V 結 言

熔接電源として直流および交流を採用し、熔接速度(200 mm/min)および母材の厚さ(10mm)を一定として心線の直径4mmの普通の18-8不銹鋼熔接棒を用い、C含有量異なる四種の α 系鋼板上に、極性および熔接電流値を種々に変えてシングルビードを熔着し、オーステナイト熔接金属中えの母材の熔込量、熔込率等のいわゆる熔込諸量、オーステナイト熔接金属平均硬度、母材熱影響部最高硬度、境界部硬度、顕微鏡組織等について実験し、これらの関係を求めて考察を行つた。実験の結果を綜括すれば次のごとくである。すなわち熔接速度、母材の厚さ一定の場合

(1) 直流(正極性および逆極性)、交流いづれの場合も、熔接電流値の増加に比例してオーステナイト熔接金属中えの母材の熔込量、熔込率その他の熔込諸量は直線的に増加の傾向をとる。その場合の熔込率は、熔接電流値95~175Ampの範囲では約20~60%である。

(2) 母材のC含有量が增加すれば熔込率もわずかながら増加する傾向が認められる。

(3) 交流の場合の熔込率は同一熔接電流値では直流の場合に比べて小である。

(4) 直流正極性および逆極性の場合の熔込率には大差がないが、本実験の範囲では熔接電流値の小なる側では正極性の方が、熔接電流値の大なる側では逆極性の方がそれぞれ熔込率が大きなる傾向を示している。

(5) オーステナイト熔接金属の平均硬度はかなり高く(ビツカース硬度300~450)、熔込率小なる範囲では母材C含有量の高いもの程硬度が低く、反対に熔込率大なる範囲では母材C含有量の高い順に硬度も高くなっている。

(6) 境界部オーステナイト熔接金属側の硬度は熔接電

流値の増加とともに直線的に増加し、しかも母材C含有量の高いもの程硬度が高い。この点はオーステナイト熔接金属平均硬度の変化傾向と異なる。

(7) 母材熱影響部最高硬度および境界部母材熱影響部側硬度はともに熔接電流値の増加に従い低下する。

終りに本研究の遂行に当り、実験材料の提供、加工、分析等についてそれぞれ新扶桑金属工業株式会社製鋼所羽室晴男、日立造船株式会社技術研究所国廣敏之、天辻鋼球製作所大和田工場楫野洋、日本橋梁株式会社久末達雄、大阪府工業奨励館新成夫の諸氏より多大の御高配を受けた。また坂井昭次郎、倉岡弘の兩工学士は熱心に実験に協力された。以上の諸氏に厚く御礼申上げる。なお本研究の一部は著者の一人に交付された昭和25年度科学研究費「オーステナイト系熔接棒による各種鋼材熔接境界部組織の研究」によつて行はれた。附記して感謝の意を表したい。

文 献

- 1) R. D. Thomas and K. W. Ostrom, Weld. J., Vol. 20 (1941), No. 4, p. 185s-188s.
- 2) R. W. Emerson, Weld. J., Vol. 18 (1939), No. 10, p. 381s-392s.
- 3) A. S. Herres and A. M. Turkaro, Weld. J., Vol. 25 (1946), No. 10, p. 669s-696s.
- 4) A. L. Schaeffler, Weld. J., Vol. 26 (1947), No. 10, p. 601s-620s.
- 5) 井川, 熔接学会誌, 第15巻(昭和21年), 第5号, 1-5頁
- 6) M. L. Begeman and B. H. Amstead, Weld. J., Vol. 29 (1950), No. 9, p. 433s-440s.
- 7) A. L. Schaeffler, Metal Progress, Vol. 56 (1949), No. 5, p. 680.

軟鋼電弧熔着金属の諸性質と滲炭組織の関連性*

安 藤 精 一**

Relations Between Properties of Mild Steel Arc Deposits and Carburized Structures*

By S. Ando**

Abstract

There are available some literatures treating of carburized structures, normal and abnormal, of mild

* 原稿受付 昭和26年10月 (昭和25年度熔接学会春季学術講演会において発表)

** 正員, 鐵道技術研究所 Member, Railway Technical Laboratory.

steel arc deposits. However, systematic investigations of the relations between properties of mild steel arc deposits and carburized structures have seldom been reported. The author carried out several characteristic tests with 40 kinds of mild steel covered electrodes (4 mm dia) obtainable after World War II, followed by the carburizing test on impact specimens after being fractured, in accordance with the SCJ procedure (Mc Quaid Ehn Test).

On the basis of test results, relations between properties of mild steel arc welds and carburized structure were studied with the following conclusions.

- (1) Carburized structures of deposit metals may be roughly divided into three groups; normal; fine, abnormal; and coarse, abnormal.
- (2) Close relations exist between properties of mild steel arc deposits and carburized structure.
- (3) These facts have a significant bearing upon degree of deoxidation, e. g., Mn and Si contents and further upon the quantity, form and dispersion of nonmetallic inclusions in deposit metals.
- (4) The relationship between Mn-Si contents and carburized structures has been clarified and the boundary line shown in a diagram.
- (5) The relationship between Mn-Si contents and mechanical properties has also been clarified and the cause of the development of carburized structure studied from the standpoint of deoxidation.
- (6) These data make it possible to estimate with a fair degree of accuracy the quantities of mild steel arc deposits by observation of carburized structures.

1. 緒 言

軟鋼電弧熔着金屬を滲炭した場合の正常および異常組織については、すでに幾多の研究がある。すなわち Zieler¹⁾ は滲炭組織は熔接部の良否を判定する有力な方法であるとして若干の例を示し、柴田、中根²⁾ は熔接部の異常組織について研究しその対策を説明している。Hoyt³⁾ は有機物系による場合は正常に、裸棒による場合は異常になるとし、Hodge⁴⁾ は裸棒による場合は異常に、被覆棒による場合は一部異常を呈する正常組織を示すことをのべた。Granberry⁵⁾ は被覆剤組成および母材成分をかへた場合の Austenite 結晶粒度について若干の実験を行つている。最近 Sloman⁶⁾ 等は軟鋼熔着金屬の組成に関する研究において、3種の被覆剤による熔着金屬の異常組織とその非金属介在物との関係について僅かにふれている。また中根および著者⁷⁾⁸⁾ は熔着鋼の線状破面に関する研究において線状破面と滲炭組織との関係をのべている。しかしながら、系統的に熔着金屬の諸性質と滲炭組織の関連性を明らかにしたものはないようである。本研究は戦後の軟鋼熔接棒(径4mm)約40種の諸性能を調べ、ついで学振法⁹⁾により熔接金屬を滲炭し、熔着金屬はその滲炭組織により大略三つに分類しうることを、さらにこれらの組織と熔着金屬の脱酸程度、換言すれば Mn および Si 量ならびに非金属介在物との間には密接な関係があることを明らかにしたものである。

2. 実験方法

2.1 熔接棒の諸性能に関する実験

40種の軟鋼熔接棒(径4mm)を使用し、内26種は JES 9001号¹⁰⁾ に準據して機械試験片を作成し、他の4種は試

料の都合上電解分析試料より採取した。これらの試験片について機械試験を行い、また破面検査、衝撃試片の破断面についてのビツカース硬度の測定、および鏡検(5%硝酸アルコール腐蝕)、心線および熔着金屬の化学分析および後者の非金属介在物の分析¹¹⁾等を行つた。なお被覆層の測定、あるいは熔接棒の型式を判定するために被覆剤の分析、直流正逆両極性および交流における電弧電圧の測定、作業性検査¹²⁾等を行つた。試験法の詳細については省略する。

2.2 滲炭実験

破断後の衝撃試片を 10×10×20(mm)とし、学振法⁹⁾により滲炭を行つた。滲炭箱は径120、長さ200、板厚4(mm)の軟鋼製円筒形のものを使用し、各試片をそれぞれ30mm以上離して滲炭箱内に配列し、その間を滲炭剤をもつて充填した後、滲炭箱を加熱電気炉中にて925°Cに6時間保持し、しかる後1~3°C/minの冷却速度(Pearlite 生成開始前後の冷却速度は1.5°C/min)をもつて炉中冷却を行つた。冷却後試片を中央より長軸方向に垂直に二分し切断面を研磨後ピクリン酸ソーダで腐蝕し、滲炭部の全面に亘つて鏡検を行つた。

3. 実験結果

3.1 滲炭組織の鏡検結果

滲炭部を鏡検した結果、熔着金屬の滲炭組織は次のごとき組織を主とする三つの型式に分類しうることが判明した。すなわち、1) 正常組織、2) 微細な異常組織、3) 粗大な異常組織である。(写真1~3)これらの鏡検結果の概要を第1表に示した。表において、試料番号は各組織にお

写真 1 (正常組織 No. 1) 写真 2 (微細な異常組織 No. 2) 写真 3 (粗大な異常組織 No. 3)

写真 1~3 滲炭組織：ピクリン酸ソーダ腐蝕 ×100

写真 4~6 熔接のまゝ：5%硝酸アルコール腐蝕 ×400

写真 4 (正常組織 No. 4) 写真 5 (微細な異常組織 No. 5) 写真 6 (粗大な異常組織 No. 6)

第 1 表 滲炭組織と Austenite 結晶粒度 (試料数 40)

滲炭組織	試料 No.	Austenite 結晶粒度	滲炭組織	試料 No.	Austenite 結晶粒度
主として正常組織	1	1+(3), F 5%	主として微細な異常組織	1, 2, 3	7~8
	2	3~6		10, 11, 2'	
	3	1, F 5%		4	7~8, N(1~8)45%
	4	1+(3~6)		5	7~8, N(1) 5%
	5	1+(4~6)		6	7~8, G(5~6)45%
	6, 11	1+(5~6)		7	7~8, G(3~5)35% N(1~2)15%
	7	(1~2)+(4~5)		8	7~8, N(2~6)20%
	8	(3~4)+1, F20%		9	7~8, G(5)3%
	9	1, F 10%		1'	7~8, G(5~6)10%
	10	1+(5~6), F25%	主として粗大な異常組織	1	4
	12	3+(5~6)		2, 4, 5	3~4
	13	1, F 20%		6, 8	
	14	(4~5)+(1~2)		7	3~5
	15	3~5, F 15%		9	4~5
	1'	1+(4~5), F25%		10	3+(4~5)
	2'	1+(2~4), F 5%			

註：N は正常，F は微細な異常，G は粗大な異常を示す。

() は局部的に生ずる場合

ける伸び率の順を示す。No.1, No.2は電解試料より採取したものである。これより明かなごとく、滲炭組織は一般にかなり複雑であり、正常のものには微細な異常を混在し、微細な異常には正常あるいは粗大な異常を混在するものがある。また正常組織の Austenite 結晶粒度は熔接棒により相当異り、かつ混粒している場合が多い。

3.2 通常の顕微鏡組織

針状窒化物、酸化物の存在状態を調べたが詳細は省略する。一例としてあげた写真 4~6 はそれぞれ写真 1~3 の滲炭組織に対応する熔着金属の顕微鏡組織を示す。一般に針状窒化物は正常組織の場合にはほとんど認められず、粗大な異常組織の場合には極めて多い。微細な異常組織の場合には大体兩者の中間にある。酸化介在物も正常組織の場合は比較的少くこの傾向は窒化物の場合と全様である。

この場合の結晶粒は正常組織の方が比較的小さい傾向を示していることは注意を要する。

3.3 滲炭組織と熔接棒の型式および被覆厚

補足的に行つたこれらの試験結果の概要を第 2 表に示した。これより滲炭組織と熔接棒の型式あるいは被覆厚の関係がかなり明かに認められる。

3.4 滲炭組織と機械的性質および破面状態

第 2 表に機械試験の平均値と滲炭組織の関係を示した。これより滲炭組織と機械的性質の間には密接な関係があることが明かである。いま熔着金属の組織と抗張力・伸び率、抗張力・衝撃値の関係を図示すると第 1 図および第 2 図のごとくなる。正常組織の場合は機械的性質相互の均衡が保たれており、先づ JES 9001 の 2 号に合格するが、微細な異常組織の場合はかなり良好なもの(2号合格)、あまり良好でないもの(1号合格)、極めて不良のもの(不合格)があり、粗大な異常組織を

第 2 表 滲炭組織と機械的性質 (平均)

滲炭組織	被覆の型式		被覆厚 (mm)	機 械 的 性 質 (JES 9001)				破 面		試料数
	主	従		抗 張 力 (kg/mm ²)	伸 び 率 (%)	衝 撃 値 (kg-m/cm ²)	硬 度 (V.H.N)	主	従	
正 常	有機物系 折衷系	—	1.1	49.1	31.0	12.4	153	銀 点 (無缺陷)	線 状 気 泡	15
微細な異常	折衷系	硼砂系	0.8	41.3	18.7	8.8	141	氣 泡	線 状 銀 点	11
粗大な異常	鉍 滓 系	(折衷系 硼砂系)	0.6	33.6	13.1	2.4	125	氣 泡	線 状	10

註： 電解試料によるものは平均値より除いた。

第 1 図 抗張力—伸び率

示すものはいずれも不良である。また微細な異常組織を示すものに正常組織とほぼ全様の傾向を示すものもあること、微細な異常組織を示すものには伸び率に比し衝撃値のかなり良いものがあること、粗大な異常組織を示すものはいずれも衝撃値が極めて低いことは注目を要する点である。なお引張および衝撃試片の破面状況の概要と滲炭組織との関係を第 2 表に示した。正常組織のものにはほとんど気泡を認めず、また無缺陷のものもあるが、一般に銀点を生じ線状破面を僅か生ずるものもある。微細な異常組織のものには銀点を生ずるのは稀で、一般に気泡を生じまた線状破面を著しく生ずるものがある。粗大な異常組織のものには銀点は全く生ぜず、気泡は微細な異常の場合より更に多く、またまれに線状破面を生ずるものもある。また補足的に行つた 3 層角

2 図 抗張力—衝撃値

熔接接手の破断面を検すると、正常および微細な異常組織の場合は線状破面の部分を除くと、第 1 層は細粒組織であるが、粗大な異常組織を生ずる場合は石垣状破面で殆んど細粒組織を示さない。なお正常組織を呈し全熔着金屬の機械的性質は良好で機械試験片の破面には有害な欠陥が認められなくても、熔接棒として安全であるかないかは隅肉熔接部の破面検査などを併用しないと確言できない場合があり、これらを行つた場合往々線状破面を生ずるから注意し

第 3 表 滲炭組織と各成分の移行状態 (平均)

滲炭組織	種別	化 学 成 分 (%)					試料数
		C	Si	Mn	P	S	
正 常	C	0.11 ₀	0.03 ₂	0.36 ₄	0.016 ₀	0.020 ₀	16
	D	0.10 ₃	0.11 ₃	0.39 ₉	0.029 ₀	0.020 ₂	
微細な異常	C	0.10 ₁	0.03 ₅	0.34 ₆	0.030 ₄	0.030 ₅	11
	D	0.08 ₁	0.05 ₃	0.22 ₅	0.034 ₇	0.031 ₃	
粗大な異常	C	0.11 ₉	0.02 ₇	0.37 ₈	0.037 ₆	0.027 ₄	10
	D	0.07 ₅	0.02 ₃	0.07 ₁	0.034 ₃	0.042 ₇	

C：心線 D：熔着金屬

なければならない。

3.5 滲炭組織と各成分の移行状態

各熔接棒について心線および熔着金属の化学分析を行い(詳細省略), これより両者の成分の平均値を求め比較すると, 三つの組織により Mn および Si の移行状態にかなりの相異があることが明かである。(第3表)

3.6 滲炭組織と非金属介在物の関係

諸研究において滲炭組織に正, 異常は鋼中の酸素に関係することはしばしばのべられているが, 熔着金属の正, 異常と酸素との関係については二三の研究があるにすぎない。Hoyt³⁾ は正常組織(有機物系)と粗大な異常組織(裸棒)について, Sloman⁶⁾ は微細な異常組織(酸化鉄系, ルチル系, イルミナイト系)のみについて調べているが, 両者の報告より全酸素量を比較すると正常, 微細な異常, 粗大な異常の順に増大している。本実験における分析結果を第4表に示した。(詳細略)

第4表 滲炭組織と非金属介在物

滲炭組織	非 金 属 介 在 物 (%)					酸素量 (%)	試料数
	Fe O	Mn O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	全 量		
正 常	0.033	0.030	0.063	0.003	0.154	0.059	4
	0.051	0.066	0.071	0.041	0.209	0.076	
微細な異常	0.048	0.014	0.002	0.014	0.111	0.036	5
	0.170	0.073	0.218	0.058	0.465	0.175	
粗大な異常	0.117	0.003	0.009	0.006	0.160	0.047	2
	0.128	0.032	0.052	0.031	0.218	0.067	

本分析値の大部分は線状破面の研究³⁾においてすでに発表されたものである。表において一部の微細な異常組織あるいは粗大な異常組織の酸素量はかならずしも正常組織に比し高く出ているのは, 電解法によつては CO ガスとして気泡中に存在する酸素は分析値にあらわれないので, 全酸素量を示していない結果と考えられる。なお気泡を生じないものについては全酸素量は全酸化物量より計算したものと大体一致するものと考えられる。なお微細な異常の例は No. 7 を除いていづれも線状破面を生じているものであつて No. 1, No. 2 のごとき脱酸のかなり行われたものについては分析を行わなかつた。

この場合については Sloman⁶⁾ の値を参考とした。Si および Mn の真の分析値と滲炭組織との関係については次項においてのべることにする。

4. 実験結果に対する検討

4.1 熔着金属の Mn および Si 量と滲炭組織

Körber および Oelsen¹³⁾ による凝固直前における熔融鉄の Mn および Si 濃度と脱酸生成物の平衡状態図を利用し, これに本実験における熔着金属中の Mn および Si の値をプロットし, 個々について滲炭組織, 熔接棒記号ならびに被覆剤型式を附すときは第3図のごとくなり, 滲炭組織と Mn および Si 量の間にはほぼ一定の関係が存在

第3図 熔着金属の Mn および Si 量と滲炭組織の関係

註: H は Hoyt³⁾, S は Sloman⁶⁾, 記号なきは中根, 安藤⁷⁾による。

() 内は被覆剤の型式, M: 析衷系, G: 有機物系, S: 鈦滓系, B: 硼砂系

することが認められ、各界域の境界を求めると大略図の点線 ab および cd に示すごとなる。

界域 I, II および III はそれぞれ主として正常、微細な異常および粗大な異常を呈する界域を示す。図において

Mn および Si の関係は正常および微細な異常の一部を除き固体 SiO_2 を生ずる界域に入ることが分る。しかしながら電弧溶接の場合においては、さらに高温度 (1900°C 近傍)¹⁴⁾において平衡が行われるものと考えられ、著者が求

めた熔融金属とスラグの平衡温度約 1850°C¹⁵⁾より SiO_2 の飽和曲線を計算により求め図示してみると、1850°C においては図の ij のごとく移動するので、この場合には大部分のものは不飽和珪酸塩溶液を生ずる界域に入ることになるが、微細な異常組織の場合には No. 1', No. 2', などのごとくお固体 SiO_2 を生ずる界域に入ると考えられるものがある。ただしこれは計算上であつて、実際には 1850°C 近傍においては SiO_2 は熔融状態にあるものと考へられる界域 I にあつて境界線に近いものには正常の部に部分的に微細な異常を含んでおり、破線 ef はこの大体の境界を示し、これより上方では例外はあるが大体正常組織のみを示し、また Mn に対し Si の増加につれ Austenite 結晶粒は小となる傾向を示す。また界域 II に属するもので界域 II と III の境界線近くにあるものは、局部的に粗大な異常組織を呈するものがあり、あるいはまた

第 4 図 溶着金属の Mn および Si 量と抗張力の関係

註: () 内は抗張力 (kg/mm²)

第 5 図 溶着金属の Mn および Si 量と伸び率の関係

註: () 内は伸び率 (%)

第 6 図 溶着金属の Mn および Si 量と衝撃値の関係

註: () 内は衝撃値 (kg-m/cm²)

稀に三者を混在する場合がある。界域 III に属するものはほとんど粗大な異常組織のみで他は混在しないようである。これら二つの境界線 ab および cd について考えて見ると両者共ほぼ同様の曲線を書いており、Mn および Si 量と滲炭組織の間に密接な関係があることが認められる。これら曲線の持つ意義については更に検討を要するが、等酸素濃度線と関係があるのではないかと考える。要するに界域 I は Mn および Si による共同脱酸が大体充分であるか、あるいは脱酸過度の場合であるが、界域 II はほとんど Mn のみによる脱酸かあるいは Mn に比し Si による脱酸が多い場合であり、いづれにしても共同脱酸が充分でない場合である。界域 III は大体において Mn 著しく低く、Si も一般に少く脱酸最も不充分的界域である。

次に熔着金属の Mn および Si 量と機械的性質との関連性について考えることにする。第 4 図～第 6 図に Mn および Si 量と機械的性質との関係を示した。第 3 図ならびにこれらの図を検討すると Mn および Si 量と機械的性質との関係がかなり明らかに認められる。界域 I においては界域 I と II の境界線 ab と破線 ef でもつて示した線で囲まれた部分的に微細な異常を示す傾向のある範囲が、抗張力 50kg/mm² 以内で伸び率、衝撃値とも良好な結果を示して破面に比較的欠陥が少い。更にこれらの線で囲まれ、かつ Körber および Oelsen¹³⁾ による不飽和珪酸塩溶液を生ずる界域にあるものに著名な熔接棒の組成があることは注目すべきことであらう。この傾向は折衷系であるイルミナイト系の場合に特に認められる。前記 ab, ef 兩曲線で囲まれた範囲を外れて Mn に比し Si の多いものは機械的性質良好でも隅肉熔接などの場合往々線状破面を生ずるものがあることはすでにのべたところである。なお熔着金属あるいは母材の S 量が多いとこの傾向は更に助長される。

この場合には前述のごとく一般に Austenite 結晶粒は小の場合が多く、すなわち一部微細な異常を呈する程度で過脱酸とならない状態が熔着金属としては安定していると考えられる。また Mn の多いものは抗張力が高くなることは論をまたない。界域 II で境界線 ab に近いものはかなりの脱酸が行はれ、比較的衝撃値は

良いが伸び率は一般に正常の場合に比し少い。この事実はかなりの程度の脱酸不十分によつて生ずる気泡は伸び率には影響するが、衝撃値にはさほど影響をおよぼさない場合のあることを示している。

また界域 I の No. 2', あるいは界域 II の No. 2 は著名な同一銘柄棒であるが主滲炭組織を異にしている。これは境界線 ab 近くにあるごとき脱酸が著しくない熔接棒においては、全一銘柄棒（製作時期は異なる）でも脱酸状態の僅かの変化により滲炭組織に差異を生ずるものと考えられる。いづれにしても全面微細な異常組織のものは正常組織の場合に比し一般に伸び率において差があることは注目すべきであらう。Mn 少く Si 多いものには線状破面を呈するものが多く、これは問題外に劣悪である。界域 III に属するものは機械的性質悪く特に衝撃値が低い。これは脱酸不十分により FeO の残留の多いことが被覆剤配合および薄被覆の影響による窒化物の多いことと相まつてこの傾向を助長せしめるものと考ええる。以上のべたことは Mn および Si 以外の成分については考慮していないのにもかゝらず、なおかつ Mn および Si 量と滲炭組織あるいは機械的強度ないし破面状態の間に密接な関係があることがかなり明かに認められる。なお通常の分析における Mn および Si 量ならびに他の化学組成がほぼ全一であつても、被覆剤あるいはスラグ組成の相異により含有酸化物あるいは水素量等が異つて来、従つて機械的性質あるいは破面状態が若干異つてくることは想像に難くない。

4.2 滲炭組織の成因に対する二三の考察

鋼の異常組織の生成機構については既に幾多の研究がなされているが、いまだ統一ある結論に到達していないようである¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾。本報告においては生成機構を明らかにすることは本旨でないので、熔着金属の滲炭組織の成因につ

第 7 図 熔着金属中の Mn および Si 量と通常的分析値と関係

註: H は Hoyt, S は Sioman による。

いて実験結果にもとづいて二三の考察を行うに止める。

1) 正常組織……熔着金屬の眞の Mn および Si 量と通常の分析値との関係を図示すると第7図のごとくなる。図において矢印は通常の分析値より眞の分析値への移行を示す。この場合眞の分析値は MnO_2 および SiO_2 として存在する Mn および Si を通常の分析値より差引いたものを示す。MnS として存在する Mn をも考慮した場合は更に眞の分析値は小となる。図より正常組織を示すものは固溶 Mn および Si は多く、従つて熔着鋼が「不純⁹⁾」になっていると見ることができ、これが正常組織生成の原因と考えられる。また界域 I において酸化物は第3表に示すごとく一般に FeO, MnO および SiO_2 が適当な割合を保ち比較的熔融点の低い珪酸塩を形成するものと考えられ、かゝる酸化介在物を生ずる状態において Austenite 結晶粒は比較的大となりまた Pearlite 核の生成も容易となるのではないかと考えられる。たゞし脱酸状態により結晶粒に差を生ずることは既にのべたところである。また Hensel および Larson²⁰⁾等は酸素が 0.064% 以下、Hoyt⁸⁾ は 0.070% 以下で正常になるとしているが、本実験の範囲では 0.059~0.076% で大体において両者の報告と一致している。

2) 粗大な異常組織……図より明かなごとく固溶 Mn および Si は少く、従つて固溶体的に純である故に異常組織になるものと考え。酸化介在物のほとんど大部分は第3表より明かなごとく FeO で、初析 Cementite には比較的大きな介在物の存在が認められ、これが Cementite の凝集を促進せしめ¹⁾、かつ結晶粒の大きさに影響をおよぼし比較的大きな結晶粒となる。結晶粒が比較的大なるため本実験における程度の冷却速度では Cementite+Ferrite とならず、Cementite+Ferrite+Pearlite となるものと考えられる。

3) 微細な異常組織……この場合も正常組織の場合に比し固溶 Mn および Si は少く異常組織となるものと考えら

る。こゝで微細な異常組織の成因の一として、結晶粒を小ならしめる原因について考える必要がある。今 1500°C における FeO-MnO- SiO_2 系平衡状態図²²⁾に各組織における熔着金屬中の FeO, MnO および SiO_2 の量的割合をプロットすると第8図のごとくなる。すなわち正常組織あるいは粗大な異常組織を生ずるものはいずれも不飽和珪酸塩溶液を生ずる界域にあるに対し、微細な異常組織を呈するものには SiO_2 に飽和しているものがあることは注目すべきであらう。これは Mn に比し Si 多い場合であるが、Mn に比し Si の低い場合は FeO-MnO の固溶体¹³⁾が考えられる。さらに Al_2O_3 の影響も考えることができる。かくのごとく SiO_2 ²³⁾ その他の微細な熔融点の高い非金属介在物の分散が Austenite 結晶粒を小とし、粗大な異常組織のごとく Cementite+Ferrite+Pearlite とならず、さらに異常度の著しい Cementite+Ferrite のみの微細な異常組織を呈するものと考え。

以上のべたごとく熔着金屬の滲炭組織と Mn および Si 量ならびに非金属介在物との間には密接な関係があることが明かである。なお界域 I あるいは II において兩組織あるいは三組織を混在する場合があるが、これは熔着金屬の脱酸状態が部分的に異り、従つて酸化介在物の存在が均一でない部を生じた結果と考える。また滲炭組織におよぼす窒化物の影響について考えるに、微細および粗大な異常組織は窒化物の多少に関係なくあらわれており、滲炭組織におよぼす窒化物の影響はあまり認められないのではないかと考える。

5. 総 括

以上のべたところを総括すると次のごとくである。

1) 熔着金屬の滲炭組織は正常、微細な異常および粗大な異常を主とする三つの組織に大別される。

2) 熔着金屬の滲炭組織と諸性質の間には密接な関係がある。

3) これらの事実は、熔着金屬の脱酸程度換言すれば Mn および Si 量ならびに非金属介在物の量、状態および分散状態と重大な関係がある。

4) Mn および Si 量と滲炭組織との関係を求め境界線を図示した。また Mn および Si 量と機械的性質との関係を考察した。

5) 滲炭組織の成因に対し、脱酸の見地より考察を行った。

6) 以上の結果にもとづき滲炭組織を観察することにより、熔着金屬の諸性質を簡易に判定することが相当程度可能である。破面検査を併用すればさらに有効であらう。

本報告は主として JES 9001号による実験結果と学振法による滲炭組織との関係を述べたものである。熔接条件あるいは滲炭実験における冷却速度等が変つた場合には

第8図 FeO-MnO- SiO_2 系平衡状態図と滲炭組織の関係

同一熔接棒による熔着金屬においても本実験結果と若干異なる結果を生ずることが予想される。本報告は資料も充分でなくまた内容において今後検討すべき点の多々あることを認めざるを得ない。識者の御批判御叱正を祈つてやまない。

本研究遂行に当り脱炭理論導入を御教示下された恩師関口博士、ならびに非金屬介在物分析の勞をとられた科学研究所和田、石井兩博士の御好意をうくること多大であった。また当所森三郎君は終始熱心に著者に協力された。さらに中根室長の御指導御鞭撻と関係各位の御援助によること少くない。こゝに衷心より謝意を表する次第である。

文 献

- 1) W. Zieler, Stahl und Eisen, 52(1932), Nr. 10, 236~239.
- 2) 柴田, 中根, 昭和 7 年 鐵鋼協会春季講演会発表
- 3) L. Hoyt, Transactions of American Society for Metals, 23(1935), 61~92.
- 4) J. C. Hodge, The Iron and Steel Institute, II (1935), 391~417.
- 5) H. Granberry, Welding Journal, 21(1940), No. 3, 98s~99s.
- 6) Sloman, Roney and Schofield, Welding Journal, 25(1946), No. 1, 39s~52s.
- 7) 中根, 安藤, 本誌, 17(1948), No. 7, 6~19.
- 8) 中根, 安藤, 本誌, 19(1950), No. 4, 5, 10~14.
- 9) 俵, 鐵と鋼, 27(1941), No. 3, 1~0.
- 10) 本誌, 17(1948), No. 1, 27~29.
- 11) 和田, 石井, 理科学研究所イ報, 第24輯, 第6号, 化27~34.
- 12) 安藤 森, 鐵道技術第5部技術情報, 1948, No. 7.
- 13) H. Schenck, Physikalische Chemie der Eisenhütten Prozesse, Zweiter Band, Die Stahl Erzeugung, (1934), 197s~234s.
- 14) E. Babcock, Welding Journal, 20(1941), No. 4, 189s~197s.
- 15) 安藤, 森, 昭和27年4月, 熔接学会春季講演会発表予定
- 16) A. Dube, Journal of Metals, 188(1950), No. 10, 1211.
- 17) 岩瀬, 本間, 持田, 日本金属学会誌, 8(1944), No. 11, 12, 587~594.
- 18) 近藤, 日本金属学会誌, 8(1944), No. 4, 175~184.
- 19) 本間, 日本金属学会誌, 8(1944), No. 3, 106~121.
- 20) Hensel and Larson, Metals and Alloys, 52(1932), 236.
- 21) E. G. Mahin and E. F. Leeve, Transactions of American Society for Metals, 23, Jan. 1935~Dec. 1935.
- 22) F. Körber u. W. Oelsen, Mitteilungen aus dem Kaiserwilhelm-Institute für Eisenforschung, BdXV (1933), 271.
- 23) Derge, Kommel, Mehl, Transactions of the American Society for Metals, 26(1938), 153~165.

資 料

最近のアメリカにおけるオイルタンカーの趨勢 (I)*

岩 井 次 郎**

従来鉄構造のタンカーで應力の集中するところの鉄がゆるんでそのために洩れが起るという事故は、オイル・タンカーに終始多かつたのであるが、こういう問題は熔接構造になると無くなつてはきたが、その代りに若し設計が拙いさういつた鉄のゆるむ場所で、今度は板そのものに割れが起つてくる。

結局應力が集中する場合、前者では鉄の弛緩で緩和されたが、今度は板そのものが割れる心配が生じてくる。これをうまく食い止めさえすれば洩れという問題は熔接構造ではなくなるわけである。

そのためには力を剛な構造で一点で受けるような設計は拙劣で、こういった個所では、應力の集中のため割れを生ずることが多い。かゝる個所を hard spot (剛点) といっている。

これに反して力を廣い面積でじわつと受けて他に伝えるというやり方が良好で、割れを避けることが可能である。

こういう個所を soft toe (柔軟支持点) といっている。

T₂ タンカーでは hard spot の点で大分失敗があつたようである。たとえば Fig. 2 (1) の A 点は hard spot で、波形隔壁のウェブ・フレームの tripping bracket を隔壁に固着するので、激浪中の航海では A 点に疲労亀裂を生じた。これを右図 (2) のように bracket を隔壁から離して

* 昭和26年3月19日欧米熔接界の現況報告講演会において発表

** 西日本重工業株式会社社長崎造船所技師