

屑鐵及び高純海綿鐵を原料とせる各種鋼材の 機械的性質の比較* (第一報) 炭素鋼に就いて(1)

(日本鐵鋼協會第 20 回講演大會講演, 昭 13. 10)

熱 田 友 二**

COMPARISON OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEELS MADE FROM SCRAP IRON AND FROM SPONGY IRON

Tomozu Atuta

SYNOPSIS:—Tests were conducted with the object of verifying reports that the mechanical properties of steels made from spongy iron excelled those of steels made from scrap iron. In Experiment I, as a preliminary test, comparisons were made of the mechanical properties of carbon steel made from the two methods just mentioned, for which purpose from five to six suitable kinds of this steel with carbon contents ranging from 0.2% to 1.3% were selected and tested. Contrary to expectations, the steel made from scrap iron was found to be tougher and harder.

According to Experiment II, the mechanical properties of steels made from the two processes and with the same range of carbon contents as in the preceding experiment, under five different heat treatments, were compared with the same results as in Experiment I, except that the steel made from spongy iron, although tough, was clearly found to be inferior in strength.

In Experiments III and IV, the same comparative tests were made with nickel-chrome steel of thirty different compositions and under seven different heat treatments, with the result that the steel made from spongy iron was much tougher and harder than that made from scrap iron.

In the foregoing Experiments I-IV, the test-pieces were obtained from ingots weighing 9 kg each, and tested for tension and impact. In Experiment V, which was supplementary to the others, the test pieces were obtained from ingots weighing about 230 kg, the experiments being for torsion and fatigue, and for their mechanical properties at high temperatures. The foregoing experiments amply proved the higher mechanical properties of steels made from spongy iron than that of steels made from scrap iron.

PART I: ON CARBON STEEL (1)

目 次

- I. 緒 言
- II. 海綿鐵を原料とする炭素鋼の製作
- III. 屑鐵を原料とせる炭素鋼の製作
- IV. 熱處理及び試験片の製作
- V. 機械試験の諸測定値
- VI. 兩種鋼材の機械的性質の比較
- VII. 結果の考察

I. 緒 言

最近の鐵鋼業界の發展は實に目覺しいものがあるとは多くの人々の口にするところなるも、仔細に之を見る時はその發展は主として物理冶金方面であつて化學冶金方面はこれに追隨してゐない状態である。換言すれば鋼の配合及び熱處理方面は著しく發達せるも製鋼方面は之に比し著しく

遅れてゐる。しかも物理冶金方面よりする今後の發展は稍その伸張力を弱めたかの觀があるので、車の兩輪の關係にありながら獨りその進歩の遅れてゐる化學冶金即ち製鋼方面に識者の注目が期せずして集り延いては之によつて飛躍的發展をも所期してゐるが如き現今の情勢である。

この意味に於て製鋼の原料問題は鐵鋼の將來に對し最も重要な問題である。岩瀬教授に由れば優秀なる鋼を作るには必要な元素を適當量に含ませ不必要なる元素はたとへ微量たりと雖も含有させてはならぬと云ふ。普通の鋼材に含まれてゐる P, S, O₂, N, H, 等は有害なる元素であるからこれらの元素の含まれてゐない鋼を作ることが理想である。これは明かであるが同教授に由れば斯る有害元素は云ふまでもない事であつて更に鋼の性質及び熱處理に對して有用でない元素までも悉く無くすべしと云ふのである。鋼に對し無用の元素とは然らば如何なる元素であるか、之は鋼材の使用目的によつて異なる可きであるが概論すれば普通に使用せられてゐる脱酸劑金屬であらう。この内

* 本研究は東北帝國大學教授岩瀬慶三博士の御指導に由り東北帝國大學金屬材料研究所に於て昭和9年4月より14年7月の間に於て行はれたものである。

** 本溪湖特殊鋼株式會社



Si, Mn の如き元素も使用目的によつては有用なる金属たり得るも、すべての鋼材に對して必要缺くべからざる金属なりやは未だ會つて明かにせられてゐない。これ Si, Mn を含有せざる製鋼原料が普通に存在しないからである。もしも或種の重要な特殊鋼材に於ける Si, Mn が無用ならばこれを含む多くの製鋼用地金を以てしては到底優良なる鋼は製造し得られず、これを含まざる高純海綿鐵の如きが優良鋼材たり得る理である。この意味に於て本溪湖製海綿鐵は別表に示す如く純度が非常に高いのでこの種の研究試料として最も興味ある性質をもつてゐるものと云ふ事が出来る。

更に海綿鐵が製鋼原料として興味あるはその處女性の謎である。工業的に海綿鐵を製鋼原料とせるは瑞典であつて、その優秀性が宣傳せられてゐるのは主としてこの方面からであるがその外にも共鳴者が絶無ではない（米國の Dr. Waterhouse の如し）。併しこれらの人々は唯海綿鐵を原料とせる鋼が屑鐵の夫に比し優れてゐると云ふのみで、その然る理由を吾人の首肯し得る程度に科學的にあたへてゐない。又獨逸の鐵冶金界の元老 Wüst 教授も製鋼原料としての海綿鐵の優秀性を認めて種々研究せるも遂にその原因を突止め得ず、非科學的にも意味不明瞭なる「處女性」なる言葉を以て逃避したのである。然のみならず海綿鐵の讚美が主として海綿鐵製造者側よりのみ主張せられてゐるので、瑞典鋼の優秀性は萬人の認むる處なるにも拘らず、その理由を明かにしやうともせずして海綿鐵の優秀性は之を宣傳なりと論じ去る學者もないではない。斯様な現状であるからこの處女性の神秘の扉を開き海綿鐵の優秀性の有無及びその原因を明かにし且無用の不純物のない鋼を製造研究する事は現在の鐵鋼界の趨勢上有意義の研究問題である。而してこれ等に關する研究は岩瀬教授の下に一方に於て福島助教授以下佐野、西岡、三井、山脇の諸學士によつて多角的に行はれつゝある。著者は之等の研究と相呼應して直接に海綿鐵及び屑鐵を原料とせる各種の鋼材を造り、その機械的性質の比較研究を擔當せるものである。而して金属材料研究所の設備上著者の研究は只僅に 9kg の鋼塊を高周波爐で作り得るに過ぎざるを以て、この大問題の解決に對してはいさゝかその規模小に過ぎる嫌あるも、基本的研究としてはその費用上止むを得ざる次第であるから、本研究の結果に基き製鋼單位丈の研究する必要あり。本研究はその端緒をなすに過ぎざるものなる事はいふまでもない。而して茲に報告せんとする著者の研究は廣く各般

に分れてゐるのであるが、その必要上ニッケル・クロム鋼の比較研究を最初に行つた。そして略豫期に近い海綿鐵の優秀性を實證する結果を得たのであるが、尙ニッケル・クロム鋼の研究は更に第二段階に進みつゝあるもので其の途中に於て炭素鋼を作つて比較試験を行ひ、報告の形式上之を第一報とした次第である。

II. 海綿鐵を原料とする炭素鋼の製作

本溪湖製海綿鐵を高周波爐に 100% 裝入して熔解し脱酸剤を使用せずそのまま鋼塊とし、之を棒狀に鍛造して 1in 角、長さ 2in 位に切斷して之を海綿鐵を原料とせる炭素鋼の地金原料とした。この地金原料の分析は次のやうである。

0.095% C, 0.035% Si, 0.05% Mn, 0.009% P, 0.006% S.

この原料地金を再び高周波爐に計算量を裝入熔解して所要の炭素量を有する炭素鋼を作つた。ルツボは黒鉛製を使用しアルミナで内張りし湯は硝子と礬砂の混合物で被つた。裝入物がすっかり熔け落ちると少量のフェロマンガ、フェロシリコンを投入して脱酸し湯の荒れを防ぎ直ちに所要計算量の白銑を加へて加炭した。

この白銑は海綿鐵を高周波爐で熔しその中にレトルトカーボンを投入して作つたもので 4% C のものである。白銑による加炭が終ると再びフェロマンガとフェロシリコンで脱酸し更に 0.1% のアルミニウムを投入して後金型に注入し鋼塊を作つた。鋼塊は凡て約 9kg のもので 55mm 角、長さ 310mm のものである。アルミニウムを最後に加へて脱酸せるは後報に述べるニッケル・クロム鋼の比較試験の結果よりして屑鐵を原料とせる鋼に於てはその Mn, Si の分析値が海綿鐵を原料とせる鋼の夫れと略等しいか極く僅に多量なる場合に於ても健全な鋼塊が得られず、健全な鋼塊を得るにははるかに多量の Mn, Si を含ませねばならぬ事が判つたのでかくては炭素鋼の如き特殊元素の入つてゐない鋼ではこの Mn, Si 含有量の相違のために地金としての海綿鐵、屑鐵の性質比較が困難となる事をおそれ、本實驗では Mn, Si の量に餘り大差なからしめ、しかも屑鐵に於て健全な鋼塊を得られるやうにアルミニウムを加へたのである。海綿鐵の方はこの程度の Mn, Si 含有量でアルミニウムを加へなくとも健全な鋼塊が得られたが矢張り比較のため屑鐵同様にアルミニウムを加へた。従てこの試験結果はアルミニウムの影響をも包含することになるのである。

	C	Si	Mn	P	S
A 41	0.13	0.10	0.41	—	—
A 42	0.42	0.10	0.49	0.00	—
A 43	0.61	0.17	0.44	—	0.04
A 44	0.88	0.26	0.42	—	—
A 45	1.10	0.26	0.44	—	—

註 (A) は海綿鐵原料なる事を示す。

以上熔解時間は約 2.5h を要した。出来上つた鋼塊の成分は上のやうである。

III. 屑鐵を原料とする炭素鋼の製作

炭素量 0.13% の八幡製鐵所製平爐軟鋼を八幡製鐵所より直接購入し之を屑鐵と云ふ事にした。海綿鐵の場合と同様に 1in 角、長さ 2in 位に切断して原料とした。屑鐵と云ふよりも非處女鐵と云つた方が當つてゐる。品質不定の屑鐵を使用することは本研究の目的に反する。本研究は原料鐵の處女性の有無と鋼材の優劣との關係を知るにあるからである。炭素鋼熔製の順序方法は總て海綿鐵の場合と同様であるが加炭劑たる白銑はこの軟鋼とレトルトカーボンとで高周波爐に依り作つたもので炭素量 3.8% のものである。熔解時間は平均 2h 10mn であつた。

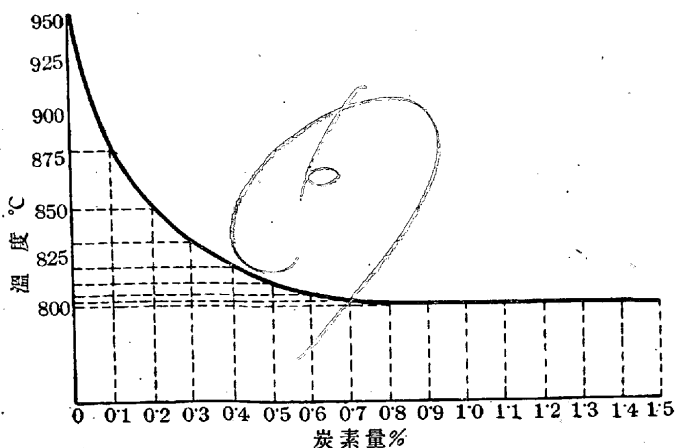
成品の成分は次のやうである。

	C	Si	Mn	P	S
B 41	0.23	0.22	0.55	—	—
B 42	0.42	0.43	0.65	0.00	—
B 43	0.69	0.40	0.61	—	0.06
B 44	0.94	0.41	0.63	—	—
B 45	1.23	0.41	0.69	—	—

註 (B) は屑鐵を原料とするものを示す。

IV. 熱處理及び試験片の製作

鋼塊は鍛鍊工場に於て直径 25mm の棒に鍛造し、それより抗張試験片とシャルピー衝撃試験片を採つた。熱處理

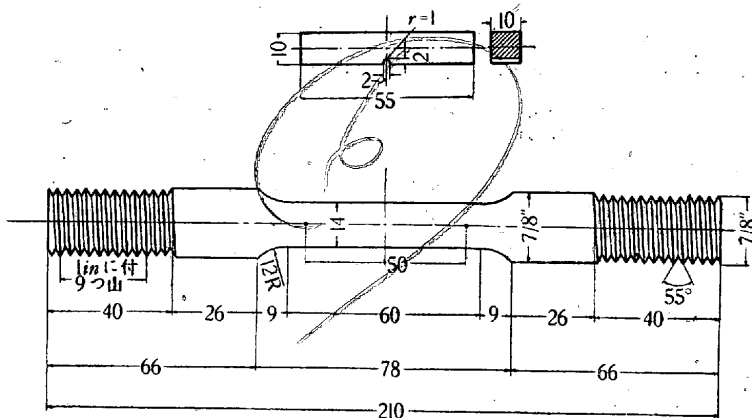


第 1 圖 炭素量と焼鈍温度

は完全焼鈍したものと大體燒準したものを作つた。HA 及び A は夫々海綿鐵を原料とする炭素鋼の燒準、燒鈍せるものを表はし、HB 及び B は夫々屑鐵の場合の燒準、燒鈍せるものを表はす。

熱處理温度等は Sauveur の著書によつた。温度は第 1 圖に示す如し。

熱處理後抗張試験片は日本標準規格第四號試験片に仕上げシャルピー衝撃試験片も第 2 圖に示すやうな日本標準規格に仕上げた。



第 2 圖 炭素鋼試験片仕上り寸法

V. 機械試験の諸測定値

抗張試験にはオルゼン試験機を使用した。衝撃試験はシャルピー衝撃試験機を使用し室温で試験した。以上の機械試験結果を示すと第 1 表のやうである。降伏點は下降伏點を採用した。

海綿鐵及び屑鐵即ち平爐軟鋼を原料としたものゝ燒準或は燒鈍の場合の機械的性質より各鋼種に於ける炭素量と機械的性質との關係を圖示すると第 3~ 第 6 圖のやうである。

VI. 兩種鋼材の機械的性質の比較

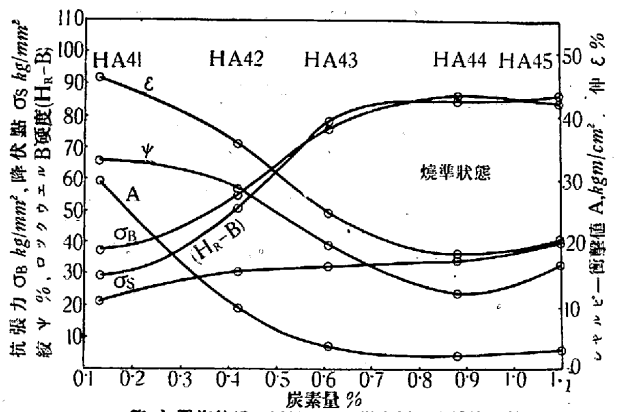
硬度、抗張力、降伏點、絞、伸、シャルピー衝撃値等の比較を示すと第 7~ 第 12 圖のやうである。

以上圖が示す如く硬度、抗張力、降伏點は屑鐵を原料とするものゝ方が海綿鐵を原料とするものよりも高く伸、絞はその反對に海綿鐵を原料とするものゝ方が屑鐵を原料とするものよりも稍高いやうである。殊に高炭素鋼に於て然りである。シャルピー衝撃値は兩者區別がないと云ふ事が出来る。

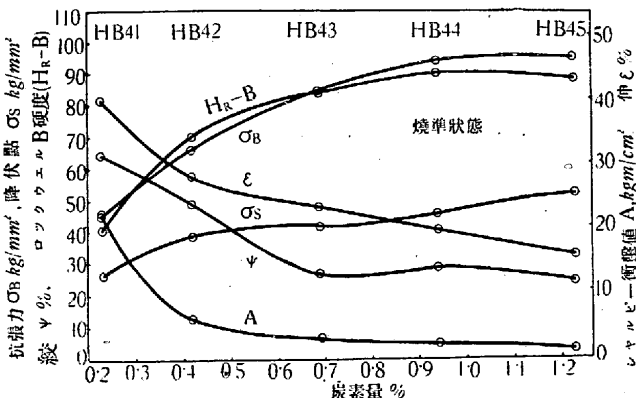
第 1 表 海綿鐵及び平爐軟鋼を原料とする炭素鋼の機械的性質 (昭和 11 年 8 月)

番 號	化 學 成 分 %					抗 張 力 kg/mm ²	伸 %	絞 %	降 伏 點 kg/mm ²	シヤル ピー kg/mm ²	硬 度 ロツク ウェル B	熱 處 理
	C	Si	Mn	P	S							
HA41	0.13	0.10	0.41	—	—	37.2	46.0	66.1	21.5	29.8	29	780°C-30mn, 空冷
" 42	0.42	0.10	0.49	0.00	—	54.5	35.4	56.3	30.5	9.4	50	820 " "
" 43	0.61	0.17	0.44	—	0.04	75.6	24.0	38.2	31.8	3.2	78	805 " "
" 44	0.88	0.26	0.42	—	—	85.7	18.0	23.3	33.7	1.8	84	800 " "
" 45	1.10	0.20	0.44	—	—	83.5	20.0	32.5	39.4	2.6	86	800 " "
HB41	0.23	0.22	0.55	—	—	45.2	41.0	64.8	26.6	22.7	41	845°C-30mn, 空冷
" 42	0.42	0.43	0.65	0.00	—	66.6	28.8	48.9	39.0	6.2	71	820 " "
" 43	0.69	0.40	0.61	—	0.06	84.0	24.0	26.5	41.8	3.4	84	802 " "
" 44	0.94	0.41	0.63	—	—	93.8	20.0	28.9	45.5	2.3	90	800 " "
" 45	1.23	0.41	0.69	—	—	94.6	16.0	24.0	51.6	1.3	88	800 " "
A 41	0.13	0.10	0.41	—	—	37.0	45.0	70.5	22.0	29.3	28	870°C-30mn, 爐冷
" 42	0.42	0.10	0.49	0.00	—	52.2	28.0	46.8	24.0	6.7	37	820 " "
" 43	0.61	0.17	0.44	—	0.04	65.6	25.0	32.5	25.6	3.1	63	805 " "
" 44	0.88	0.26	0.42	—	—	68.0	23.0	32.5	28.2	2.3	71	800 " "
" 45	1.10	0.20	0.44	—	—	67.7	31.0	47.9	34.1	3.9	70	800 " "
B 41	0.23	0.22	0.55	—	—	42.5	40.0	64.0	22.9	23.4	36	845°C-30mn, 爐冷
" 42	0.42	0.43	0.65	0.00	—	62.4	26.0	44.7	32.9	5.7	64	820 " "
" 43	0.69	0.40	0.61	—	0.06	71.3	26.0	38.2	33.0	2.8	73	802 " "
" 44	0.94	0.41	0.63	—	—	74.0	26.0	43.7	38.4	3.6	76	800 " "
" 45	1.23	0.41	0.69	—	—	76.2	23.0	34.8	45.4	3.1	78	800 " "

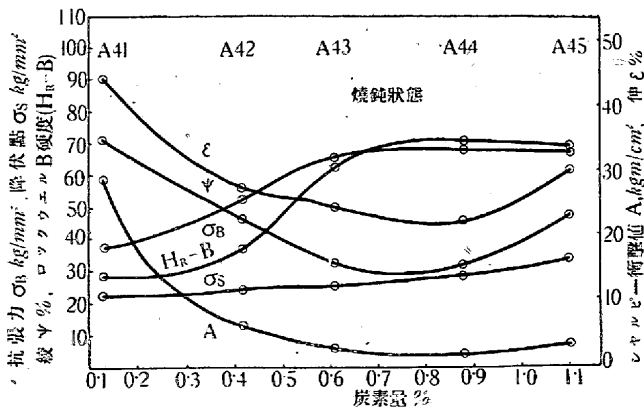
35X53 = 1855



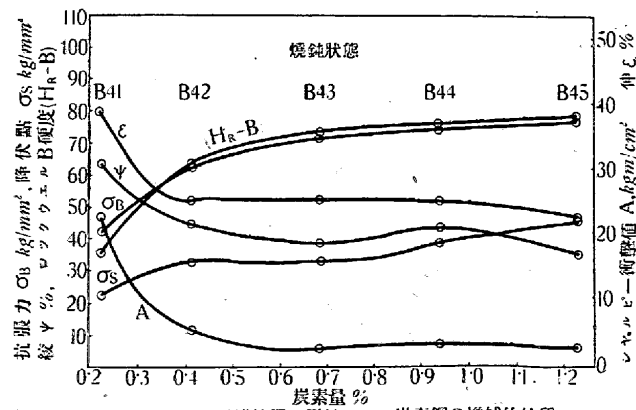
第 3 圖 海綿鐵を原料とする炭素鋼の機械的性質



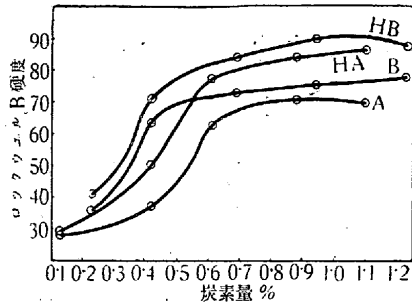
第 4 圖 平爐軟鋼を原料とする炭素鋼の機械的性質



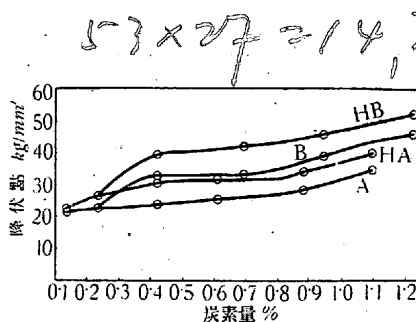
第 5 圖 海綿鐵を原料とする炭素鋼の機械的性質



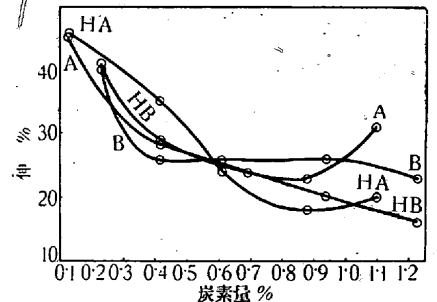
第 6 圖 平爐軟鋼を原料とする炭素鋼の機械的性質



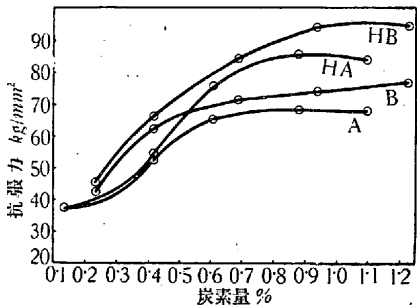
第 7 圖 ロックウェル B 硬度比較



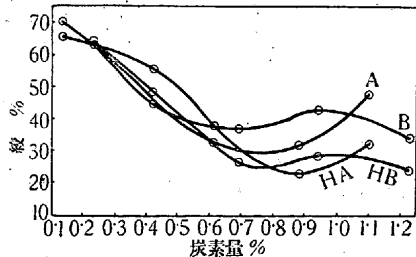
第 9 圖 降伏点比較



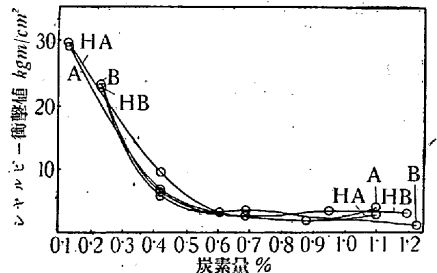
第 11 圖 伸比較



第 8 圖 抗張力比較



第 10 圖 粒比較



第 12 圖 シャルピー衝撃値比較

VII. 結果の考察

以上の試験結果に由れば海綿鐵を原料とする炭素鋼も屑鐵を原料とする炭素鋼もその機械的性質は高炭素のものに於て海綿鐵の方が僅に優つてゐる以外は略大差のない結果となつた。之は本試験に於て熔解に小型高周波爐を用ひたるため充分なる鎮靜を行ふ事を得ず用ひたる脱酸劑のアル

ミニウムがアルミナとして鋼塊中に止むを得ず殘存せる結果とも考へられ、又燒準、燒鈍の如き熱處理のみを行ひ燒入、燒戻せるものに就ての結果に非ざるためとも考へられる。然しながら後報に述べる如く之と同様の高周波爐を用ひたるニッケル・クロム鋼の試験結果より見れば一般に炭素鋼に於て海綿鐵と屑鐵と相違は小さく出るのは當然と考へられる。

屑鐵及び高純海綿鐵を原料とする各種鋼材の機械的性質の比較 (第二報) 炭素鋼に就いて (2)

(第 20 回講演大會講演, 昭 13. 10)

熱 田 友 二

COMPARISON OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEELS MADE FROM SCRAP IRON AND FROM SPONGY IRON. PART II: ON CARBON STEEL (2)

Tomozu Atuta

As for abstract of the general content, refer to p. 471

内 容

- I. 緒 論
- II. 海綿鐵を原料とする炭素鋼の熔製
- III. 屑鐵を原料とする炭素鋼の熔製
- IV. 試験片の製作
- V. 機械試験
- VI. 機械試験結果の比較—燒鈍せる場合の比較
- VII. 機械試験結果の比較
 - セメントタイトを球狀化せる場合の比較
- VIII. 機械試験結果の比較—燒入せる場合の比較
- IX. 機械試験結果の比較—燒入燒戻せる場合の比較
- X. 繰返し衝撃試験比較

- XI. 海綿鐵或は屑鐵を夫々原料とする炭素鋼の熱處理による機械的性質の變化
- XII. 顯微鏡組織
- XIII. 海綿鐵を原料とする鋼の特殊性に就て
- XIV. 總 括

I. 緒 論

本報告は第一報の續報である。第一報に於ては地金原料を夫々本溪湖製海綿鐵或は屑鐵とせる炭素鋼の燒鈍状態に於ける機械的性質を比較検討した。その結果本溪湖製海綿