

昭和十五年七月二十五日發行

論 說

海綿鐵及ルッペを原料とせる鋼材に就て

谷 山 巖*

ON THE STEEL MADE FROM SPONGE IRON AND LOOP.

Iwao Taniyama.

SYNOPSIS:— The steel made from sponge iron and loop (Luppe) is generally thought superior to that from steel scraps, because of the former's virgin or fresh quality. However, even such steel with virginity, may lose the fresh quality when re-melted.

Steel manufacturers are used to add some necessary alloying elements to the base iron, which has not contained any additional elements, in order to obtain the expected result, while they cannot refine such materials as steel scraps as they are which contain the ordinary steel components alone and consequently reveal no chemical reaction.

It is suggested that the superiority of sponge iron is, in reality, due to the absence of any other steel mixtures, and not due to the virginity. It is necessary to follow a "dynamic" method in refining the sponge iron with a considerable amount of carbon. The good result would not be obtained by following the ordinary method of refining, even in case where only a little quantity of carbon is present. When steel scraps are used as the original material, the existing components other than iron should be removed first by means of oreing and then necessary elements may be added.

目 次

- I. 緒 論
- II. 鐵の個性
 - 1. 概説 2. 高周波電氣爐に於ける研究
- III. 海綿鐵を原料とせる炭素鋼材
 - 1. 概説 2. 熔解作業及成績 3. 結論
- IV. ルッペを原料とせる曲軸材
 - 1. 概説 2. 熔解作業 3. 鍛造作業及び試験成績 4. 結論
- V. 巷説に對する批判
- VI. 總 括

I. 緒 論

著者は拙著鋼鑄物中¹⁾にて『製鋼の要旨は處女性の材料に適當なる成分を添加すべきものである』と述べしが、又一般にはこれを誇張して處女鐵即ち海綿鐵とカルッペ等の如きものを用ひて製鋼すれば、處女性ある鋼が得らるゝ故にその製品は優秀であるが、從來の鋼屑を原料として造れる製鋼法にては絶対に優秀なるものは得られないと極端に

卑下し、而して處女鐵を用ふる方法を新しき製鋼法とか、見直した考へ方と稱して或一部の人々が盛に宣傳して居る然し果して其の兩者にはそのやうに甚しき差異あるものなりやを實驗したのである。

先づ海綿鐵は低温還元なれば處女性を有して居る故に、この材料を用ひて我國のタ、ラ吹の如く終始一貫低温にて作業して鍊鋼を造れば處女性を保有し得らるゝかも知れないが、電氣爐等にて一度之を高温度にて熔解して熔鋼を造れば忽ち其の處女性は失はるゝのである。即ち高温度にて熔解すれば鑄鐵に於ける黒鉛核が熔け盡される如く或一定温度即ち熔鋼となり得る温度以上に曝せば處女性も失はれ行くのである。眞の處女性あるものは鑛石より直接製造せしものであって、再熔解せしものは決して處女性を保有し得ない。

次に高周波電氣爐にては化學反應行はれざる故に、材料そのものゝ特質が製品に明らかに反映するが、弧光式爐にてはその製鋼法によりて非常に異なるのである。即ち弧光式爐にては酸化熔鍊¹⁾即ち熔解後熱上りし時に鐵鑛石を加へて酸化沸騰せしむれば、處女性に近づくと同時に完全に精

* 丸富特殊鋼株式會社

¹⁾ 鋼鑄物 (鑄物作業全書) p. 74

¹⁾ 拙著 最新電氣製鋼法 p. 224 參照

鍊され得るも、酸化熔鍊せるものは高周波爐と同じく化學反應不充分にして精鍊不完全なる故に、成績不良である。即ち只炭素低き海綿鐵を熔かすのみにては靜的精鍊¹⁾のみ出來て動的靜的精鍊出來ざる故に、眞に優良なる鋼は得られない。たとへ機械的性質には差なくとも白點其他の缺陷に對しては決して防止出來ないのである。沉んや不良なる海綿鐵を用ひて熔解するのみにては勿論優秀なるものは得られない。即ち處女性ある海綿鐵を熔解せしものは幾分處女性を保有して居るかも知れないが、只熔解するのみにては完全に精鍊されない故に、優秀なる鋼とはならないのである。之に反し屑鐵にても完全に動的精鍊すれば優秀なる成績が得られるのである。

それ故に著者はこの關係を更に確める爲に海綿鐵及ルッペと屑鐵とを用ひて兩者の性質を比較研究せしに、熔解法によりては兩者に差あるも、適當なる方法を行ふ時は何等異なる所はないのである。即ち何れの場合でも優秀なる成績を得し場合は炭素高きものを酸化熔鍊して處女性に近づかしむると同時に、良く動的精鍊せし場合である。換言すればこれは決して海綿鐵又はルッペの有する處女性を保有せしめしめためではなく、その精鍊方法がよるしきに基くものである。

要するに酸化作用を全く行はぬ高周波電氣爐及び酸化熔鍊しない弧光式電氣爐にては屑鐵よりも海綿鐵を原料とせしものが優秀であるが、酸化熔鍊作用を行ふ製鋼法に於ては兩者の間には何等の差異なく、海綿鐵を只熔解して造れるものよりも、寧ろ鋼屑を酸化熔鍊して造れるものが優秀である。換言すれば鋼屑よりも海綿鐵にて製造せしものが優秀なりと強唱する所は、その工場の製鋼技術が幼稚なることを證明するものである。

II. 鐵の個性

1. 概説 物質にはすべてそれ自身が有する個性といふものがあり、その個性を保有するものが最もその性質を發揮すべき筈である。鐵にも鐵自身のもつ個性がある故に、最も優秀なる鋼とは鐵の個性を充分保有するものでなければならぬ。然らば鐵の個性とは如何なるものかといへば、鐵鑛石より直接製造せる純鐵、庖丁鐵又は玉鋼の如きものであつて、他の成分によりて其の固有の性質を冒されぬものである。種々の元素を含む材料例へば壓鍊屑とか鑄

鋼屑の如き完成鋼は鐵の處女性を失へるものであるから、之を製鋼材料とする時は酸化せしめて一度鐵以外の酸化すべき成分を出して先づ處女性となさしめし後初めて作業すべきものである。

それ故に製鋼の要旨は處女性の材料に適當なる成分を添加すべきものであるが、若し處女性にあらざる材料を用ふる時は、先づ其の中に含まれて居る鐵以外の成分は全部驅逐せしめし後、改めて之に必要な成分を含ましむべきものである。

一般に良き材料即ち壓鍊鋼材の如き完成鋼を用ふれば、只熔解するのみにて良き鋼が得らるゝと思はれて居るが、實際は斯の如き完成鋼を用ひしものよりも、處女鋼を用ひしものゝ方が結果良好である。次に鐵の處女性に關する二、三の實例を擧げて證明することゝする。

2. 高周波電氣爐に於ける研究 高周波電氣爐にて鑄鋼屑、壓鍊屑及處女鋼の3種の材料を別々にそのみ熔解せしに、第2表の如く鑄鋼屑の場合最も悪く、處女鋼が最も良好であつた。即ち鑄鋼屑を用ひて製造せし鋼には鋼滓多く應々鋼塊の内部に多數の氣泡を見出したのである。ここに處女鋼といふのは鹽基性電氣爐にて酸化熔鍊してC, Si, Mn, P及びS等を低くし、且餘り脱酸しなかつたものである。それらの成分は第1表の如きものである。

第1表 原料の成分

材 料	C	Si	Mn	P	S
鑄 鋼 屑	0.22	0.30	0.56	0.020	0.018
壓 鍊 屑	0.35	0.24	0.54	0.018	0.009
處 女 鋼	0.12	0.09	0.24	0.015	0.011

第2表 高周波電氣爐製炭素鋼

使用材料	C %	Si %	Mn %	P %	S %	抗張力 kg/mm ²	伸 率 %	FeSi 使用量 gr	FeMn 使用量 gr	本炭使用量 gr
鑄鋼屑	0.36	0.42	0.50	0.019	0.018	57.1	24.4	1,350	—	1,100
鍛鋼屑	0.38	0.30	0.51	0.018	0.010	59.1	25.0	1,350	—	0,500
處女鋼	0.36	0.20	0.54	0.015	0.020	57.8	26.5	1,350	2,000	2,800
電解鐵	0.37	0.27	0.45	0.017	0.022	54.7	24.0	1,700	4,100	3,000

高周波電氣爐にては化學反應行はれず、良好なる材料はそのまゝ熔けて良き製品となるべき筈であるが、完成鋼が不良なるは熔解中に酸化されて材質が低下するものと思はる。即ち熔解すれば熔解中に完成鋼としての性質を失ひ、未完成鋼に歸るものと思はる。而して此の未完成鋼は珪素マンガン等の成分を含む故に、これが鋼の化學反應に對する機能即ち元素と元素との親和力を阻害して精鍊作用が鈍くなるのである。殊に珪素多き材料はその酸化減耗率少く、熔鋼中に多量殘存して化學反應を阻害するものである。即ち材料中に含まれて居る珪素は成分としての珪素であつて、

¹⁾ 拙著 鋼鑄物 p. 264 參照

脱酸性は全くなく却て脱酸剤による脱酸作用を阻害するものである。如何なる材料を用ひても 470kg の熔鋼に對し 1,350gr の珪素鐵を用ひねば鎮靜しないし、又製品の成分は原料中の珪素量と珪素鐵中の珪素量との和を示すことから考へても、原料中の珪素は脱酸の役をしないことが明らかである。然るに處女鋼は發生機の如き性質を有するが、完成鋼は反應作用完結せる反應能力なきものである。

又著者は嘗て日本學術振興會第 19 小委員會にて鹽基性電氣爐の裝入材料には 0.4% Cr 以下及 0.3% Mn 以下でなければ充分なる酸化作用行はれざる故に、優秀なる鋼は得られないと述べしが、弧光式電氣爐にて炭素鋼を熔解する時は作業順調に進むも、ニッケル・クロム等の鋼材を用ひて作業する時は、應々製品が不良となることがある。殊に不銹鋼を用ふる時は甚しいのである。然し一度クロム、マンガン等を全部酸化せしめて除滓せし後、作業すれば順調に進行するのである。これは矢張り之等の成分が精鍊作用を阻害するのである。而して斯の如き鋼材には白點が發生し易い。それ故に良き鋼を造らんとする時は處女鋼を用ひねばならぬ。若し完成鋼を用ふる時は先づ之を酸化せしめて處女鋼に近づかしむべきものである。即ち酸化熔鍊することが必要條件となるのである。

III. 海綿鐵を原料とせる炭素鋼材

1. 概 説 著者は先に久慈砂鐵製海綿鐵を用ひて種々の熔解實驗¹⁾をなせしが、其の成分不良にして満足なる結果は得られなかつた。然るに其の後²⁾本溪湖海綿鐵の熔解研究を依頼されし爲その實驗をなしたのであるが、この實驗はこの材料を用ひて經濟的に引合ふか否かを見るのが主であつて、材質的研究には餘り重きを置かなかつたのであるから、只炭素鋼を熔製せしものである。従て材質的の批判よりも熔解方法による製品の批判をなさんとするものである。

2. 熔解作業 初め海綿鐵のみを用ひて還元熔解せしに電流の通り悪く、又炭素少きを爲熔解困難にて長時間かかり適當なる作業は遂行し得られなかつた。而して濃きカーバイド鋼滓にて長時間精鍊せしも、熔鋼の熱低くして鑄造も困難を感じた。製品は鍛鍊の際に小龜裂を生じたが、製品にはなすことが出来た。これはオワリングせず只熔解せし

のみであるから、熱上り悪く従て精鍊不充分なりし爲の結果と思はる。その作業概況は次の如きものである。(本熔解は酸化期なしの還元期のみ作業である)。

第 3 表 本溪湖海綿鐵の平均成分

全鐵分	金屬鐵	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Mn	P	S	Cu	全炭素
97.342	96.994	0.497	1.23	0.15	0.009	0.012	0.006	0.251

作業成績

海綿鐵使用量 1,450kg, 石炭使用量 27kg, 所要時間 4時間15分
使用電力量 1,850kwh, 海綿鐵歩留 90%

第 4 表 製品の成績 (燒鈍状態)

C	Si	Mn	P	S	彈性限 kg/mm ²
0.14	0.05	0.05	0.024	0.011	27.0
抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	ブリネル 硬度數	シャルピー kgm/cm ²	
38.2	36.5	65.0	103	17	

次に海綿鐵の外に電流を通り良くする爲と、3 吨電氣爐に對する量を増す爲に、旋盤屑 150kg を加へ、又還元劑及加炭劑としてコークス 50kg を加へた。而して熔解後オワリングし、還元期に於て適當に脱酸せし後出鋼せしに良好なる結果を得たのである。

作業成績

海綿鐵使用量 1,520kg, 旋盤屑使用量 150kg, コークス使用量 50kg
所要時間 5時間 10分, 使用電力量 2,600kwh, 海綿鐵歩留 87%

第 5 表 製品の成績 (燒鈍状態)

C	Si	Mn	P	S	彈性限 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	延伸率 %	断面收縮率 %	ブリネル 硬度數	シャルピー kgm/cm ²
0.19	0.21	0.12	0.010	0.016	32.5	44.5	32.5	61.0	115	14

3. 結 論 海綿鐵を只熔解するのみにては熱上り悪き爲精鍊不充分であつて結果不良である、殊に鍛鍊状態が不良であるが、これに炭素を相當含ましめて適當に鑄石を加へて酸化熔鍊せしものは極めて優秀なる成績が得らるのである。即ち材料試験成績は元より良好であるが、鍛鍊中に少しの疵を生じないのである。これは原料に不純物少き故に先天的に良好なるのが一つと、又一方に於ては第二章、第 2 節の如き理由によりて材質が純良なる爲に化學反應が充分行はれて精鍊が完全であり、且鋼材としての擴散がよく行はるゝ故に材質が良好なるわけである。次にこれは酸化熔鍊して良く動的精鍊されて熔鋼が心熱を持ち、よく鑄造されし爲鍛鍊状態が良好なるわけである。この實驗は炭素鋼であるが、ニッケル、クロム鋼の如き特殊鋼に於てはこの結果が一層表はるゝのであらうと思はる。即ち鍛鍊の際の地疵又は白點等の缺陷に對しては極めて鋭敏である。

1) 鐵と鋼 第 16 年 第 7, 8 號

2) 昭和 10 年 4 月

要するに高周波電氣爐又は坩堝爐に於ては只溶解するのみであつて策の施しやうもないが、鹽基性電氣爐に於ては其の作業法によりて非常に良不良となるのである。即ち鹽基性電氣爐に於ては不純物少き海綿鐵に炭素を相當含ましめしものを酸化熔鍊し、又還元期に於て靜的精鍊すれば、極めて優秀なる結果が得らるゝのであるが、炭素低き海綿鐵を只溶解するのみにては決して良好なるものは得られない。著者がこゝで論ぜんとすることは單に材料試験の結果のみによるものではなく、寧ろそれよりも鍛鍊の際の地疵發生狀態又は白點發生の有無である。鍛鍊狀態は水壓機を用ふるものに於て最も鋭敏である。即ちこれは後述の第IV章にて詳しく論ぜんと思ふのであるが、先づ材料試験成績は第IV章の第7表の如く如何なる材料を用ひても、又如何なる方法によりても目立つ程の差はないのである。夫々僅かなる差はあるが、それを大袈裟に議論すべき程のものでもない。然し鍛鍊狀態は非常に異なるのである。それ故に鍛鍊中にたとへ地疵發生せしものをチップングして製品にまとめても、材料試験成績は良好なるものが得らるゝ場合があるが、それは鋼材としての確實性は少いのである。殊に炭素鋼を造る場合には其の影響少きも、ニッケル・クロム鋼等の特殊鋼を造る場合は其の影響が大となるのである。即ち白點其の他の缺陷に對しては決して防止することは出来ないのである。海綿鐵にても絶対に純粹なものととは言へない故に、その不純物を除去する爲には動的精鍊が必要である。殊に特殊鋼材に於ける白點を防止する爲には鋼材の擴散が必要であるから、鋼材に不純物少きことが必須條件である。

又實際鹽基性電氣爐に於ては炭素少き材料は溶解困難であるから、酸化熔鍊を行はぬ場合でも相當の炭素量を含ませるか又は補給する必要がある。

IV. ルッペを原料とせる曲軸材

1. 概 説 此のルッペは久慈砂鐵を獨逸に送り、クルップにて製造せしものであつて、川崎製鐵工場の依頼により一般に稱されて居る如く、ルッペにて製造せるものは鋼屑製に比して優秀なりや否やを確める爲に行へるものである。

2. 熔解作業 此の試験は2回行ひしに1回は炭素と磷

等の不純物を除く爲に、早期即ち未だ熱が上らざる内にスケール及鐵鑛石を加へしに、炭素と磷とは極めて容易に下りしも、ガスの分離除去悪くサンプルの破面は銅の含有量多き時の如く黒味を帯びて不良であつたが、除滓して還元期にて濃きカーバイド鋼滓にて精鍊せしも遂に黒味は消失せずして出鋼した。而して鍛鍊の際に大小の龜裂を生じて結局製品となし得なかつた。それ故に2回目に於ては熔解後磷と炭素とを適當に下げて除滓し、新しき石灰を加へて熱上りし後鐵鑛石を加へて酸化熔鍊せしに、極めて優秀なる結果が得られたのである。即ち2回除滓せしものである。

こゝで一つ述べたいことはこのルッペには炭素、磷及硫黄等の不純物が甚だ多いのであるが、その分離除去は極めて容易なることである。これは前述の第II章第2節の如き理由によりて、ルッペにはSi, Mn等の成分少き爲各成分間の親和力強く、從て其の脱磷脱硫又は脱炭作用が容易なる結果であらうと思はる。それ故にルッペに配合する鋼屑にはSi, Mn, Cr等の成分少きものを用ふる必要がある。次にルッペを原料とせる曲軸用鋼塊の製造記録を述べることにする。

ルッペを原料とせる曲軸用鋼塊の製造記録

熔解期日 昭和13年11月24日

使用爐 鹽基性3t電氣爐

鋼種 Ni·Cr·W·Mo鋼(陸海軍航空規格I211)

(1) 規格及製品成分

摘 要	化 學 成 分 %										材 料 規 格	
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	T. S kg/mm ²	E%
規格	0.15~ 0.25	< 0.35	< 0.60	< 0.030	< 0.030	3.8~ 4.5	1.3~ 1.8	0.7~ 1.3	0.10~ 0.30		> 120	> 13
製品	0.17	0.23	0.52	0.017	0.005	4.10	1.52	0.91	0.22	0.03		

(2) 裝入材料成分及配合割合

使用材料	化 學 成 分 %					配 合 割 合	
	C	Si	Mn	P	S	配合比	使用量 kg
ル ッ ペ	2.10	0.08	0.25	0.170	0.080	46	1,505
厚 鉄 屑	0.25	0.20	0.60	0.030	0.030	25	810
普 通 鉄 屑	0.25	0.20	0.50	0.050	0.050	25	800
ニ ッ ケ ル	—	—	—	—	—	4	130
平均成分及合計	1.10	0.14	0.40	0.100	0.055	100	3,245

(3) 添加材料

Fe-Si (75% Si)

11kg

Fe-Mn (75% Mn, 7% C)

7

Fe-Mn (75% Mn 1% C)	18
Fe-Cr (62% Cr, 1% C)	75
Fe-Mo (64% Mo)	10
Fe-W (85% W)	44
Ni (99.9% Ni)	134
Ca-Si (30% Ca, 50% Si)	3
合計	302

(4) 造滓材料

摘要	石灰 kg	螢石 kg	鐵鑛石 kg (kg/t)	コークス kg
酸化期 { 第一次	180	0	122(38)	0
{ 第二次	85	7	55(17)	0
還元期	110	25	0	20
合計	375	32	177(55)	20

(5) 所要時間及電力量

摘要	作業時間 時分	電力量 kWh (kWh/t)
酸化期	5, 10	3,400(1,050)
還元期	2, 50	1,400(430)
合計	8, 00	4,800(1,480)

註 鋼屑のみ使用せる場合の作業状態

(1) 添加材料

珪素鐵 9kg マンガン 20kg

(2) 造滓材料, 所要時間及所要電力量

摘要	石灰 kg	螢石 kg	鐵石 (相当) kg	コークス kg	所要時間 時分	電力量 kWh (kWh/t)
酸化期	180	0	90(28)	0	4-30	3,000(920)
還元期	120	15	0	15	3- 0	1,400(430)
合計	300	15	90(28)	15	7-30	4,400(1,350)

(6) 作業記録

時期	記 事	C	Mn	P	Ni	Cr
時分	(酸化期)					
0-00	石灰 80kg 送電					
1-00	石灰 30kg					
15	" 16"					
30	" 10"					
45	" 10"					
2-20	" 5"					
32	" 5"					
45	熔落, 粉末鐵石 1.5kg ¹⁾ 試料 No. 1	0.84	0.21	0.035		
50	鐵鑛石 20kg ²⁾ 石灰 10"					
57	鋼滓試料 No. 1					
3-00	鐵鑛石 25kg 石灰 10"					
10	試料 No. 2	0.63	0.15		4.13	
15	鐵鑛石 20kg " 55" 石灰 10"					
25	第一次除滓始					
27	混合滓 { マンガン鐵 4kg { 石灰 25" { 螢石 7" { 鐵石 5"					
40	石灰 10kg					
45	粉末鐵石 2kg					
47	試料 No. 3	0.49				
55	鐵鑛石 33kg 石灰 15"					
4-00	鋼滓試料 No. 2					

時期	記 事	C	Mn	P	Ni	Cr
10	試料 No. 4 ⁴⁾ 鐵鑛石 20kg 石灰 30"	0.22	0.09	0.015		
30	試料 No. 5	0.14				
40	試料 No. 6 マンガン 3kg 石灰 5"	0.12				
50	試料 No. 7	0.09				
5-00	鋼滓試料 No. 3 ⁵⁾					
5-10	第二次除滓始					
15	" " 終 (還元期) マンガン(1% C) 10kg 珪素鐵 1.5kg 混合滓 { 石灰 42kg { 螢石 15" { 石灰 25kg { コークス 8"					
57	扉開 ⁶⁾ 螢石 3kg					
6-00	試料 No. 8	0.10	0.28			
12	モリブデン鐵 10kg クロム鐵 35"					
20	クロム鐵 30" ⁷⁾ { 石灰 10kg { 螢石 2" { コークス 3"					
35	試料 No. 9 ⁸⁾	0.16			1.46	
40	タングステン鐵 44kg					
45	ニッケル 4" { 石灰 10kg { 螢石 1" { コークス 2"					
7-00	試料 ⁹⁾	0.15				
15	{ 石灰 10kg { 螢石 5" { コークス 3"					
30	クロム鐵 (1% C) 5kg マンガン鐵 (1% C) 8 { 石灰 10kg { コークス 2"					
50	試料 No. 11 ¹⁰⁾	0.15				
	珪素鐵 9kg { 石灰 5kg { コークス 2"					
58	鎮静度及熱度試験					
8-00	出鋼 (20秒) ¹¹⁾					

- 1) 熱度低し, 鋼滓稍不均一
- 2) 沸騰弱きも, 鋼滓, 流動良
- 3) 鋼滓流動良
- 4) 熱度上昇せるを認む
- 5) 鋼滓流動良, 鎮静良
- 6) カーバイト消失せるを認む, 鋼滓稍不均一
- 7) 白 滓
- 8) カーバイト灰色にて良
- 9) 白滓に近く, 流動良
- 10) 白滓, 熱度高く, 流動良
- 11) カルシウム, シリサイド 3kg 及 0.01% C 取鋼投入

溶解時間	第1次酸化時間	第2次酸化時間	還元時間	合計
2 ^h 50'	0 ^h 35'	1 ^h 45'	2 ^h 50'	8 ^h 00'

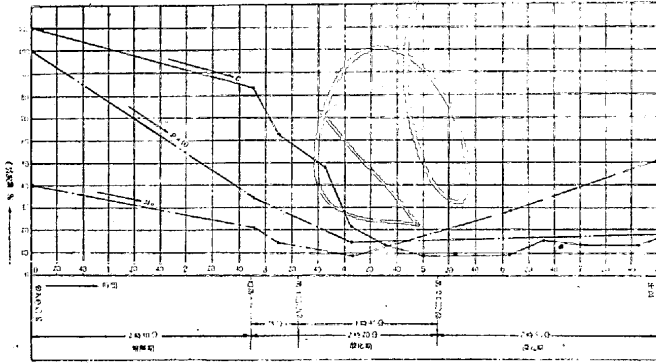
(7) 鑄造作業及温度測定値

1. 出鋼前スプーン中にて熔鋼に上皮の張る迄の時間は 30 秒なり。
光高温度計による測定値

502 mA 見掛温度 1,590°C 眞温度 1,704°C ($\epsilon=0.5$)

2. 出鋼中の温度測定値

第1圖・作業状況並に製鍊曲線



mA	504	478	482
見掛温度	1,597°C	1,510°C	1,524°C
眞温度	1,712°C	1,615°C	1,631°C

3. 出鋼後より鑄込始め迄の時間 2分

4. 1 1/2 t 鋼塊鑄型鑄込時間及測定温度

種類	鑄込時間	mA	見掛温度	眞温度
No. 1 鋼塊	2分30秒	462	1,455°C	1,554°C
		464	1,462°C	1,562°C
No. 2 鋼塊	2分33秒	460	1,447°C	1,545°C
		462	1,455°C	1,554°C
取鋼のノズル径	1 1/8" (28.6mm)			
樋	1" (25.4mm)			

(8) 備考

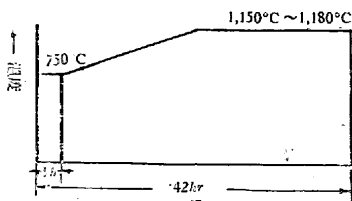
- 鑄込後鋼塊ピット引上迄の時間 4時間
鑄込後加熱爐入れ迄の時間 5"
- 製鋼作業は大體順調に進み、出鋼後スラッグ、ラインは多少浸されたるも、爐床は殆んど浸されざるを認む。
- 湯熱高過ぎて鑄込中樋は常に後端を使用す。

3. 鍛造作業及試験成績 3t 電気爐にて熔製せし 1.5t 8 角型鋼塊 2個を赤熱状態にて壓鍊工場第1號加熱爐に入れ、第2圖の如く長時間加熱を行ひて充分擴散せしめた。

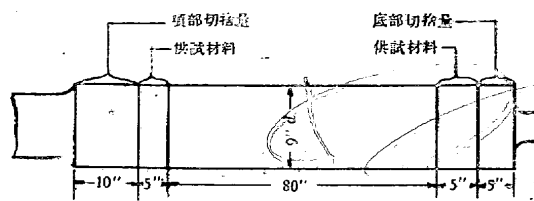
次に豫熱されし鋼塊を鍛鍊温度 1,180~900°C の範圍にて特に鍛鍊終了温度が 900°C 以下に降らざる様によく注意し、第3圖の如く荒伸し頂部及底部に接近せる箇所よりマクロ試験片素材及材料試験片素材各1個宛採取し荒伸し材料並に供試材料全部を砂中冷却す。

鍛鍊中に於ける表面状態は良好にして疵はなかつた。供試材料は冷却後鍛冶場にてマクロ組織用試験片として150

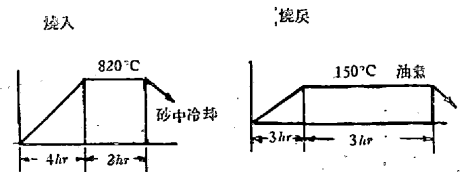
第2圖 鋼塊加熱曲線



第3圖 試験片採取位置



第4圖 焼入及焼戻曲線



mm 角×38mm に、又材料試験片として 27mm φ.dai×250 mm なる丸棒 6~8 本製作した。

熱處理並に機械的試験成績は次の如きものであるが、参考の爲鋼屑のみにて製造せる同種鋼材の試験成績を併記したのである。尚機械的試験成績表は第6表の如きものであり、マクロ組織、含滓状態、顯微鏡組織及機械的試験片は夫々第5, 6, 7, 8, 9 圖の如きものである。

化學成分

使用材料	製鋼番号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo
(規格)		0.15-0.25	<0.35	<0.60	<0.030	<0.030	3.8-4.5	1.3-1.8	0.7-1.3	0.10-0.30
ルツベ	10290	0.17	0.23	0.52	0.017	0.005	4.10	1.52	0.91	0.22
鋼屑	10189	0.18	0.22	0.45	0.017	0.005	4.20	1.47	0.97	0.20

熱處理規格

焼入 800~870°C 灰中(空中又は油中)冷却

焼戻 100~200°C 空中又ハ油中冷却

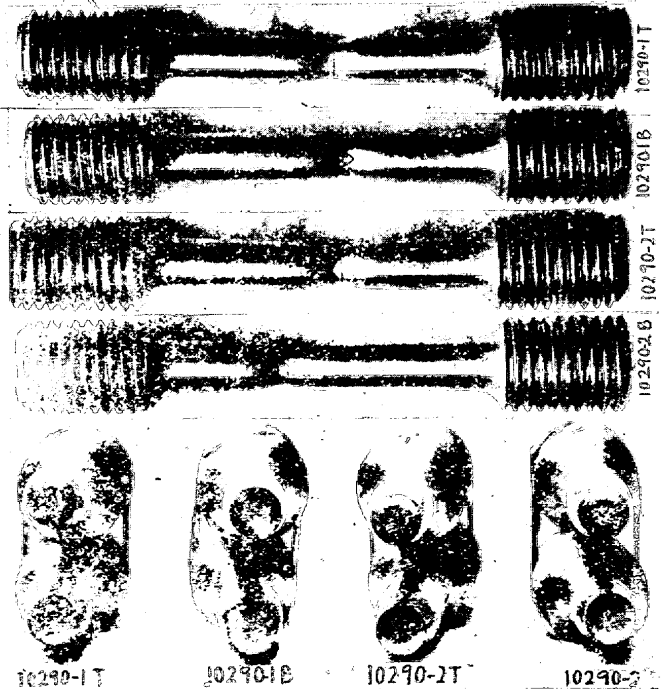
實施せる熱處理作業状態

焼入 820°C 2時間保持後 砂中冷却

焼戻 150°C 3時間保持後 油煮

焼入及焼戻曲線は第4圖の如きものである。

第8圖 ルツベ製曲軸鋼材の抗張試験片



第 6 表 機 械 的 試 験 成 績 表

使用材料	鋼塊番號	試験片符號	抗 張 試 験 (リレー式 100 吨)										衝擊試験 (シャルピー式 30kg.m)					ブリネル硬度數	判 定	
			標點距離 mm	直 徑 mm	斷 面 積 mm ²	降 伏 點		抗 張 力		伸 長 %	絞 縮 %	斷 面 狀 態	破 斷 位 置	幅 mm	高 さ mm	斷 面 積 mm ²	消 費 エ ネ ルギ kghmm			衝 撃 値 kgm/cm ²
						實 際 kgs	kg/mm ²	實 際 kgs	kg/mm ²											
ルツペ	10290	1 T	50	14.00	153.9	16,920	109.94	20,040	130.21	19.0	53.9	Cup	A	10.02	8.06	80.8	9.20	11.4	340	合格
	"	1 B	"	13.96	153.0	17,260	112.81	19,700	128.75	18.5	48.6	F	B	10.01	8.06	80.7	8.67	10.8	351	"
	"	2 T	"	14.00	153.9	18,000	116.95	20,020	130.08	18.5	52.9	"	A	10.01	8.02	80.3	8.93	11.1	351	"
	"	2 B	"	13.98	153.5	17,510	114.07	19,570	127.49	18.5	51.9	Cup	B	10.02	8.03	80.5	12.76	15.9	351	"
鋼 屑	10189	W10-1	"	14.00	153.9	16,680	108.38	20,600	133.85	18.5	53.9	"	"	10.05	7.99	80.4	8.67	10.8	364	合格
	"	2	"	14.01	154.1	17,330	112.45	21,260	137.87	18.5	49.0	"	"	10.03	7.98	80.1	8.67	10.8	364	"
	"	3	"	13.98	153.5	16,900	110.09	20,570	134.00	17.5	44.6	"	A	10.02	7.92	79.4	8.67	10.9	364	"
	"	4	"	14.00	153.9	17,550	114.03	13,030	136.64	18.5	48.9	"	"	10.05	7.96	80.1	7.6	9.4	375	"
規 格						> 100		> 120		> 13	> 40							> 8	340~420	

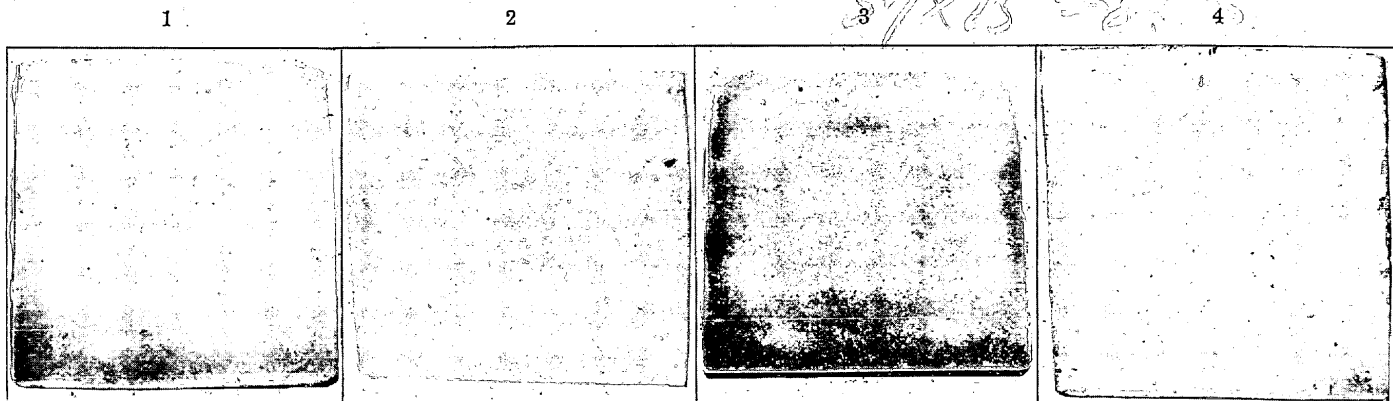
4. 結 論

- 1) 鍛鍊中に於ける表面状態は良好にして疵は無かつた
- 2) 純度は鋼屑より熔製せし同種鋼材に比較して略々同一程度にして、微少なる酸化物及硫化物僅が存在するのみである。(第6圖参照)

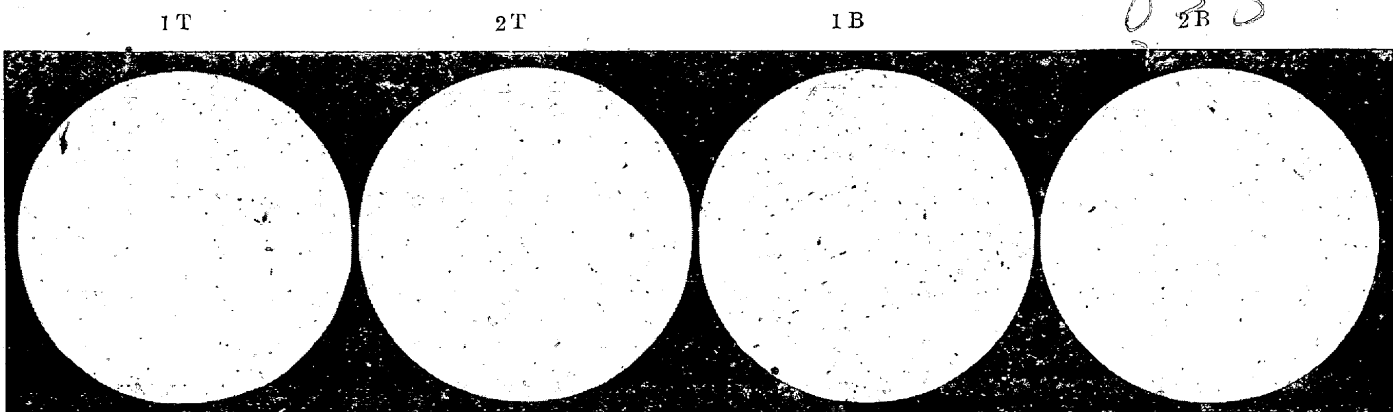
3) マクロ組織に於ては白點其他の有害なる龜裂等は絶無なるも、周縁部に氣泡が存在した。(第5圖参照)

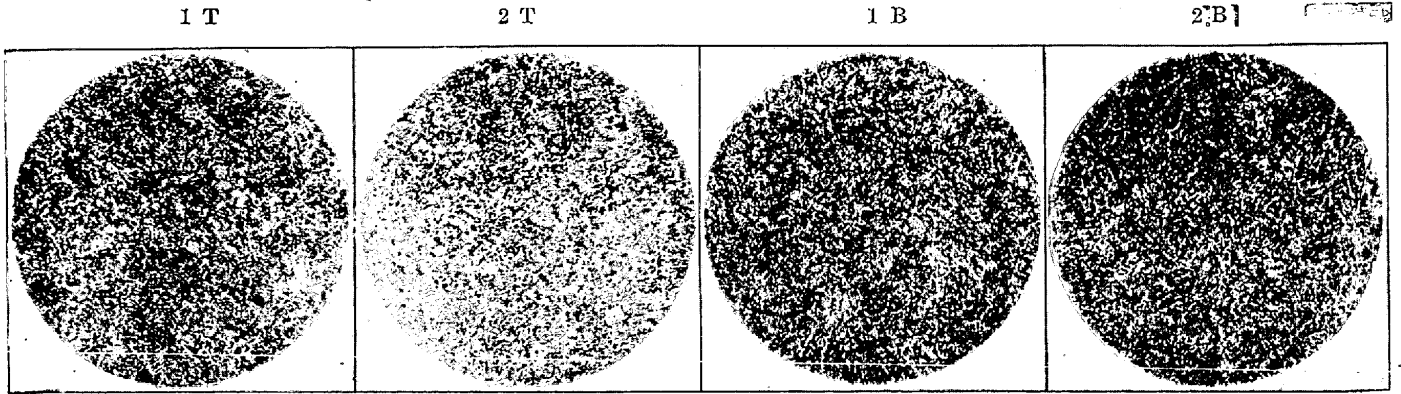
4) 機械的試験成績は鋼屑より熔製せし同種鋼材に比較して、何等差異を認めなかつた。即ちルツペより製造せるものは處女性ある故に、優秀であるといふ説は肯定出來な

第 5 圖 ルツペ製曲軸鋼材のマクロ組織



第 6 圖 ルツペ製曲軸鋼材の含滓状態 (×100)を0.622に縮寫す



第7圖 ルッペ製曲軸鋼材の顯微鏡組織 (5% HNO_3 solⁿ ×400)

いことがわかった。

5) ルッペには炭素及燐等の不純物が甚だ多く含まれてゐる故に、其の操業に特別なる注意を拂ふ必要がある。即ち一時に鑛石を加へず、或程度の酸化にて炭素及燐を下げ、一度除滓し、次に新しき石灰を加へて更に鑛石を加へ、酸化沸騰せしむべきものである。

6) 然しルッペ中に含まれて居る炭素、燐及硫黄等の不純物は其の分離除去極めて容易である。

7) 要するにルッペには炭素及燐等の不純物多き故に多くの鑛石を用ひねばならぬ結果、操作を誤る恐れがあるぞ。

第9圖 ルッペ製曲軸鋼材の衝撃試験片



れ故に適當なる炭素のみを含み其の他の不純物なき限り鋼屑を用ひる方が有利である。

8) 前述の如き不純物を多く含むルッペを用ふる時は、 Si, Mn, Cr 等の含有成分少き鋼屑を配合する必要がある。若しニッケル・クロム鋼屑等を多く配合すれば反應順調に進まざる故に、結果不良となる。

9) 次に作業時間を考ふるに2回除滓する故に、1回除滓の場合に比して35分間長くかゝつてゐる。従て電力及造滓材料等の消費量もそれに比例して増大することは勿論であるが、それ以外に作業上特別なる注意を拂はねばならぬ缺點がある。

10) 然しルッペを用ひても普通の場合と何等異ることなき成績のものが得らるる。

V. 巷説に對する批判

先に處女鐵と鋼屑とにて製造せし鋼材は何等の差異はないと述べしが、今こゝに再検討して見たいと思ふのである。前述せし如く巷間に於てよく海綿鐵等を用ひて造れるものは、處女性ある故に優秀であるが、鋼屑を原料として造れるものは絶対に優秀なるものは得られないと、或一部の人が盛に宣傳してゐるが、然しこれは決して100%信すべきものではないのである。

鑛石より直接製鋼して非金屬介在物及ガス體を完全に除去せしものは、眞の處女性を有して優秀であるが、鑛石より造りし海綿鐵の如きものを、もう一度普通の方法例へば電氣爐等にて只熔解するのみにては、處女鋼と雖も、優秀なる材質のものは得られない。成程海綿鐵は低温還元なれば處女性を有して居る故に、この材料を用ひて終始一貫低温にて作業して鍊鋼を造れば處女性を保有し得らるゝかも知れないが、電氣爐等にて一度之を高温にて熔解して熔鋼を造れば、忽ち其の處女性は失はるゝのである。即ち高温にて熔解すれば、鑄鐵に於ける黒鉛核が熔け盡される如く、或一定温度即ち熔鋼となり得る温度以上に曝せ

第7表 3t電氣爐に於ける各種試験

使用材料	製鋼法	化學成分					降伏點 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸 %	斷面收縮率%	ブリネル 硬度數	シャルピ kg/cm ²	鍛鍊狀態 (水壓機による)
		C	Si	Mn	P	S							
本溪湖 海綿鐵	還元熔解	0.14	0.05	0.05	0.024	0.016	27.0	38.2	36.5	65.0	103	17	地疵發生 良好
	還元後酸化熔鍊	0.19	0.21	0.12	0.010	0.011	32.5	44.5	32.5	61.5	115	14	
鋼屑	單に熔解	0.18	0.17	0.49	0.019	0.015	30.0	44.0	31.2	59.5	118	12	地疵發生 同上
	同上	0.22	0.18	0.57	0.018	0.012	32.0	45.7	29.0	52.0	123	10	
同上	酸化熔鍊	0.14	0.24	0.52	0.011	0.009	30.5	41.0	34.5	63.4	106	16	良好 同上
	同上	0.21	0.23	0.54	0.014	0.011	33.0	46.5	36.4	58.7	120	12	
鋼屑を軟熔けのまま作業して造れる材料 ¹⁾ をそのまま熔解せしもの		0.24	0.33	0.56	0.018	0.017	—	—	—	—	—	—	試料膨れ鋼塊多し製品不良
		0.36	0.35	0.52	0.014	0.012	—	—	—	—	—	—	

備考 1) 熔溶が 0.035% C のものを直ちに除滓し、カーバイド鋼滓及脱酸剤にて充分脱酸せしものである。之を高周波電氣爐にて熔解せしに普通の珪素量にては鎮靜されず、鋼塊は膨れ上りて全部不良であつたから、参考の爲に 3t 電氣爐にてオワリングなしに熔解せしに矢張り同じ結果となつたものである。(拙者鋼鑄物第 74 頁参照)

ば、處女性も失はれ行くのである。眞の處女性あるものは前述の如く鑛石より直接製造せしものであつて、再熔解せしものは決して處女性を保有し得ない。これが他の原料より造りしものに比して優秀なる成績を示す場合もあるが、それは決して處女性を保有して居る爲ではなく、只不純物少きことのみによるものである。若し海綿鐵が完全に還元されないものか、又は不純なるものに於ては極めて不良なる結果をもたらすことは勿論である。即ち第 2 表の如く電解鐵を用ひしものは、其の電解鐵そのものが不純なりし爲に、それにて造れる鋼材は決して良好ではなかつた。

次に前述の如く高周波電氣爐にては化學反應行はれざる故に、材料そのもの特質が製品に明らかに反映するが、弧光式電氣爐に於ては酸化熔鍊すれば處女性に近づくと同時に、完全に精鍊され得るも、酸化熔鍊せぬものは高周波爐と同じく化學反應不充分であつて、精鍊不完全なる故に成績不良である。即ち第 7 表の試験成績の如く、只炭素低き海綿鐵を熔かすのみにては動的精鍊出來ざる故に、眞の優秀なる鋼は得られない。たとへ機械的性質は幾分優秀なる場合があるかも知れないが、地疵又は白點等の缺陷に對しては決して防止することは出來ないのである。況んや不良なる海綿鐵を用ひては勿論優秀なるものは得られない。即ち海綿鐵を只熔解するのみにては完全に精鍊されない故に、優秀なる鋼は得られないのである。之に反し鋼屑にては完全に動的精鍊すれば、優秀なる成績が得らるゝのである。即ち前述の試験の如く海綿鐵及ルツペと鋼屑とを原料とする實驗に於て、優秀なる成績を得し場合は、何れも炭素高きものを酸化熔鍊して良く動的精鍊せしためである。

換言すれば海綿鐵及ルツペを用ひしものは決して海綿鐵又はルツペの有する處女性を保有せし爲ではなく、その精鍊方法がよろしきに基けるものである。

今鋼屑製と海綿鐵製とを比較せる論文を見るに、海綿鐵製が優秀なりといふ假定を無理に證明する爲に、鋼屑製は、最悪の成績を取り、海綿鐵製は最良の場合の成績を取て比較して居るやうに見受ける。即ち岩瀬氏¹⁾の該比較の論文を見ても其の兩者には殆んど差なく、炭素鋼に於ては反對に鋼屑製の方が優秀なりといふ結論を發表されてゐる、それ故に今こゝで考ふべきことは鋼屑の性質とそれを用ひた時の製鋼法である。

著者は航空機用鋼材の如き優秀品を造る時は、之に用ふる材料は一度精鋼材とするのである。而してその精鋼材の製造法は鋼屑を一度酸化熔鍊して不純物(非金属介在物及ガス體)を除きて、所謂洗滌鐵とするのであるが、還元期に於ては脱酸剤を極度に少く用ひ、又カーバイド鋼滓も極めて薄く作りて、炭素のみ相當含み其の他の成分は出來るだけ僅少なる。所謂洗滌せる不脱酸鋼たる精鋼材とするのである、而して之を原料として用ひる時は、再び酸化熔鍊して動的精鍊を行ひ、又還元期に於ては極端なる強制脱酸をさけて充分靜的精鍊するものなれば、完全なる鋼が得らるゝのである。

然し普通は動的精鍊を閉却し、只靜的精鍊のみを重要視して行ふてゐるが、若し一般の如くブリキ屑や錆又は泥土等の混在せる性狀の知れぬ鋼屑を動的精鍊は行はず、只熔解して軟熔けのまま除滓し、還元期に於て極端に強制脱酸

1) 岩瀬慶三 製鐵研究 第 167 號

するやうな方法を行ふやうでは決して優秀なるものは得られないのである。斯の如き方法にて造れる鋼と海綿鐵製の鋼とを比較しては、到底比較にならないことは勿論である。それ故に海綿鐵製と鋼屑製とを比較する時は先づ其の製鋼法を論ずる必要がある。

如何なる材料を用ひても同じ方法にて同じ成績のものが得られないことは勿論である。即ち悪き材料ほどよく洗滌する必要がある。良き材料を用ひて良き製品を造ることは容易であるが、悪き材料を用ひて良き製品を造ることが困難なることは勿論である。然しこれを遂行し得るところに技術者の手腕の存するところであるが、それも如何なる悪き鋼屑を用ひても最優良なるものを造り得るとはいへない。即ち或程度を越してはならぬことは勿論である。然し鋼屑は如何なるものにて又如何なる方法を講じて、鋼屑を用ふる限りは絶対に優秀なる鋼は出来ないと云ふ議論も亦信することは出来ないのである。即ち製鋼技術を度外視して只使用材料によりてのみ製品の成績を論ずることは當を得て居ないのである。

要するに酸化作用を全く行はぬ高周波爐及酸化熔鍊作用を應用しない弧光式爐にては鋼屑よりも海綿鐵を原料とせしものが優秀であるが、酸化熔鍊作用を應用する弧光式爐に於ては兩者の間には何等の差を認めないのである。而して鋼屑を材料としても酸化熔鍊して造れるものは、海綿鐵を只溶解せしものよりも寧ろ優秀である。換言すれば鋼屑よりも海綿鐵にて製造せしものが優秀なりと強唱する所はその工場の製鋼技術が幼稚なることを證明するものである。

VI. 總 括

1) 鋼屑製と處女鐵製との製品には差異ありや否やを研究した。

2) 一般に海綿鐵製は處女性を有する故に、鋼屑製よりも優秀であると稱されて居るが、鑛石より直接製鋼せしものは處女性を保有するも、一度之を再溶解すれば處女性は失はる。即ち電氣爐等にて或一定温度以上に加熱溶解すれば、處女性は失はるるのである。それ故に海綿鐵等を用ひ

て再溶解せしものは決して處女性を有してゐない。

3) 次に製鋼の要旨は鐵以外の成分なきものに適當の成分を添加する時初めて優秀なる結果が得らるゝのであつて、種々の成分を含有する材料例へば鋼屑を用ふる時は化學反應の機能なき故に、充分精鍊されざる故に結果不良である。

4) 即ち海綿鐵製は以上の理由によりて鐵以外の成分なきを以て優秀なるのであつて、決して處女性の爲ではない。この意味に於て純粹なるルツペにあらざる限り論ずる價値はないのである。

5) 然し海綿鐵にては炭素を相當含むものを動的精鍊して初めて優秀なる結果を得らるゝのであつて、炭素少きものを只溶解するのみにては決して優秀なる成績は得られない。

6) 鋼屑にては酸化熔鍊して充分鐵以外の成分を驅逐せし後、適當なる成分を添加すれば優秀なる成績が得らるゝのである。

7) それ故に酸化熔鍊作用を行はぬ製鋼法に於ては、鋼屑よりも海綿鐵製の方が優秀である。即ち前者は鐵以外の成分を含むに反し、後者は何等の成分を有せぬからである。

8) 然し酸化熔鍊作用を行ふ製鋼法に於ては、海綿鐵にてはルツペにては又鋼屑にては何等の差異を認めないのである。

9) 要するに酸化作用を行はぬ高周波爐及酸化熔鍊しない弧光式爐に於ては、海綿鐵製の方が優秀であるが、酸化熔鍊する弧光式爐に於ては何れの材料を用ひても何等の差異はないのである。

10) 換言すれば鋼屑製よりも處女鐵製の方が優秀なりと信ずる所は、其の工場の製鋼技術が幼稚なることを證明するものである。

終りに此の實驗は著者が川崎製鋼工場勤務中に行へるデータを基礎として論ぜるものであるから、この實驗を行ひし當時の関係諸氏の御援助に對し深く感謝する次第である。然し本論文に對しては著者獨りが其の責を負ふものであることを附記して筆を擱く。