

は未だ全く行て居ないのであつて只此所に現在迄得られた實驗結果のみを報告して同學者の参考に資せんと考へた次第である。

結論 普通炭素鋼及特殊鋼の酸素定量を粉末試料を用ひて行ふ場合には其方法に周到なる注意を必要とする。其正確なる方法を決定する迄には研究を要する點が多々残されて居ると信ずる。

IV. 總括

1) 水素還元法に用ゆる $Ni-ThO_2$ 接觸劑容器を堅型に改良して第2秤量管の空試験値を従来よりも更に低下せしめる事が出来た。

2) Armco 鐵なれば粉末試料を用ひて正確に且塊狀試料を用ゆるよりも簡単に酸素定量を行ふ事が出来る事を確めた。

3) 普通炭素鋼及特殊鋼の粉末試料を用ひると Armco 鐵粉末試料に就きては正確に定量出来る方法によるも正確なる結果を出す事が出来なかつた。従て此種の鋼の定量を粉末試料を用ひて行ふ場合には豫め周到なる用意を必要とする點に就て注意を喚起した。

4) 粉末試料の表面酸素の量は極めて大で之を完全に除去する事が正確なる定量に對し緊要である。酸素含有量小なる鐵鋼の分析の場合に特にさうである。

海綿鐵製軟鋼の諸性質

日下和治*

PROPERTIES OF MILD STEEL MADE OF SPONGE IRON.

Kazuji Kusaka.

SYNOPSIS:—Using so-called “low temperature reduced iron” which was industrially manufactured by a special rotary kiln from rich iron ores produced in Manchuria and China, mild steel was obtained by the electric steel-making process. The author investigated that the mild steel so produced has a considerably high toughness and a superior weldability (for both the ordinary and fo gged welding), in comparison with ordinary mild steel, as the results of the experiments made on the mechanical properties and weldability. Thus he explains the new special features of the steel made on the basis of sponge iron and gives a consideration on the superiority of such steel.

目次

- I. 緒言 II. 原料 III. 供試片 IV. 機械性 V. 熔接性
VI. 鍛接性 VII. 優良性の考察 VIII. 總括

I. 緒言

囊に Rohland¹⁾ 及 Tholand²⁾ は瑞典 Hägånäs 社で同社獨特な坩堝製海綿鐵を配合した鋼材が、普通鋼材よりも優良であつて、撿廻率が 3~20% 良好、屈曲率が 20~35% 良好、赤熱脆性少き事等を報告して多大の注意をひいたが、最近の米國雜誌³⁾ は、A.S.T.M 會合紀念版に於て、海綿鐵製電氣爐鋼の高級な事並其瑞典よりの輸入増加現狀を掲げてゐる。

年々優良鋼材及多量の屑鐵を、外國の供給に仰いでゐる

我國に於て、此の海綿鐵を自給するといふことは極めて重要な事であるが、未だ遺憾乍ら之を安價に且多量に製造する事に成功した例を聞かない。

本報告は滿支産富鐵鑛を原料とし、新しく考案した方法で、連続的に安價に製造した海綿鐵より製鋼した鋼材中、既に發表したものを⁴⁾を省き、軟鋼に就て機械性 熔接性 鍛接性に亘り新しい特性を述べ更に此の低温還元鐵の優良鋼を得る所以に對して一考察を試みた。

但し本報告は、首題の如く鋼材の性質に重點を置いた結果、海綿鐵製造法及製鋼の詳細は之を割愛した、之等に関しては稿を新にして他日に譲ることゝしたい。

II. 原料

鐵鑛石は、南支潘田 鞍山櫻桃園及弓張峯 東邊道大栗子 溝産富鐵鑛を使用し實驗した。

* 南滿鐵道臨時製鐵試驗工場事務所

¹⁾ St. u. Eisen 1929, S. 1477

²⁾ Blast F. & Steel Plant, Sep. 1927

³⁾ Metals & Alloy 1937 # L, P. 183

⁴⁾ 滿鐵工場業務資料 昭和 12 年 6 月, 6 頁

第 1 表 鑛石分析表 (數箇平均)

産地	SiO ₂	Fe	Mn	P	S
潘田(赤鐵鑛)	2.74	65.63	0.74	0.016	0.013
櫻桃園(")	4.53	66.03	0.111	0.023	0.06
弓張峯(磁鐵鑛)	1.16	70.86	0.027	0.004	0.018
大栗子溝(赤鐵鑛)	3.40	67.40	0.35	0.015	0.046

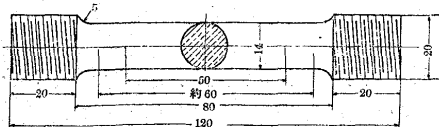
之等は何れも海綿鐵製造に適當し且製品亦何れも良好な結果を得た、例へば南支潘田産原料を以てせる鋼材の如き、C 0.06, Si 0.02, Mn 0.00, P 0.011, S 0.004 程度の品位%を示し、機械性等も良好であつた、但し以下本報告は、記述を簡易ならしむる爲特に鞍山櫻桃園産原料に限定した。

鑛石は適當の大きに碎き、獨特な Rotary Kiln で連續的に、海綿鐵約 100t を製造した、Kiln は 2 種類あつて、其 1 は還元劑として撫順炭を使用し他の 1 は還元性ガスを使用出来る様に設計した。還元溫度は、950°C 内外で、Krupp⁵⁾ 直接法の如き 1,350°C の高溫に比し大差があり、所謂海綿狀をなすこと檢鏡寫眞 1 の通りである、從て石炭を使用した場合も、製品海綿鐵中 P % 0.020~0.040, S % 0.09~0.15 程度であつて、ガス還元の場合、P % 0.020~0.035, S % 0.004~0.008 程度であり、兩者の間に若干の開きがあるが、之を製鋼する事に依り、S、P 共容易に 0.02% 以下に低減せしめ得る。製鋼する場合、若干 R 34 軟鋼を配合したものもあるが、之等は品位 % C 0.10~0.13, P 0.035~0.055, S 0.035~0.06, Cu 0.10 級のものを使用した。

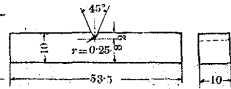
III. 供 試 片

前述の如き海綿鐵は、之に 0~100% の軟鋼屑鐵を配合製鋼し、ガス還元海綿鐵は、誘導電氣爐で約 9kg の、石炭還元海綿鐵は、鹽基性弧光爐で約 20kg の鋼塊を作た、之を氣槌により、鍛鍊比前者は 9、後者は 20 とし鍛鍊した上、試験片を切り取り、靜的牽引及衝擊 屈曲試験に供した、之等試験片の寸法形狀は第 1 圖第 2 圖の通りである。

第 1 圖 抗張試験片



第 2 圖 衝擊屈曲試験片 (寸法 mm)



熔接及鍛接試験片は、特別のものであるから後述する。

IV. 機 械 性

前項に明かな如く、海綿鐵の種類により、製鋼も亦 2 種に分けたので、機械性も此の兩者について各別に試験した。

先づ、誘導電氣爐製鋼のものに、海綿鐵 0~100% を使用したもの成分は第 2 表の通りである。

第 2 表 誘導爐製軟鋼成分表

質記號	配 合 %					分 析 %					
	海綿鐵	R 34 屑鐵	Fe-S	FeMr.	Al	C	Si	Mn	P	S	Cu
# 8	—	100	0.2	0.5	—	0.06	0.01	0.47	0.033	0.037	0.10
# 9	10	90	"	"	—	0.08	0.02	0.51	0.035	0.033	
# 10	15	85	"	"	—	0.09	0.01	0.54	0.037	0.036	
# 11	23	77	"	"	—	0.11	0.03	0.40	0.020	0.027	
# 12	30	70	"	"	—	0.09	0.01	0.50	0.018	0.027	
# 13	40	60	"	"	—	0.11	0.02	0.61	0.037	0.029	
# 17	100	—	"	"	0.1	0.06	0.02	0.00	0.016	0.004	0.02
Armco 市販品参考						0.04	0.01	0.01	0.011	0.028	0.06

之等の鋼材を鍛鍊し、一定に削成した後、靜的牽引試験片は、900°C より爐中緩冷、衝擊屈曲試験片は、900°C より爐冷及水冷せるもの各 2 箇宛を採り試験に供した、次の第 3 表は、之等試験片 2 個より得た結果の平均値である。

第 3 表 誘導爐製軟鋼の機械性

試験記號	靜的牽引試験 (爐冷)			衝擊屈曲試験 (kg·m/cm ²)	
	抗張力 kg/mm ²	伸 % (50mm)	絞 %	爐冷	水冷
# 8	37.03	39	68.2	11.1	19.7
# 9	36.45	45	75.0	11.3	21.4
# 10	36.38	45	71.3	11.1	23.1
# 11	34.12	46	74.7	12.0	25.0
# 12	35.80	44	74.3	11.0	27.6
# 13	38.66	41	69.7	13.7	27.7
# 17	31.80	45	71.0	28.0	29.3
Armco	31.20	41	75.0	1.7	2.6

之に依て見れば、海綿鐵の使用量に比例して、伸及絞も幾分宜しきものゝ如く、特に衝擊値は、極めて顯著に増加し、靱性の大なる、米國製純鐵 Armco 鐵の比でない事が容易に分明する。

次に、鹽基性弧光爐製鋼のものゝ成分は、

5) St. u. Eisen 1934 Sep. S. 970

第4表 弧光爐製軟鋼成分表

試験記号	配 合 %				分 析 %				
	海綿鐵	R34層鐵	Fe-Si	Fe-Mn	C	Si	Mn	P	S
# 1	—	100	0.2	0.5	0.16	0.16	0.13	0.033	0.024
# 2	30	70	"	"	0.12	0.28	0.24	0.023	0.027
# 3	70	30	"	"	0.13	0.23	0.42	0.003	0.016
# 4	100	—	"	"	0.14	0.18	0.42	0.019	0.019

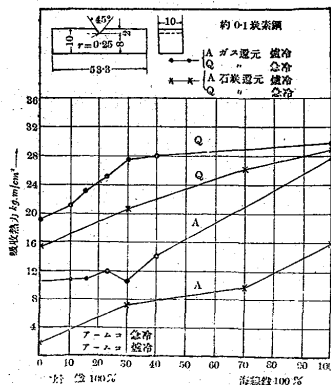
上表の通りであり之を、誘導爐製軟鋼と全く同様の試験片とし、同様の試験を行った結果は、下表を見る如く、同様海綿鐵使用量が大きなるに伴ひ良好な結果を示してゐる。

第5表 弧光爐製軟鋼の機械性

試験記号	静的牽引試験 (爐冷)			衝撃屈曲試験 (kg·m/cm ²)	
	抗張力	伸 %	絞 %	爐冷	水冷
# 1	42.8	33	67.9	1.8	15.9
# 2	35.4	41	71.2	7.4	20.2
# 3	38.0	39	67.3	9.1	25.1
# 4	38.0	41	72.6	16.0	27.8

之を要するに、之等兩種の試験片の間には、成分上炭素其他多少の差はあるが、ガス或は石炭還元何れに依るにせよ、海綿鐵の配合率を増大するに連れ、若干の伸率・絞率が良好になり、衝撃屈曲試験結果に至ては特に顯著なものがあり、屈曲片は寫真2の如く特長あるV字形を示し、上記熱処理範圍の如何に拘らず良好となる、此の間の關係は、第3圖の如く圖示すれば、更に一目瞭然たるものがある、屈曲試験結果は、試験片の形狀に依り其數値は多

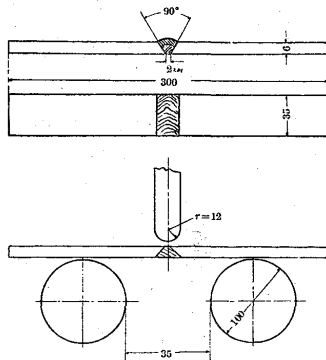
第3圖 海綿鐵及層鐵配合による衝撃屈曲試験比較



少變動するだらうが、此の現象には、絶対に變化はないと信ずる。

尙、今回の試験結果は、單に軟鋼についての報告であるが、一般炭素鋼乃至 Ni-Cr 鋼の如き、特殊鋼にも同様な

第5圖 熔接屈曲試験法 (寸法 mm)



現象があるのであつて、之等の詳細に就ては、逐次發表する心算である。

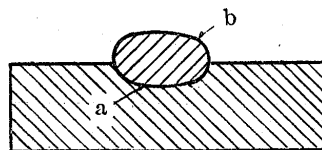
V. 熔 接 性

石炭還元海綿鐵のみ 100% 使用して弧光爐製鋼し之を線材とし、更に線引の上、徑 4mm とせるもの2種と、市販平爐鋼製熔接棒との電氣熔接比較試験を行つて見た。普通の熔接試験は、屈曲 抗張 喰込 弧光安定性等に就て行はれるが、抗張試験片は、通常接合部外で切斷する結果を得たし、弧光安定性は、線材よりも寧ろ被覆 Flux の厚薄良否に左右されることが多いので此處では之を省略し喰込及屈曲試験結果を報告する。

試験には直流熔接機を使用し、電極は皆徑 4mm 棒で一極とし、電流は 180 amp Flux は凡て同一條件で重量 30% を塗布、母板は R 39 厚 6mm の鋼板とした。

喰込試験は第4圖に示す如く母板上に沈積した球體の

第4圖 喰込状態



断面積に就て $a/(a+b) \times 100 = \%$ (喰込) なる式で表はし、通常軟鋼の場合、35% 以上であれば足りるとされてゐるのに對し、

此の試験結果は、第6表の如く、40% 以上に及んだ。

次に、衝合 V 字型熔接片の屈曲試験は、第5圖に示す方法に依た。即母板の間隙部を2層に互り熔接し、平面を平滑にした後、逆に置いて當金で支へ、水壓機で除々に屈曲し、接合部に裂罅が出るに至て止めた。

試験結果は平爐鋼品の屈曲度 70° (50° 以上を普通合格品とする) に對し、第6表の如く、125°, 128° の數字を得た。

第6表 熔接性試験結果

試験記号	分 析 %					屈曲度	喰込
	C	Si	Mn	P	S		
#1.058 (石炭還元海綿鐵)	0.04	0.01	0.00	0.008	0.016	128	43
#1.059 (")	0.16	0.07	0.36	0.012	0.019	125	40
#市販(層鐵-平爐)	0.04	0.02	0.34	0.032	0.050	70	42

尙此處に一言したいのは、現在一般に熔接棒は極端な低炭素鋼を必要とする如く考へられてゐるが必ずしも然らざることである、此試験でも、此の點は察知し得る處であり、更に自分は C 0.04~0.15% 程度でも何等差支へないことを立證する幾多の實驗例を有するが、之は本報告とは直

檢 鏡 組 織 寫 眞 (×100 を縮寫す)

檢鏡寫眞 1

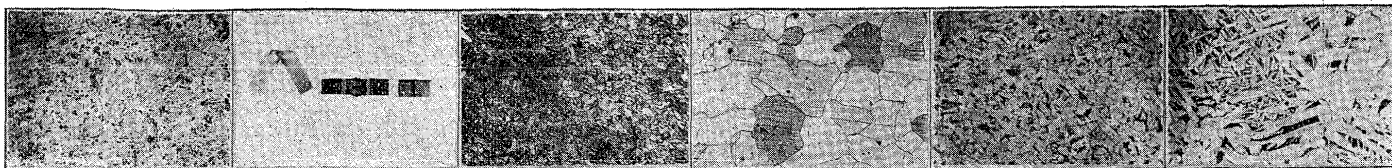
普通寫眞 2

檢鏡寫眞 3

檢鏡寫眞 4

檢鏡寫眞 5

檢鏡寫眞 6



接関係のないことであるから詳細は省略する。序乍ら、寫眞 4 は #1.058 低炭素鋼の檢鏡寫眞であるが、之は、寧ろ純鐵と謂ふべく、Armco 鐵公認⁶⁾ C 0.016, Si 0.017, Mn 0.07, P 0.014, S 0.017 に比較するも何等遜色がない、寫眞 3 は同じく #1.058 を以て作た熔接棒の沈積 Metal の檢鏡寫眞で、参考の爲に掲げた。

VI. 鍛 接 性

従來、鍊鐵が鍛接性良好な事は周知の所であつて現在、我國に於ても、錨鎖材等として、ローモア鍊鐵等が輸入されてゐる。但し之等の成分⁷⁾ は次表に見る如く必ずしも上等でない。

第 7 表 鍊 鐵 成 分 表

C	Si	Mn	P	S
0.016	0.122	0.28	0.106	0.104
0.022	0.110	—	0.030	0.012

海綿鐵基弧光爐製軟鋼が果して同様な性質有りや否やの點に關し、R 34 軟鋼と比較試験を行つてみた。之等供試品の成分は次表の通り各大差がない。

第 8 表 供 試 品 成 分 表

分 析	C	Si	Mn	P	S
記 號					
#1.059 (石炭還元海綿鐵)	0.16	0.07	0.36	0.012	0.019
R 34 (屑鐵—平爐)	0.13	0.01	0.45	0.042	0.018

各試験片は、徑 27 mm 棒を使用し、所謂投げ接ぎ法に依り、斜に鍛接した後、標點距離 100 mm で靜的牽引試験を行つた。次表は數回の同様な試験の代表例であり、寫眞 5 及 6 は其接合部の檢鏡寫眞である。

第 9 表 鍛 接 性 試 験 結 果

試 験	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %	破壊點	狀 態
記 號					
#1.059	43	30.5	75	非接合部	寫眞 5
R 34	41	14.5	16	接合部	寫眞 6

即海綿鐵基軟鋼は、平爐製のものに比し、接合容易であり、接合部も健全である事を認め得る。鍊鐵との比較は行はなかつたが少くとも平爐鋼に比し鍛接の良好性を確め得たことは之又一つの新しい特長の發見であると思はれる。

尙本試験に關連し、海綿鐵基低炭素鋼 C 0.1% 以下のものを心鐵とし、C 0.5% 程度の鋼を双金として鍛へた日本刀は、沸し作業も接合も極めて容易で普通鋼材と大きな差違があつたことを附記したい。

VII. 優良性の考察

海綿鐵基軟鋼には、其製法の如何に拘らず、種々の優良性があることは、既に明らかにした所であるが、其の由て來る所那邊に有りやといふことは、又極めて興味ある問題である。

之には、一應 Virgin Metal を使用した即鋼等の含有率の差であるといふ事も考へられるが、前掲 Armco 鐵、R 34 軟鋼屑、海綿鐵基鋼の Cu % を見れば直ちに明らかとなる事である、但し、海綿鐵が、低温還元法に依り作られたものであり、此事實が、其一原因たることは、間違ひのない所であると考へられる。

然らば、低温還元の鐵が、何故良好であるかといふことになるが又説明が難しくなる。

海綿鐵中の窒素の如きは、分析すると 0.0012% 程度であるが、之を電氣爐で熔すと、0.008 0.012% 程度に増加し、平爐鋼 0.004% 程度に比較すれば寧ろ逆な現象を呈する、次に酸素は由來鐵中存在の形が區々として不明なると分析法が困難ではあるが勿論少い方良好なる筈なるに拘らず本實驗結果では Killed type のもの必ずしも良好ならず、Rimmed type 即鋼塊に Blowhole 等相當あるものも鍛冶に依り容易に接着し、衝擊屈曲試験等には極めて良結果を示す等、之又矛盾した事實を提供する。唯前掲の如く Armco 鐵と #1.058 號純鐵とは分析上大差なきに比抵抗 (10⁻⁶) 測定の結果は前者が 10⁻⁶ なるに對

⁶⁾ Nat. Phy. Lab. (H. J. Gough, Fatigue of the Metal)

し後者は 10・1 數字を示せる事等は本問題は寧ろ物理的に解決されると思はれる。以上は自分の實驗結果に基き、一判定を試みたものに過ぎず。問題は依然として未解決の儘残されてゐる。

VIII. 總 括

敢て重複を厭はず次に本報告を總括する。

1. 目的 滿支産富鐵鑛を原料とし、工業的に製造した海綿鐵基軟鋼の性質を敘述せんとした。
2. 供試材 ガス還元海綿鐵は、誘導電氣爐で、石炭還元海綿鐵は、鹽基性弧光爐で夫々軟鋼を作り、鍛冶して鋼材とした。
3. 試験の種類 靜的牽引・シャーパー式屈曲、熔接棒試作による熔接並に熔接屈曲、更に鍛接試験を行ひ、必要に應じ、市販比較材料の試験をも併せ行た。
4. 靜的牽引試験 海綿鐵に屑鐵を配し、其配合率を變へて研究した結果、材料の伸率 絞率に於て海綿鐵基

のものが、1~7% 良好である。

5. 衝擊屈曲試験 海綿鐵配合率の増大に比例して、吸收勢力増加し、靱性の大なることを示した。衝擊値は、鋼材爐中冷却のもので 3~7 倍、900°C より水冷せるもので 1.7 倍の増加が、單に屑鐵製のもの、海綿鐵製のものとの間にも認められた。
6. 熔接試験 海綿鐵基軟鋼で熔接棒を作り、喰込試験及接合部の屈曲試験を行ひ、其優良性を確めた、特に屈曲度は、平爐製のものに比し、約 1.8 倍の好成績を示した。
7. 鍛接試験 海綿鐵基軟鋼と平爐製軟鋼の比較鍛接試験の結果は、前者の優良性は正に鍊鐵に匹敵するものではないかと推定せられる程度の結果を得た。
8. 優良性の考察 海綿鐵基鋼の靱性大なる原因に就て一考察を試みたが、窒素 酸素の分析結果のみよりは判定困難の如く、現状は低溫度還元法に依たといふ事を擧げる以外には明言し難い。 (完)