部の検査** 前述の如く銲接手の技備が銲接結果を支配する重要素であるが故に銲接手の技備檢定は最も慎重に行はれてゐる。其の成績も技術の熟練と銲接棒がよくなるに従つて向上してゐる。然し銲接手の不注意或は銲接工學の常識を有しない爲に偶々災害を起す場合がある故に銲接手の知識的向上を圖る必要がある。

銲接部の検査に對しては破壊試験を行ふ場合があるが成品に對しては X 線を用ひるとか聽音試験を行ふとか電氣抵抗磁氣抵抗によつて缺陷を知るとか色々の方法を用ひることが出来るが容易に確實な方法は現在のところ見當らないのである。この検査法も今後研究を要する問題である。

V. 結 言

以上我が國に於ける鐵鋼銲接の最近の發達を簡単に記したのであるが銲接工業が最近5年間に目醒しい發達をなし且つ現在尙急テンポを保つて進歩普及しつつあることは誠に喜しきことであるが同時に研究方面殊に冶金學的研究の必要を痛感する。殊に特殊鋼、鑄鐵、非鐵合金等に於ては材料の諸性質を知悉しなければ銲接作業の複雑性を超へて優秀な結果を得ることは困難である。茲に過去の目醒しい發達の外廓を述べたに過ぎないが將來の爲に何かの御參考にもなれば幸である。最後に鐵鋼協會第20周年記念號に此の報告を載せることを得たのは筆者の光榮とするところで野田會長に感謝の意を表する次第である。