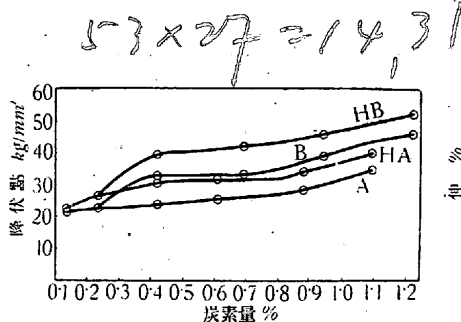
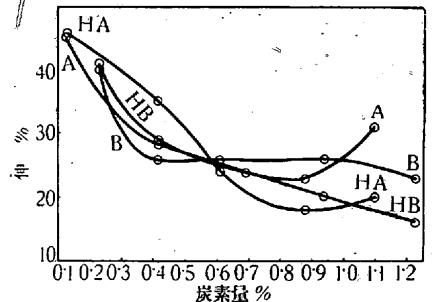


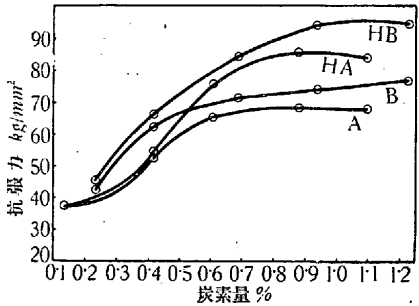
第 7 圖 ロツクウェル B 硬度比較



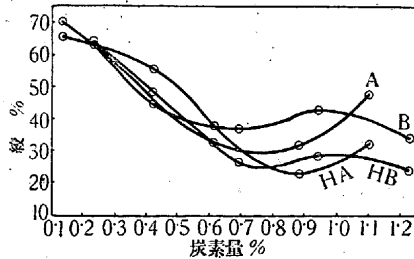
第 9 圖 降伏點比較



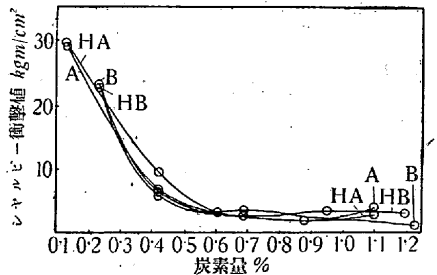
第 11 圖 伸比較



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す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

鉄を原料とせる炭素鋼は屑鉄原料のものよりも硬度、抗張力、降伏点は稍低く伸、絞、衝撃値に於ては兩者に大差がないと云ふ結果を得た。之等の比較研究に使用せる炭素鋼は全部金屬材料研究所の高周波爐により熔製したもので其の詳細は第一報で報告した通りであるが、海綿鐵原料の鋼と屑鐵原料の鋼の Mn, Si 含有量に相當の不同があり、又脱酸劑として金屬アルミニウムを使用せる爲の影響もあると考へられる。比較の正確を期するため今回新しく本溪湖製海綿鐵或は屑鐵を夫々原料とせる炭素鋼を熔製し、Mn, Si 含有量も兩者同一になるやうにし脱酸劑は總てフェロマンガ及びフェロクロムによる事とし金屬アルミニウムは全然使用しなかつた。尙熱處理も焼鈍の他、セメントを球狀化せる場合、更に焼入、焼戻の場合に就ても比較検討し今回は一部繰返衝撃試験をも試みた。本報告はこれ等の試験結果を纏めたもので、之によつて第一報の試験結果及びその考察が正しかつた事を證明し得た次第である。

II. 海綿鐵を原料とせる炭素鋼の熔製

熔製方法は第一報に報告せる通りであつて、異なるところは最後の脱酸に際し、アルミニウムの使用を差控えたことである。

かくして得た炭素鋼の組成は次に示す如き7種で炭素量

鋼塊番號	C %	Si %	Mn %	P %	S %
A 46	0.15	0.53	0.59	0.013	0.010
A 47	0.29	0.51	0.50	0.007	0.007
A 48	0.34	0.50	0.60	0.007	0.006
A 49	0.48	0.55	0.57	0.007	0.005
A 50	0.74	0.54	0.62	0.006	0.007
A 51	0.88	0.55	0.47	0.006	0.006
A 52	1.16	0.58	0.62	0.007	0.006

註(A)は海綿鐵原料なるを示す。

0.15%の軟鋼より炭素量 1.16%の超共析鋼に至る範圍のものである。

III. 屑鐵を原料とせる炭素鋼の熔製

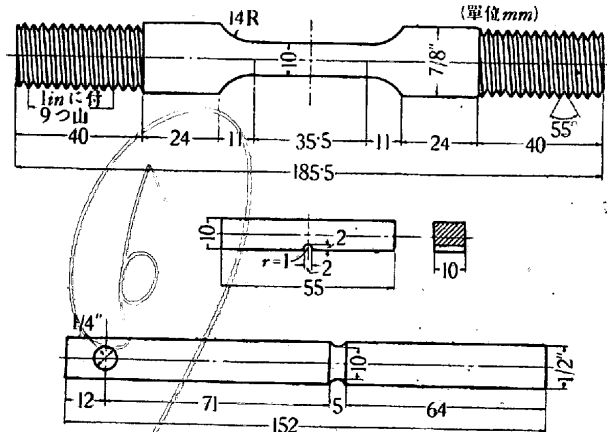
熔製方法は第一報におけると全く同様であつた。かくして得た鋼の組成は次に示す如く炭素量 0.17%の軟鋼より 1.18%の超共析鋼に至る範圍のもの8種である。

鋼管番號	C %	Si %	Mn %	P %	S %
B 46	0.17	0.63	0.64	0.015	0.027
B 47	0.19	0.60	0.58	0.017	0.026
B 48	0.38	0.65	0.72	0.022	0.027
B 49	0.48	0.68	0.78	0.017	0.025
B 50	0.54	0.61	0.62	0.017	0.026
B 51	0.71	0.62	0.61	0.016	0.025
B 52	0.96	0.64	0.61	0.013	0.023
B 53	1.18	0.63	0.61	0.004	0.022

註(B)は屑鐵原料なるを示す。

IV. 試験片の製作

各鋼塊は鍛工場に於て徑 25mm の丸棒に鍛造し、それより抗張試験片各 10 本、シャルピー衝撃試験片各 12 本、繰返衝撃試験片各 6 本を採り焼鈍して荒仕上げし所定の熱處理を終つてより仕上寸法まで仕上げ試験に供した。試験片の仕上寸法は第1圖に示す如くであつて抗張力試



第1圖 試験片寸法圖

験片は規格第4號を採用し平行部の直徑 10mm とした。シャルピー衝撃試験片も標準規格のものである。繰返衝撃試験片は山田良之助博士、淺川勇吉博士等の研究を参考としてその寸法を定めた。試験片の寸法を示すと第1圖の如くである。

V. 機械試験

抗張試験はオルゼン抗張試験機により、シャルピー衝撃試験は室温で試験した。又硬度はロツクウエル B 或は C を採用しシャルピー試験片につき試験した。抗張試験は各 1 本或は 2 本、シャルピー試験は各 2 本或は 3 本、硬度は

第1表 焼鈍せる場合の機械的性質の比較

鋼質種	抗張力 kgf/mm ²	降伏点 kgf/mm ²	伸 %	絞 %	ロツク ウエル B 硬度	シャル ピー値 kgm/cm ²	熱處理
A46	47.3	26.7	37.0	61.3	76.0	15.6	880°C-1h, 爐冷
A47	59.2	31.1	31.4	50.2	84.0	5.4	840 " "
A48	59.6	31.8	30.0	46.7	86.0	5.3	830 " "
A49	66.9	33.8	27.1	39.2	90.0	4.1	800 " "
A50	78.2	36.2	20.7	27.8	95.0	2.5	770 " "
A51	74.8	37.2	24.3	31.1	94.0	2.9	770 " "
A52	74.8	42.4	29.1	42.2	94.0	3.3	770 " "
B46	50.2	31.6	38.4	60.3	80.0	12.1	865°C-1h, 爐冷
B47	50.8	30.8	35.6	59.0	79.0	12.0	860 " "
B48	63.7	37.1	25.7	43.8	87.0	3.6	840 " "
B49	71.4	39.7	25.4	40.1	90.0	4.4	820 " "
B50	69.5	38.0	26.5	35.0	90.0	4.4	810 " "
B51	81.4	40.9	20.1	25.6	96.0	2.8	800 " "
B52	77.2	43.0	24.5	38.3	95.0	3.3	770 " "
B53	78.4	42.8	26.0	42.6	95.0	3.3	770 " "

第2表 セメントタイトを球状化せる場合の機械的性質の比較

鋼種	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸 %	絞 %	ロツク ウエル B硬度	シャル ピー 値 kgm/cm ²	熱處理
A46	44.9	28.6	40.0	69.8	76	29.7	第6表に示す
A47	53.1	33.3	36.2	66.5	81	10.5	如し
A48	52.9	32.6	37.0	68.6	81	13.7	"
A49	59.7	35.9	36.2	63.6	84	10.1	"
A50	64.7	40.1	32.5	59.1	92	10.8	"
A51	65.3	40.0	30.2	57.3	92	8.0	"
A52	72.8	42.9	21.5	37.7	93	2.8	"
B46	49.8	33.4	36.7	70.2	81	25.0	第6表に示す
B47	49.8	33.4	38.4	69.8	80	24.6	如し
B48	60.0	39.2	37.0	63.6	88	19.3	"
B49	65.5	42.5	33.9	61.7	89	12.2	"
B50	63.5	43.1	36.7	66.5	90	16.4	"
B51	69.4	48.6	33.9	63.3	91	7.2	"
B52	73.2	52.2	29.9	45.2	94	5.6	"
B53	71.8	48.9	20.1	29.6	94	3.4	"

第3表 焼入れせる場合の機械的性質の比較 (油焼入, 焼戻せず)

鋼種	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸 %	絞 %	ロツク ウエル B硬度	シャル ピー 値 kgm/cm ²	熱處理
A46	65.0	43.0	27.3	69.9	44	17.4	880°C(40mn), 890°C(40mn)
A47	75.5	47.9	26.7	64.1	52	3.6	840 " "
A48	89.6	—	24.6	64.1	52	4.6	830 " "
A49	104.5	—	14.1	45.8	61	1.3	800 " "
A50	132.3	—	~0	~0	65	0.8	770 " "
A51	105.2	—	~0	~0	67	0.5	810 " "
A52	114.9	—	~0	~0	66	0.5	910 " "
B46	65.2	42.7	35.2	63.5	42	15.6	870°C(40mn), 890°C(40mn)
B47	76.0	—	28.9	61.0	41	14.3	865 " "
B48	154.7	—	—	—	54	2.3	820 " "
B49	207.9	—	~0	~0	59	1.2	800 " "
B50	193.0	—	~0	~0	61	1.1	790 " "
B51	113.4	—	~0	~0	66	0.4	770 " "
B52	114.4	—	~0	~0	66	0.4	820 " "
B53	119.8	—	~0	~0	66	0.5	920 " "

第4表 焼入れ, 焼戻しせる場合の機械的性質の比較(油焼入, 焼戻 450°C)

鋼種	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸 %	絞 %	ロツク ウエル C硬度	シャル ピー 値 kgm/cm ²	熱處理
A46	59.4	42.2	30.5	72.4	40	25.5	880°C(40mn), 890°C(40mn), 450°C(1h)
A47	76.4	49.5	24.6	61.0	48	9.2	840 " 840 " "
A48	86.7	60.1	21.1	62.6	47	10.4	830 " 830 " "
A49	108.5	—	14.0	44.0	51	7.2	800 " 810 " "
A50	141.6	—	12.3	30.7	53	3.9	770 " 780 " "
A51	149.0	—	12.7	30.0	55	3.6	810 " 780 " "
A52	142.0	—	5.8	10.0	55	0.9	910 " 780 " "
B46	63.4	46.8	31.7	66.9	41	23.4	870°C(40mn), 890°C(40mn), 450°C(1h)
B47	73.3	55.0	28.9	68.5	40	23.8	865 " 870 " "
B48	104.0	—	15.8	40.2	50	5.4	820 " 820 " "
B49	120.3	—	12.3	30.0	51	4.4	800 " 810 " "
B50	130.0	—	14.4	43.9	52	4.8	790 " 790 " "
B51	146.3	—	10.9	28.9	55	3.0	770 " 780 " "
B52	159.6	—	9.2	17.4	55	2.0	820 " 780 " "
B53	153.5	—	5.8	10.0	55	1.1	920 " 780 " "

第5表 焼入れ, 焼戻しせる場合の機械的性質の比較(油焼入れ, 焼戻し 650°C)

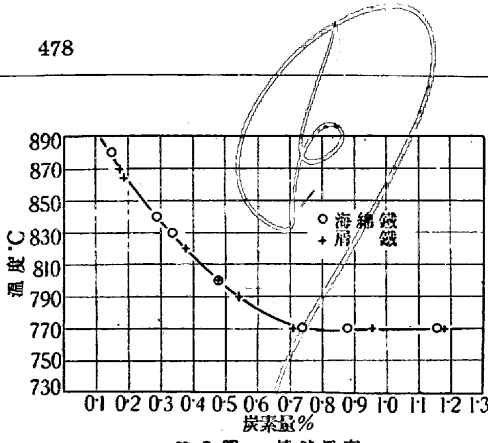
鋼種	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸 %	絞 %	ロツク ウエル C硬度	シャル ピー 値 kgm/cm ²	熱處理
A46	53.8	36.7	39.1	74.9	37	35.0	880°C(40mn), 890°C(40mn), 650°C(4h)
A47	64.9	40.5	30.5	69.9	40	21.6	840 " 840 " "
A48	67.3	43.6	33.7	69.9	41	17.9	830 " 830 " "
A49	79.4	54.6	27.3	64.1	43	14.7	800 " 810 " "
A50	85.6	70.4	27.3	57.9	45	8.8	770 " 780 " "
A51	90.0	75.2	25.0	52.9	46	5.7	810 " 780 " "
A52	90.8	74.3	16.2	34.2	46	1.4	910 " 780 " "
B46	55.9	40.7	40.8	72.4	36	28.1	870°C(40mn), 890°C(40mn), 650°C(4h)
B47	60.4	44.0	34.5	72.4	37	26.5	865 " 870 " "
B48	73.9	57.7	25.3	64.1	42	17.0	820 " 820 " "
B49	82.2	67.0	23.9	62.5	44	12.7	800 " 810 " "
B50	81.4	68.8	32.0	62.5	44	10.5	790 " 790 " "
B51	89.8	76.7	25.0	50.0	46	7.7	770 " 780 " "
B52	91.9	77.5	25.0	47.6	46	3.3	820 " 780 " "
B53	89.4	75.0	16.2	25.0	46	2.2	920 " 780 " "

各9ヶ所の平均である。
繰返し衝撃試験はアム
スラー型試験機により
破壊に要する打撃回数
を以て比較する事とし
た。試験結果を第1表
より第5表に示す。

VI. 機械試験 結果の比較 焼鈍せる場 合の比較

試験片は總て所要の
焼鈍を終了してより仕
上げした。焼鈍温度は
Sauveur, Epstein,
Gregg, Bullens 等
の著書を参考して第2
圖に示す如きものとし
た。機械試験結果は第
1表に示す如し。

1. 硬度試験 硬度は
ロツクウエル B スケ
ールによりシャルピー試
験片につき測定せるも
ので9ヶ所の平均硬度
を示す。今 A 鋼, B 鋼



第2圖 燒鈍溫度

即ち本溪湖製海綿鐵を原料とせるA鋼と屑鐵を原料とせるB鋼の硬度を比較すると第3圖に示す如くなる。

圖によると、A、B兩者に硬度の大なる差は認められないが炭素量約0.6%以上の高炭素の場合にはAはBよりも硬度が僅少なから低くなつてゐる。

2. 抗張力比較 第4圖に示す如くAの抗張力はBよりも明かに低くなつてゐる。圖では硬度の場合と同様炭素量約0.6%以上のとき抗張力の差は一層顯著である。

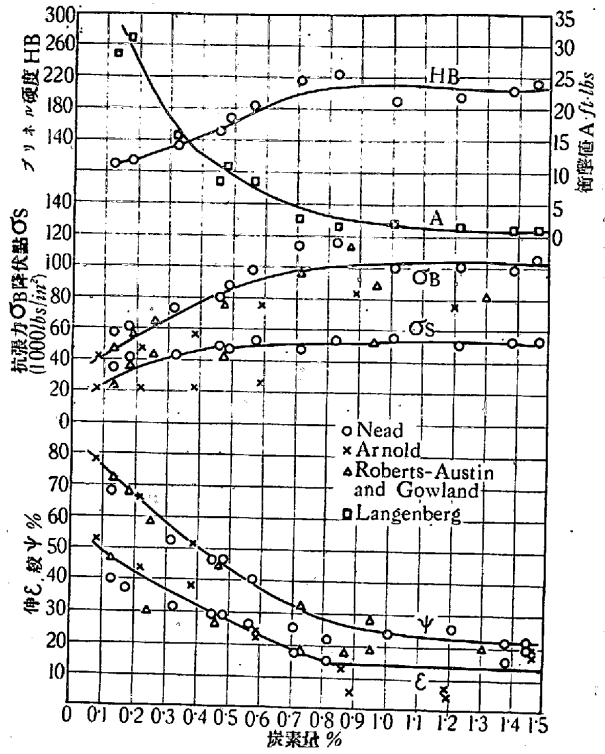
3. 降伏點比較 降伏點の比較を第5圖に示す。A鋼はB鋼よりも降伏點が著しく低く5 kg/mm² 位低くなつてゐる。

4. 伸比較 第6圖に示す如く伸はA鋼の方がB鋼の方よりも僅少なから大きい。

5. 絞比較 第7圖に示す如くA、B鋼の間に差を認められない。伸及び絞曲線に最小點の存在するは熱處理の關係上多少セメントタイトの球狀化が起つたものと考へられる。

6. シヤルピー衝撃値比較 シヤルピー衝撃値の比較は第8圖に示す如くで絞の場合と同様A鋼、B鋼の間に差を認められない。

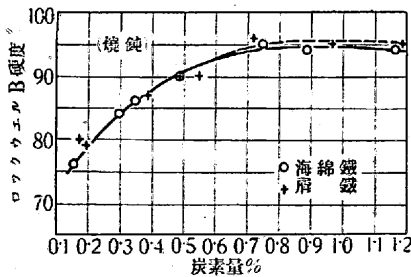
7. 試驗結果の考察 燒鈍せる場合につき以上比較せるところを要約すると硬度、抗張力、降伏點は海綿鐵原料の



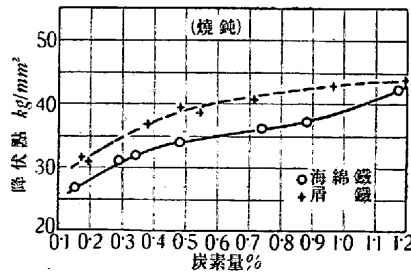
第9圖

A鋼の方が低くて、伸は反對に僅に大きく、絞、シヤルピー衝撃値に於ては海綿鐵、屑鐵何れを原料とするも略同様な數値が得られ明瞭な差異は認められなかつた。之は第一報に報告せる結果と大體一致する。硬度、抗張力、降伏點に於てA鋼の方がB鋼に較べてかくも明瞭に低いから伸、絞、シヤルピー値等展延性、靱性の方に於ては反對に海綿鐵製のA鋼の方が大きく出るやうに一應は考へられるが實際には展延性、靱性の方には差異が認められない。

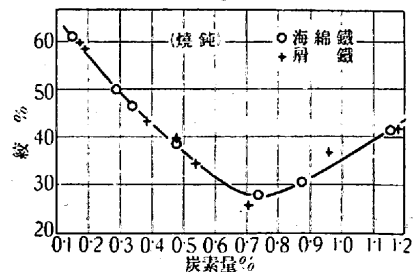
Sisco (Alloys of Iron and Carbon Vol. II) によると Nead, Langenberg の研究せる 0.20~0.67% Mu



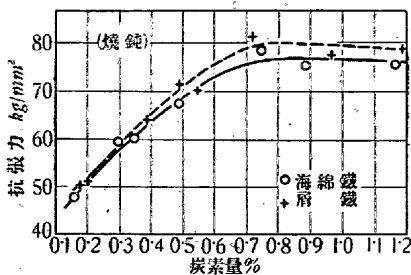
第3圖 硬度比較



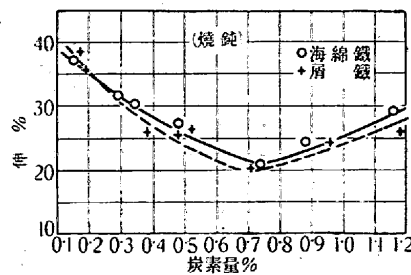
第5圖 降伏點比較



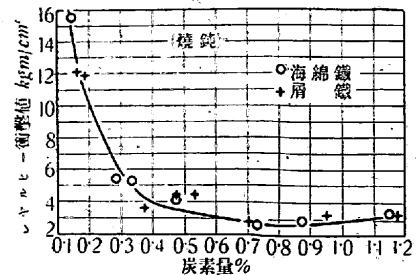
第7圖 絞比較



第4圖 抗張力比較



第6圖 伸比較



第8圖 シヤルピー衝撃抵抗力比較

0.011~0.027% P, 0.027~0.043% S, 0.12~0.19% Si を含有する炭素鋼を炭素量 0.14% より 1.46% に至る範囲のものにつき焼鈍せる場合の機械的性質と Arnold の研究せる 0.01~0.15% Mn, 0.03~0.08% Si, 0.02% P, 0.01~0.03% S を含有するかなり純度の高いルツボ鋼の炭素量 0.08% より 1.47% に至る範囲のものにつき焼鈍せる場合の機械的性質とを比較してゐるが、これによると第9圖に示す如く Arnold の方の純度の高い炭素鋼は Nead, Langenberg 等の普通の炭素鋼と比較して伸、絞等には差はないが抗張力、降伏點に於て Arnold の値は Nead, Langenberg の値よりも甚だ低く出てゐる。この原因の一部は Arnold の試験材がその純度に於て Nead, Langenberg のものよりも優つてゐる爲であると Sisco は説明してゐる。著者は A 鋼の原料として比較的純度高き海綿鐵を使用してゐるから A 鋼 B 鋼を夫々 Arnold と Nead and Langenberg の研究に對應せしめるならば、著者の試験結果を良く説明する事が出来る。純度高きカーボニール鐵より作れる鋼と普通の市場鋼の機械的性質その他を比較研究せる Ernst Kurt Offermann 等による「Mitteilung aus dem Forschungs-Institut der Kohle-und Eisenforschung. G. m. b. H., Dortmund. 1 (1936) 85」純度高きカーボニール鐵を原料

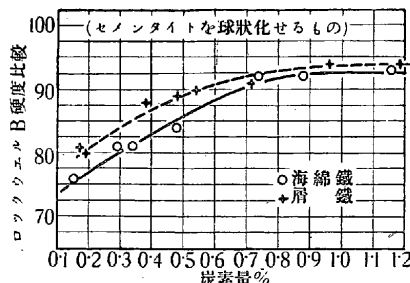
とせる鋼は一般市場鋼よりも抗張力、降伏點は低く、伸、絞、衝撃値には大差なき事を發表してゐるが純度高き海綿鐵を原料とせる鋼と屑鐵を原料とせる鋼の機械的性質を比較せる結果が Offermann 等の研究結果と良く類似せるは興味ある事である。A 鋼 B 鋼の機械的性質を比較するに當り顯微鏡寫眞例へば No. 1~No. 4 に示されてゐる如く A 鋼には大きな特徴がある事が認められる。即ち A 鋼の結晶粒の大きさは B 鋼のそれよりも大きく又形状も異つてゐて之等の事實も亦 Offermann 等の指摘せるところである。A 鋼の有する之等の特殊性に就ては後述する。

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

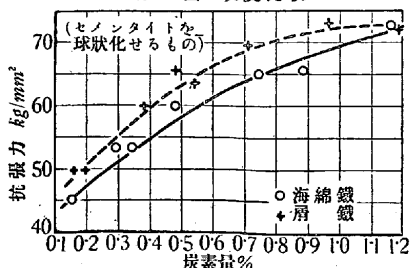
試験片はセメントタイトの球狀化熱處理終了後仕上げた。

第6表 セメントタイト球狀化熱處理

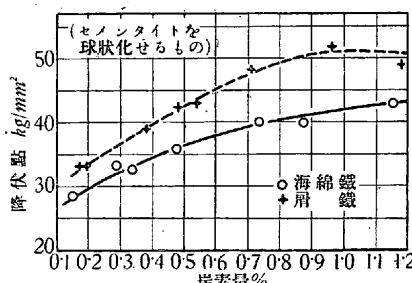
鋼種	焼 準	焼 入	セメントタイト球狀化
A46	880°C-30mn 保持, 空冷	890°C-30mn 保持, 油焼	750°C-10mn 保持, 690°C まで爐冷, 750°C まで再び加熱, 750°C-10mn 保持, 再び 690°C まで爐冷, 今一度此の操作を繰返し室溫まで爐冷
A47	840 " "	840 " "	
A48	830 " "	830 " "	
A49	800 " "	810 " "	
A50	770 " "	770 " "	
A51	810 " "	770 " "	
A52	910 " "	770 " "	
B46	870°C-30mn 保持, 空冷	890°C-30mn 保持, 油焼	同 上
B47	865 " "	890 " "	
B48	820 " "	870 " "	
B49	800 " "	820 " "	
B50	790 " "	810 " "	
B51	770 " "	790 " "	
B52	820 " "	770 " "	
B53	920 " "	770 " "	



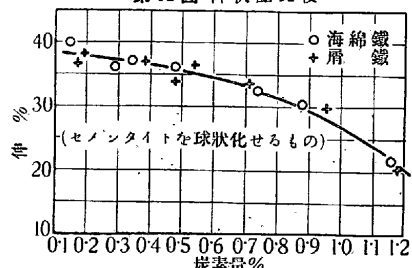
第10圖 硬度比較



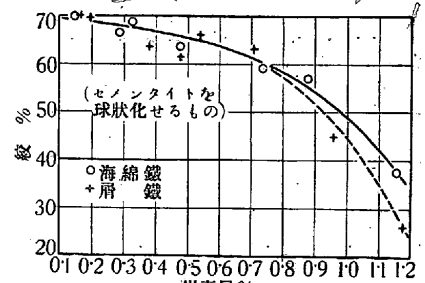
第11圖 抗張力比較



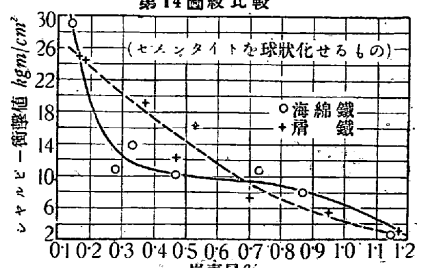
第12圖 降伏點比較



第13圖 伸比較



第14圖 絞比較



第15圖 シャルピー衝撃力比較



セメントサイトを球状化するに當り第6表に示す如き熱處理を行つた。

先づ試験片を焼準し次に油焼入れしてより A_1 點を4回通過(往復各2回)せしめて爐冷した。

1. 硬度比較 (第10圖) 焼鈍の場合と同様ロツクウェル B スケールで測定したものである。今 A 鋼と B 鋼の硬度を比較すると A 鋼の硬度は B 鋼の硬度よりも遙に低く、その差は焼鈍せる場合よりも甚だしく又焼鈍せる場合とは反對に炭素量が約 0.7% 位より低い鋼に於て差は大きくなってゐる。而も A, B 共に夫々その硬度は焼鈍の場合よりも低くなつてゐる。

2. 抗張力比較 A 鋼, B 鋼の抗張力の比較を第11圖に示す。セメントサイトを球状化せる場合も矢張り A 鋼の抗張力は B 鋼よりも常に小さく、硬度の場合と同様焼鈍せる場合とは反對に炭素量の少い鋼の方が其の差大きく又セメントサイトを球状化せる場合の抗張力は A 鋼, B 鋼共に夫々其等の焼鈍の場合よりも低い。

3. 降伏點比較 第12圖に示す如く A 鋼の降伏點は B 鋼よりも著しく低く焼鈍せる場合とは反對に高炭素のもの程その差は著しい。又 A 鋼 B 鋼共にその降伏點は夫々焼鈍せる場合よりも高くなつてゐる。

4. 伸比較 伸の比較を第13圖に示す。焼鈍せる場合は A 鋼の伸は B 鋼よりも僅少なから大きかつたがセメントサイトを球状化せる場合は A, B の間に差を認められなかつた。

5. 絞比較 絞の比較を第14圖に示す。炭素量約 0.7% 位迄の間では A, B 兩者に差はないが共析以上のものにありては A 鋼の絞は B 鋼よりも大きく、その差は炭素量の増加と共に増大するやうである。

6. シャルピー衝撃値比較 シャルピー衝撃値の比較を第15圖に示す。A 鋼, B 鋼共にシャルピー値は夫々焼鈍せる場合よりも著しく大きくなってゐるが炭素量 1.2% 附近の極く炭素量の高い超共析鋼では其の差は大きくない。さてセメントサイトを球状化せるもの、A 鋼 B 鋼のシャルピー値を比較するに三つの部分に區別して考へたい。第一の部分は炭素量約 0.2% 以下の部分で A 鋼のシャルピー値は B 鋼のそれよりも大きく炭素量約 0.2% より約 0.7% 迄の範圍では反對に B 鋼の方が大きく第三の部分は炭素量約 0.7% 以上の炭素量を含有する場合で A 鋼のシャルピー値は B 鋼よりも大きくなってゐる。第一の部分即ち炭素量約 0.2% 以下のものにありては脆性の主要因た

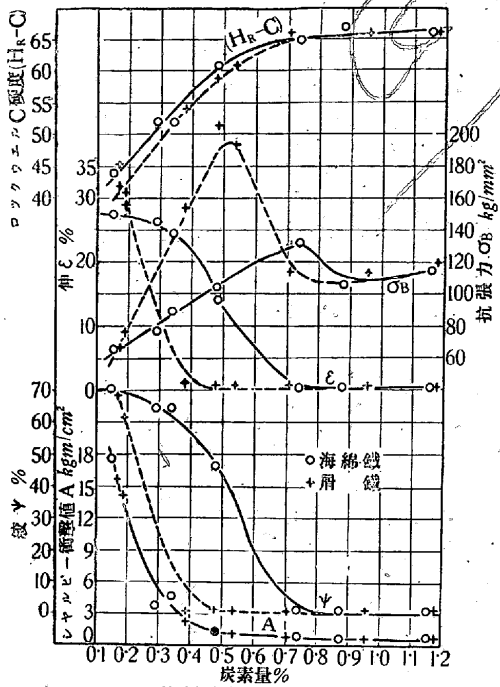
る球状セメントサイトの量が僅少であるので地鐵の靱性が大きく影響してゐる爲 A 鋼は B 鋼よりもシャルピー値が大きく地鐵の靱性が B 鋼よりも優る事を示してゐると考へたい。ところが炭素量約 0.2~0.7% の範圍のものにありては球状セメントサイトの量も相當多く且顯微鏡寫眞例へば No.5, No.6 でも明瞭に了解出来る如く A 鋼の地鐵の結晶粒は B 鋼よりも著しく大きく、B 鋼では球状セメントサイトがかなり一様に分布してゐるに反し、A 鋼の球状セメントサイトは粒も大きく且地鐵の大なる結晶粒の境界に存するためこれが脆性に及ぼす影響は B 鋼の場合よりも A 鋼に於て一層著しく、かくて炭素量約 0.2~0.7% の範圍のものにありては A 鋼のシャルピー値は終に B 鋼よりも劣る事となつたものと考へ度いのである。之が第三の部分即ち炭素量約 0.7% 以上のものにありては A 鋼 B 鋼共に球状セメントサイトの量も多く且兩者共略一様に分布してゐるから従つてこの範圍の鋼のシャルピー値は A, B を比較する場合地鐵の靱性が大きく影響し丁度炭素量約 0.2% 以下の鋼に於ける場合と同様な意味でこの第三の部分では A 鋼のシャルピー値は B 鋼よりも大きくなるものと思ふ。

7. 試験結果の考察 セメントサイトを球状化せるものは A 鋼 B 鋼とも夫々焼鈍せる場合よりも硬度、抗張力を減じ伸、絞及び衝撃値を増してゐる。A 鋼, B 鋼の衝撃抗力比較に當り複雑な關係があるが前述の如く著者は説明した次第で總ては海綿鐵の純度高き事に原因する特殊性によるものである。

VIII. 機械試験結果の比較— 焼入れせる場合の比較

1. 機械試験結果の比較 A, B 鋼を夫々油焼入れして何等焼戻せざる場合につき比較した。焼入れ放しのものにつき検討する事は焼入れ、焼戻せる場合の説明に必要であるからであつて A, B 鋼の焼入れ組織の比較が目的であるが順序として焼入れ放しの状態に於ける A, B 鋼の機械的性質を比較した。抗張試験片は焼準して荒仕上し焼入れ後平行部を研磨仕上した。シャルピー試験片は焼準後仕上寸法まで仕上げ、真空爐で熱し焼入れしてそのまま試験に供した。試験結果は第3表に示す如くで A, B 鋼の比較を第16圖に示す。

焼入れ放しの儘即ちマルテンサイト組織のものゝ抗張試験は甚だ困難が多く試験片の數も少ないことからしてこゝに示す試験結果は Nead, Langenberg, British Steel



第16圖(油焼入せるもの)

かくの如き結果となつたものと考へられる。

先づ硬度を比較するに含炭量約 0.7% 以下のものにおいて A 鋼の硬度は B 鋼よりも高く含炭量これ以上のものにおいて A, B 鋼共略同様な硬度を示してゐる。抗張力に於ては A 鋼は約 0.75% の炭素量を有するものに又 B 鋼では炭素量 0.5% 附近のものが各最高抗張力を有し超共析鋼では A 鋼 B 鋼の抗張力は等しくなつてゐる。

伸及び絞の比較で A, B 鋼の間に相當大きな差があり伸、絞共に A 鋼では含炭量 0.7% 位で殆ど零となるが B 鋼にありては含炭量 0.4~0.5% 位で已に零に近くなつてゐる。

シャルピー衝撃値に於ては焼鈍の場合と同様 A, B の間に差異を認め難い。

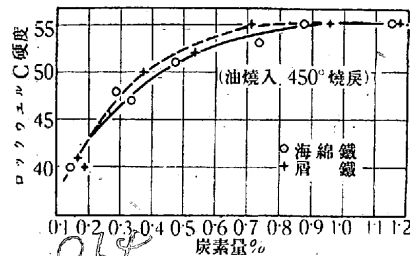
2. 試験結果の考察 焼入放しの状態に於ける A 鋼, B 鋼の機械的性質の相違を説明する事は前述の如く伸々容易ではないが顕微鏡寫眞 (No. 7~10) に示されてゐる焼入組織を見るも A 鋼 B 鋼の間に大なる相違がある。特に含炭量の少ない鋼程之を明瞭に認める事が出来る。即ち A 鋼のマルテンサイトの結晶粒の大きさは B 鋼のものよりも著しく大きいと云ふ事と、更に A 鋼では炭素量の低い場合マルテンサイトと共存するトルースタイトの發達が著しく B 鋼に比較して格段の相違がある事である。これは A 鋼は B 鋼よりも Ar の變態速度が著しく大なる事を示すものであり、之を詳細に考へるに A 鋼のマルテンサイト結晶粒の大なる事は A 鋼の地鐵原料海綿鐵の純度

Research Comitte 等の報告と比較するも多少の相違があるが何しる焼入れ放しの抗張試験は試験材、實驗者、實驗方法及び試験片の形狀寸法等に影響される事は甚大であるので

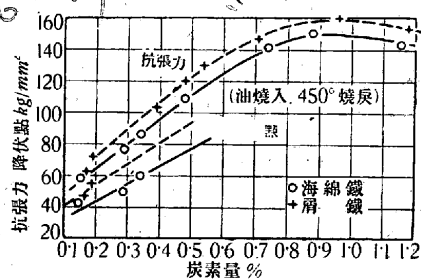
高き事によるものであつてトルースタイトの發達大なるは $\gamma \rightarrow \alpha$ の變態速度並に γ, α に於ける炭化物の擴散速度が A 鋼は B 鋼よりも著しく大きいと云ひ得ると思ふ。尚 A 鋼と B 鋼の高炭素の方のものも比較するに矢張りこの關係があつて A 鋼のマルテンサイトは B 鋼のマルテンサイトよりもその結晶粒粗大で B 鋼よりも多量のトルースタイトを發見する事が出来る。

IX. 機械試験結果の比較—焼入 焼戻せる場合の比較

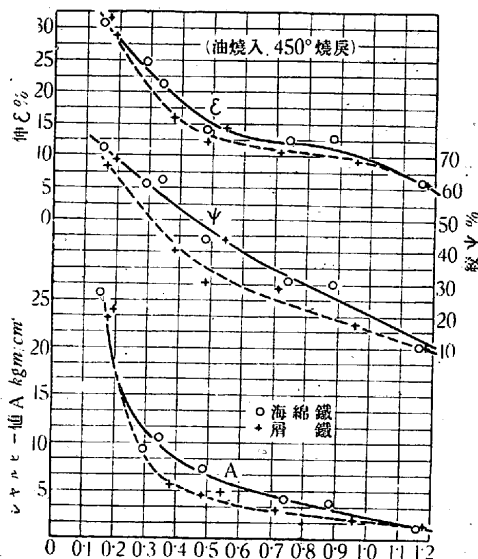
1. 450° に焼戻せる場合の比較 試験片は豫め焼準し荒仕上げして後第4表に示す温度より油中焼入しこれを



第17圖 硬度比較



第18圖 抗張力、降伏點比較



第19圖 伸長、シャルピー衝撃値比較

450° に 1 焼戻し油冷して後研磨仕上げした。シャルピー試験片のみは焼準の後仕上げ寸法まで仕上げ真空爐で焼入、焼戻を施しそのまま試験に使用した。試験結果は第4表に示す。

(1) 硬度比較 450° に焼戻せる A, B 鋼の硬度を比較するに共に焼入放しの場合よりも硬度は減じ殊に高炭素のものに於て著しく低下してゐる。A 鋼 B

鋼の硬度を比較するに第17圖に示す如く炭素量 0.5% 位より 0.9% 位の範圍のものにありては A 鋼の硬度は B 鋼よりも低く炭素量 0.3% 以下及び 0.9% 以上のものにあ



りては A, B の硬度に差を認め難い。

(2) 抗張力, 降伏點比較 第 18 圖に示す如く A, B の抗張力を比較するに A 鋼は B 鋼よりも最高約 10 kg/mm² 位低くなつてをり常に B 鋼の抗張力よりも小さくなつてゐる。又降伏點も A は B より低い。

(3) 伸比較 第 19 圖に示されてゐる如く A 鋼の伸は B 鋼の伸よりも明瞭に大きく出てゐる。

(4) 絞比較 第 19 圖に示されてゐる如く A 鋼の絞は B 鋼よりも非常に大きい。

(5) シヤルピー衝撃抗力比較 同じく第 19 圖に示されてゐる如く A 鋼 B 鋼共に夫々焼鈍せる場合の衝撃値よりも大きく、焼鈍の場合には A, B 鋼に差を認められなかつたが焼入れして 450° に焼戻しせるこの場合に於ては A 鋼の衝撃値は B 鋼よりも大きくなつてゐる。炭素量約 0.2% 以下及び 1.1% 以上のものにありては大差ないやうに思はれるが炭素量約 0.5~0.6% の範囲のものにありては A 鋼のシヤルピー値は甚だ大である。即ち焼入焼戻したものに於て海綿鐵を原料とせる炭素鋼のシヤルピー値が始めて屑鐵製炭素鋼のシヤルピー値よりも大となさしめ得たのである。

(6) 650° に焼戻せる場合の比較 前節の 450° 焼戻の代りに焼戻温度を 650° としこの温度に 40mm 保持して油冷した。機械試験結果は第 5 表に示す。

(1) 硬度比較 450° 焼戻の場合よりも焼戻温度が高いから A 鋼 B 鋼共に夫々 450° 焼戻の場合よりも硬度は低くなつてゐる。650° 焼戻に於ける A 鋼 B 鋼の硬度を

比較するに第 20 圖に示す如くで 450° 焼戻の場合と非常に良く似てゐる。即ち炭素量 0.3% 位より 0.9% 位の範囲の鋼にありては B 鋼の硬度は A 鋼よりも高く 0.3% 以下及び超共析鋼に於ては差異はない。

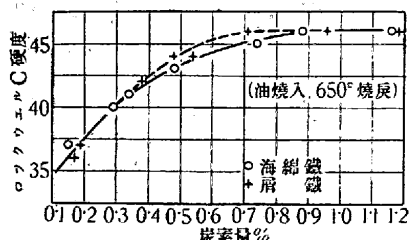
(2) 抗張力比較 硬度の場合と同様に 450° の場合よりも抗張力は減じてゐる。A, B 鋼の 650° 焼戻に於ける抗張力を比較すると第 21 圖に示す如く B 鋼の抗張力は A 鋼よりも大きい。

(3) 降伏點比較 降伏點比較を第 22 圖に示す。B 鋼の降伏點は明かに A 鋼よりも大で殊に亞共析鋼に於てはその差著しい。

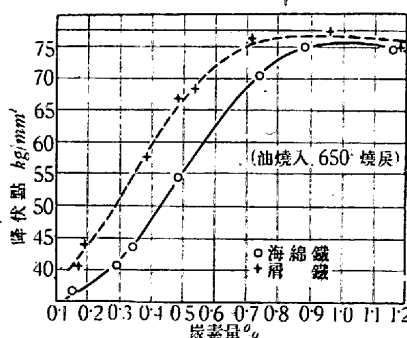
(4) 伸比較 伸の比較を第 23 圖に示す。450° 焼戻の場合よりも A, B 鋼共に著しい伸の増加があり伸曲線の形状は 450° 焼戻の場合と非常に良く似てゐるが第 23 圖に示されてゐる如く A 鋼, B 鋼の伸の差は認め難い。焼入放しの場合 450° 焼戻の場合及び 650° 焼戻せる場合の各 A, B 鋼の伸を比較検討するに焼入放しの時が A, B 鋼の伸の差最も著しく焼戻の温度が高くなるに従て伸の量は著しく増加するが A, B 鋼の伸の差は段々減少して行く事が判る。A, B 鋼の伸の關係は段々セメントを球状化せる場合に似て來るやうに思はれる。(球状化するにあたり焼入を行つてゐる)

(5) 絞比較 絞比較を第 24 圖に示す。A, B 鋼共に夫々 450° 焼戻の場合よりも絞は大きくなつてゐるが依然 A 鋼の方が大きく炭素量が増加する程その差は僅少なから増大するやうに見える。又曲線の模様から見てもセメン

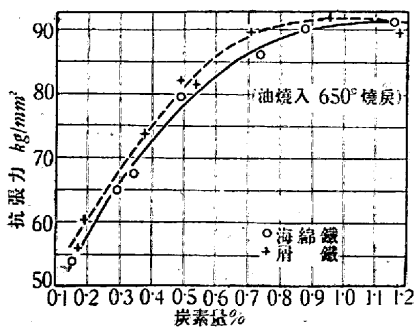
25X.5 32/325



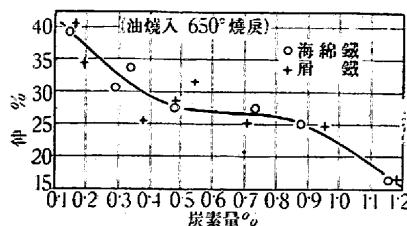
第 20 圖 硬度比較



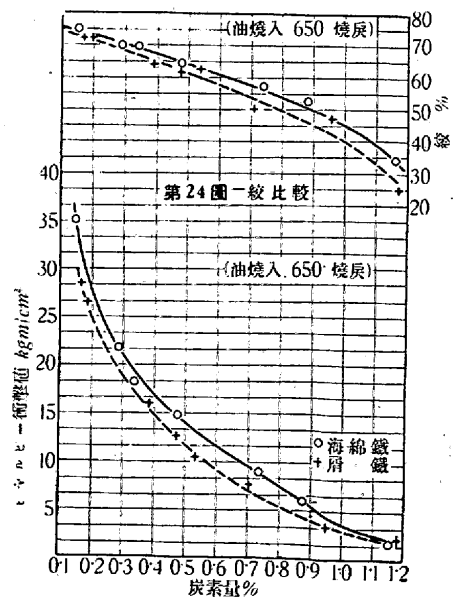
第 22 圖 降伏點比較



第 21 圖 抗張力比較



第 23 圖 伸比較



第 24 圖 絞比較

シヤルピー衝撃抗力比較

タイトを球状化せる時の絞の比較に似て居るやうである。

(6) シャルピー衝撃抗力比較 650° 焼戻の場合のシャルピー値は 450° 焼戻の場合より著しく増大してゐる。殊に炭素量の少ない鋼に於て著しい。A, B 鋼のシャルピー値を比較するにその差は第 25 圖に示す如く著しく且明瞭である。

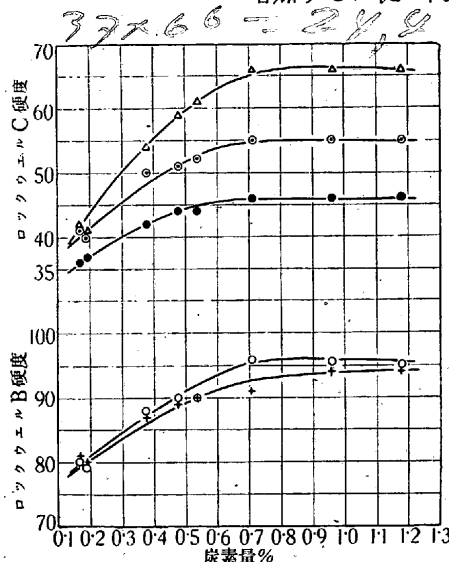
3. 試験結果の考察 焼鈍せる場合硬度、抗張力、降伏點に於ては海綿鐵鋼は屑鐵鋼よりもその値が低く展性、靱性の方に於ては餘り差がない事は本報でも第一報でも報告した通りであるが焼入、焼戻せる場合に於ては展性、靱性に於て海綿鐵鋼が甚だしく優秀である結果を得た。之は第一報にも述べた如く岩瀬博士の豫言と全く一致するものである。前節で述べた如く焼入の儘では A 鋼の結晶粒は B 鋼のものより甚だ大であるが之を焼戻して行くとセメントタイトの析出でソルバイト組織となり A 鋼の結晶粒の大きさも大いに小さくなり A 鋼, B 鋼の本當の意味での比較が初めて可能であると思はれる。

X. 繰返衝撃試験比較

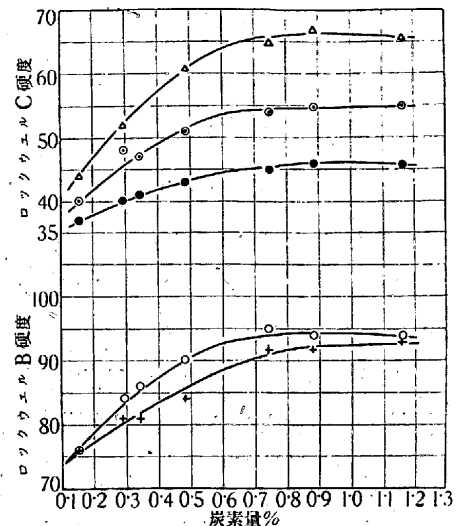
試験片は第 1 圖に示すものを採用しアムスラー型繰返衝撃試験機を使用

した。焼鈍の場合と 450°~1h 焼戻の場合につき比較した。試験結果の比較は第 26 圖及び第 27 圖に示す如し。

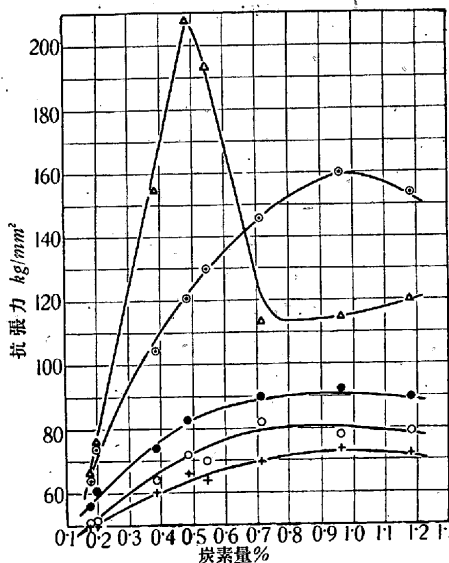
一鋼種より採り得る試験片に制限があるので試験片の破壊に要する打撃回数を以て比較し、圖に示す各點は 3 本平均の値である。先づ焼鈍の場合には A, B 鋼共に炭素量が増加するに從て衝撃抗力を減じて行くが丁度炭素量 0.9%



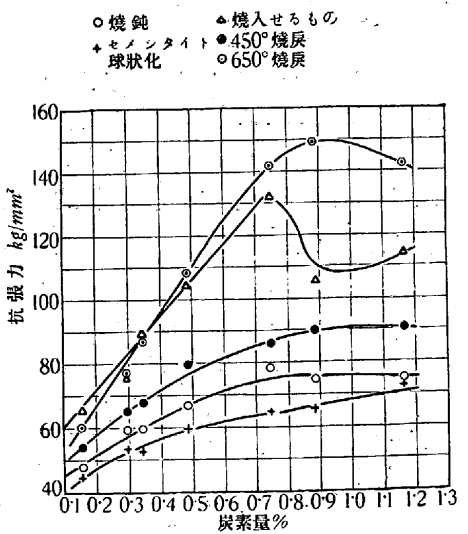
第 28 圖 屑鐵製炭素鋼



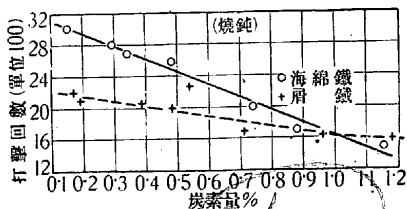
第 29 圖 海綿鐵製炭素鋼



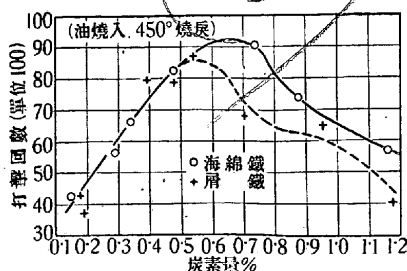
第 30 圖 屑鐵製炭素鋼



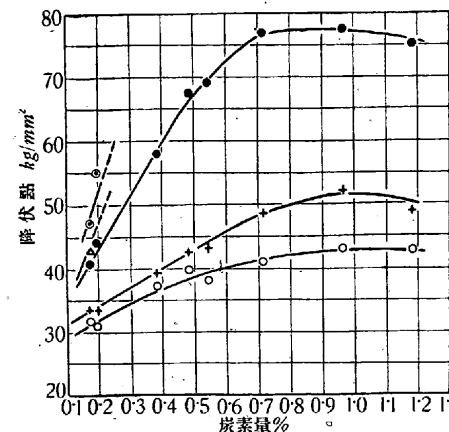
第 31 圖 海綿鐵製炭素鋼



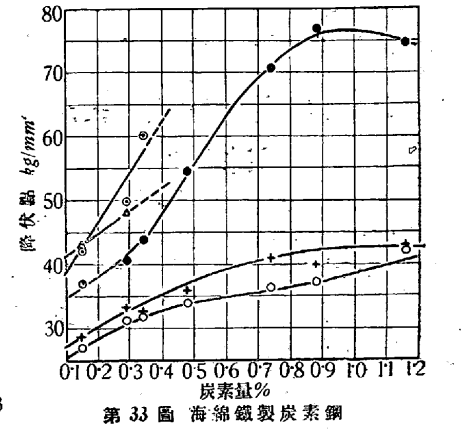
第 26 圖 繰返し衝撃疲勞試験比較



第 27 圖 繰返し衝撃疲勞試験比較



第 32 圖 屑鐵製炭素鋼



第 33 圖 海綿鐵製炭素鋼



附近で A 鋼の曲線と B 鋼の曲線が交り亞共析鋼の範圍では A 鋼の方が強く、超共析鋼では却つて B 鋼の方が強くなつてゐる。450° 焼戻の場合に就て見るに A, B 鋼の線

1. 焼鈍の場合 海綿鐵を原料とするものは屑鐵を原料とするものに比し結晶粒が大きくパーライトが大きく分布してゐる。

返衝撃抗力は焼鈍の場合よりも著しく増加してゐる。A, B 鋼共に極大點を有し A 鋼では炭素量 0.6~0.7% 附近, B 鋼では 0.5~0.6% 附近にある。炭素量 0.5% 以下の鋼にありては A, B 鋼の線返衝撃抗力に差はなく, B 鋼では 0.5~0.6% 位の含炭量の時極大を示し以後炭素量を増すに従て抗力が減少するに反し A 鋼は含炭量 0.6~0.7% で極大を示しそれ以上の含炭量のものにありては B と同様減少してゐるが B よりは抗力大である。

以上種々の熱處理による機械的性質につき海綿鐵を原料とする炭素鋼と屑鐵原料の炭素鋼とを比較検討したが次には便宜上各種の熱處理による性質變化を知るに便なるやう圖示することとした。

XI. 海綿鐵或は屑鐵を夫々原料とする炭素鋼の熱處理に因る機械的性質の變化

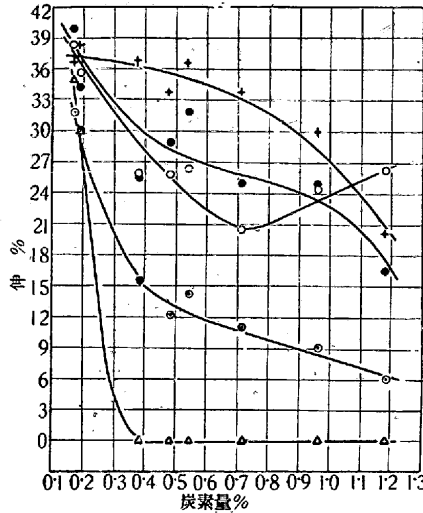
A 鋼 B 鋼の熱處理に因る機械的性質の變化を見ると第 28 圖より第 39 圖に示す如くなる。

XII. 顯微鏡組織

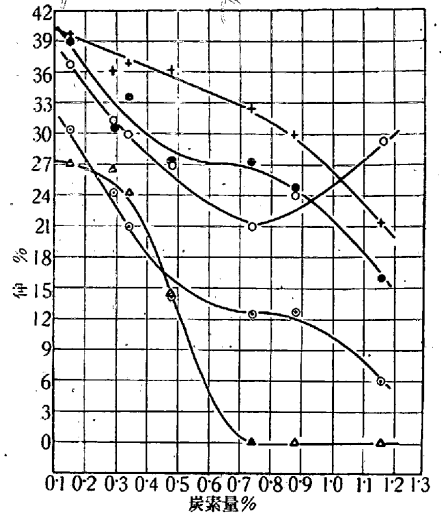
各試験に供したる試片の顯微鏡組織を全部検討した。本報告末にはその代表的な數個を示した。硝酸ピクリン酸アルコール溶液或はピクリン酸アルコール溶液腐蝕倍率 100 乃至 400 倍である。

XIII. 海綿鐵を原料とする鋼の特殊性に就て

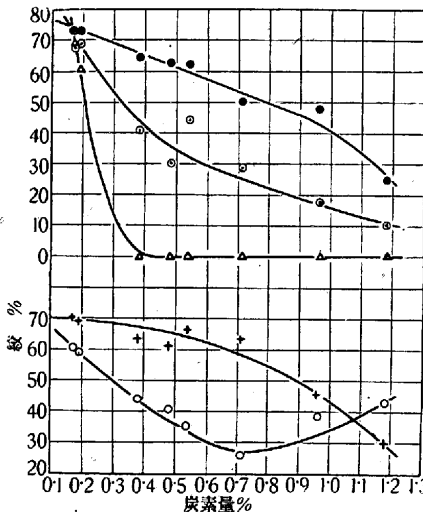
以上の如く種々比較検討する事により海綿鐵を原料とする炭素鋼と屑鐵を原料とする炭素鋼の相違點の顯著なるものは次の如く擧げることが出来る。



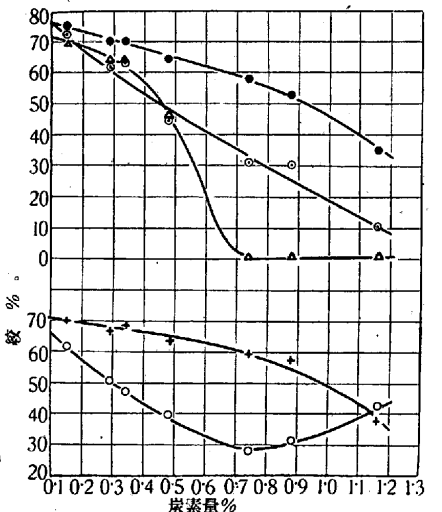
第 34 圖 屑鐵製炭素鋼



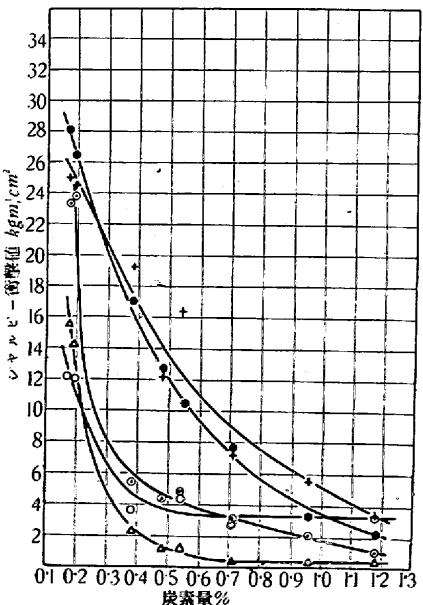
第 35 圖 海綿鐵製炭素鋼



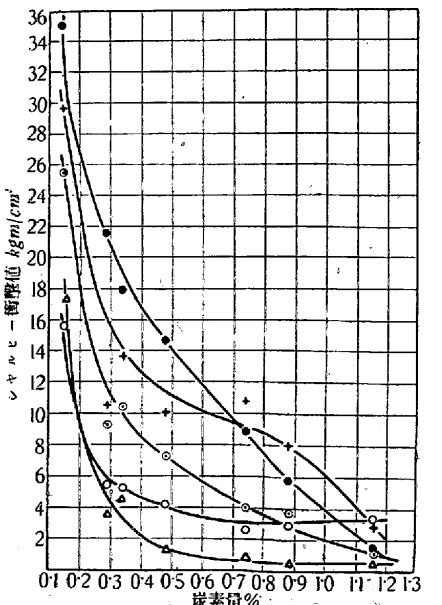
第 36 圖 屑鐵製炭素鋼



第 37 圖 海綿鐵製炭素鋼



第 38 圖 屑鐵製炭素鋼



第 39 圖 海綿鐵製炭素鋼

* 圖の符號 (曲線を表はす) の説明は第 29 圖の下にあり。

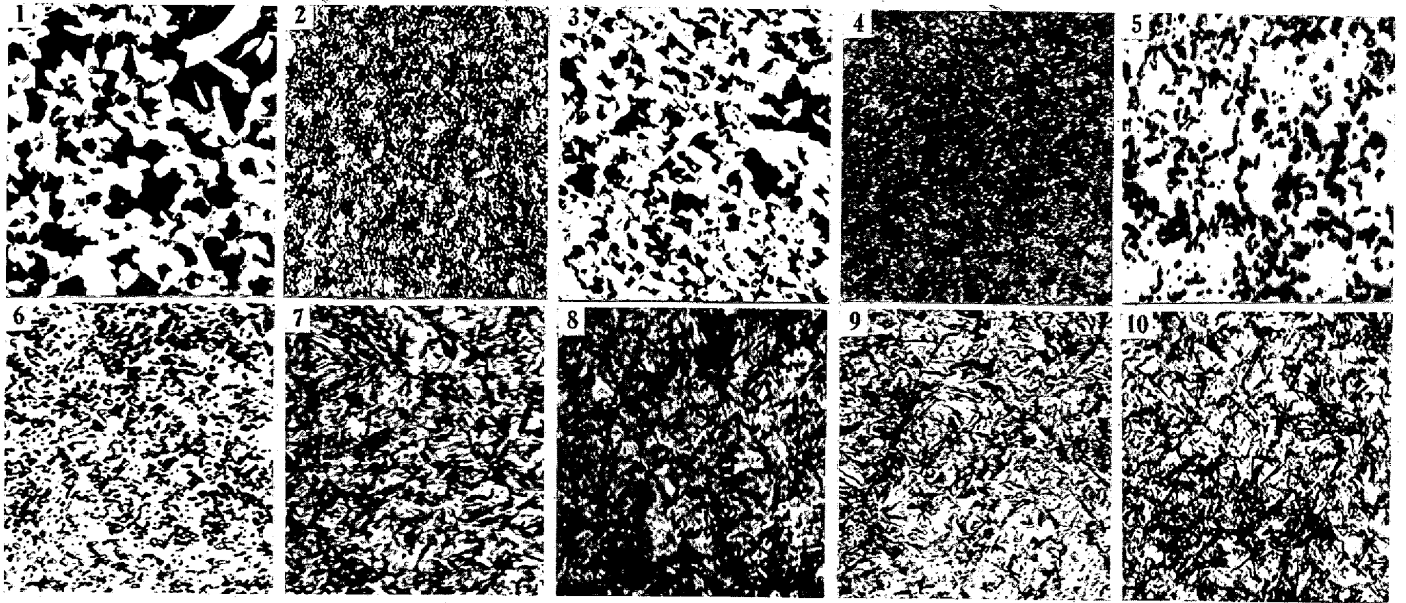


写真 1~4 焼鈍, 倍率右×100 5~6 セメントタイトを球状化, 7~10 焼入のもの倍率各×400

2. **セメントタイト球状化の場合** 海綿鐵原料のものは矢張り結晶粒が大きく球状セメントタイトもより球状に近く且大きく、分布状態も特に低炭素鋼の海綿鐵原料のものの方が粗く分布してゐる。

3. **焼入放しの場合** 海綿鐵原料の鋼のマルテンサイトは大變大きい。又 Ar' の變化が著しく且又そのトルースタイトの大きさ量が屑鐵原料の鋼に比し甚だ大である。又共析鋼附近の組成を有するもの或は超共析鋼のものにありては組織はマルテンサイトであつて屑鐵原料のものにはトルースタイトを認め難きも海綿鐵原料のものにありては400倍位の顯微鏡下に尙トルースタイトを認める事が出来る。

焼入焼戻せる場合 450° 、 650° 焼戻の2種を行つたが A、B 鋼共に焼戻温度が上昇すると硬度、抗張力、降伏點等は減少し反對に伸、絞、衝撃値等展延性、靱性の方は増大する事勿論であるが或る温度の焼戻を行へる A、B 鋼を比較すると A 鋼は B 鋼よりも硬度、抗張力、降伏點等は低く反對に伸、絞、衝撃値等は大きい。従て或る温度に焼戻せる A 鋼の機械的性質はその温度よりも一層高い温度で焼戻せる B 鋼の機械的性質に匹敵すると考へられる。換言すれば A 鋼は B 鋼よりも焼戻効果が大である。

以上を説明するに當り先づ焼鈍の場合 A 鋼の結晶粒の大きさが著しく大なるは B 鋼よりも純度高く $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ の再結晶の際の結晶の核ともなるべき不純物が少いからである。即ち γ の結晶粒も α の結晶粒も A 鋼は B 鋼よりも大きいのである。

本報告に載せたセメントタイトの球状化は一度油焼入せる

ものを A 點の上下に加熱冷却して行へるを以てセメントタイトを球状化せる鋼に就ての海綿鐵鋼の特殊性を説明するには前述せる焼鈍の場合の特殊性と次に説明する焼入の場合の特殊性により説明出来る。

次に焼入組織であるが A 鋼のマルテンサイト結晶粒の大きさが B 鋼のマルテンサイト結晶粒よりも大なるは焼鈍の場合に説明せる如く、オーステナイト結晶粒に於て已に A 鋼は B 鋼よりも大であつて Ar' 變態が著しく明瞭なるは A 鋼の $\gamma \rightarrow \alpha$ の變態速度が B 鋼よりも大きく廣い意味での擴散速度が大きいのである。而も A 鋼に於ては析出相の凝結性が強いと云ひ得る。W. Rohland 氏 (Stahl u. Eisen 49 (1929), 1147) も海綿鐵を原料とせる鋼の α に於ける擴散速度の大なることを指摘してゐる。

之を要するに海綿鐵を原料とせる鋼の特性は次の4つを擧げる事が出来ると思ふ。

- 1) α 、 γ の結晶粒の大きさ大なること。
- 2) $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ の變態速度大なること。
- 3) α 、 γ に於ける諸元素の擴散速度大なること。
- 4) 析出相の凝結性強きこと。

海綿鐵を原料とせる鋼と屑鐵を原料とせる鋼の機械的性質の差も結局上の4特性に原因する結果と考へられる。従て海綿鐵を使つて優秀鋼が得られるのも上記の4特性によるのであるから之等4特性が甚大なる役割を演ずる如き鋼種であればある程之に海綿鐵を應用する事により一層優秀性を發揮せしめ得ると思はれる。第三報=ツケル・クロム鋼に就ての研究に於て指摘する如く稍硬すぎ、脆すぎるやうな組成のもの即ち一般に合金元素量高めの組成を有する

場合或は焼戻温度が低い場合にニッケル・クロム鋼に於ける海綿鐵の優秀性が一層顯著であるが良く此間の事を物語るものと思ふ。

最後に本研究の範囲内では海綿鐵を構造用炭素鋼原料として使用しても餘り優秀性を期待出来ない事が了解せられる。但工具鋼類、刃物、バネ材、電磁氣材料、熔接材料等構造用以外の目的に使用さる可き鋼種にありては特殊の性質を極度に要求するものなるが故に海綿鐵を使用する事により一層優秀なる性質を有する鋼が得られると考へられ、この方面への研究が海綿鐵を炭素鋼に使用する場合残された唯一の且興味ある問題である。之を要するに今日迄の研究によれば本溪湖製海綿鐵を以て普通の構造用炭素鋼を造るも餘り大なる優秀性は期待出来なくて強靱特殊鋼に要求さるべき性質が非常に難しいやうな鋼種を本溪湖製海綿鐵を以て造る場合その優秀性が最も大きく現れると云ふ岩瀬博士の説を完全に裏書するものである。

XIV. 總 括

1) 純度高き本溪湖製海綿鐵或は屑鐵を夫々原料とせる炭素鋼を炭素量 0.15~1.18% の範囲のもの數種づゝを高周波爐によつて同一條件のもとに熔製し、焼鈍状態、セメ

ンタイト球状化状態、焼入状態或は 450° 或は 650° に焼戻し調質せる場合につき兩鋼種の機械的性質その他を比較検討した。

2) 純度高き本溪湖製海綿鐵を原料とせる鋼は

イ、 α, γ の結晶粒の大きさ大なること。

ロ、 $\alpha \rightarrow \gamma$ の變態速度大なること。

ハ、 α, γ に於ける諸元素の擴散速度大なること。

ニ、析出相の凝結性強きこと。

なる4特性を有する事を指摘し海綿鐵原料の鋼の機械的性質の異常性は總べて之等4特殊性に原因する結果なる事を説明した。

3) 本試験範囲 (0.15~1.2% C) の炭素鋼に於てはその熱処理を種々に變へるも海綿鐵製と屑鐵製の鋼の機械的性質に殆ど差がない。この點は數十パーセントの海綿鐵を屑鐵に混ぜてさへも優秀なる鋼が出来ると稱する多くの文献と全く反對の結果となつたのであるが悪い屑鐵との比較ならばいざ知らず處女鐵と非處女鐵とに關する限り本研究の結果は充分に正しいものと考へられる。(第9圖参照)

4) 炭素鋼原料として本溪湖製海綿鐵を使用するときの意義並にこの海綿鐵の優秀性が強く發揮せしめらるべき方向を明かにした。

大野式 コークス 爐の着想経緯とその機能

(日本鐵鋼協會昭和 15 年度第 8 回講演會講演, 昭 16. 2. 27)

大 野 宏*

INVENTION OF THE "ÔNO" SYSTEM COKE FURNACE AND ITS FEATURES

Hiroshi Ôno

SYNOPSIS:—Coke furnaces with a by-product collection unit in Japan had depended entirely on importation up to Taisho-7 (1918), when the "Kuroda" system coke furnace was developed. Since then the coke furnace in Japan has made a further progress in competition with other excellent furnaces of foreign design and attained to the present eminence in parallel with the remarkable progress of the iron, gas and chemical industries.

The "Ôno" system coke furnace has experimentally improved the heating method and the heat efficiency of the common furnace. Its main features are as follows: a better design of connecting the heating flue with the recuperating chamber; improved and stronger structure of the recuperating chamber; ease in the control of proper heating temperatures in accordance with the width of the furnace; the least freedom from the pass resistance of the heating or exhaust gases; and increased heat efficiency of the recuperating chamber.

I. 本邦に於ける副産物捕集式

コークス 爐の沿革

本邦に於て副産物捕集式コークス 爐の最初に建設せられ

* 日鐵八幡製鐵所製鉄部

たるは、明治 31 年大阪舍密株式會社が白耳義よりソルベ-式餘熱式コークス 爐を輸入し、次で三菱牧山コークス製造所及び八幡製鐵所に採用した。

ソルベ-式 爐は、炭化室を加熱する燃焼室が水平焙道式であつたが、大正 2 年東京ガス及び三池に、大正 3 年八幡製