

昭和9年2月黒崎窯業株式會社は昭和製鋼所よりその耐火煉瓦工場管理の委任を受けた。本年3月兩社の出資により鞍山高級爐材會社を設立した。

元來滿洲には白色の珪石及び珪岩はその埋藏極めて豊富なれども優良なる赤白珪石の産なきを以て當委任管理工場に於ては最初内地産赤白珪石を使用することとし白珪石は徐々に實地に試用し赤白珪石に劣らざる使用実績を確めたる上、大々的使用に移行する方針を採つた。その理由は珪石煉瓦の品位は直接製鋼能率に影響するところ極めて大なるを以て白珪石の如く從來危険視され來りしものを單に試験室的の研究の好結果のみによつて大々的使用に移すことは慎むべきものと考へたるが爲である。斯くて平爐の比較的重要でない部分に對し白珪石製煉瓦を試用しつゝ漸時その試験を天井に及ぼした。その結果は何の場合も皆赤白製に劣らざる良成績を示した。

尙昭和14年正月昭和製鋼所及び黒崎窯業共同にて之を米國一流の耐火煉瓦會社ハルピソン・フルカー會社製珪石煉瓦星印と比較試験を実施した結果龜裂剝落及び鋼滓の侵蝕に對する抵抗性に於て米國品に對し斷然優秀なることを證明した。

以上の如くして滿洲内に産出豊なる白珪石によりて昭和製鋼所にて所要の珪石は完全に自給し得ることとなつた。その結果原料珪石の値段は内地産赤白珪石を使用する場合

の1/3にて済むこととなりその利益は極めて大である。

結 論

要するに私は過去十數年前先づ平爐に於ける珪石煉瓦の使用状況及びその損傷原因を調査し之に基きて原料珪石の判別は如何なる方法によるべきかを研究した結果、試料の珪石粉末に鋼滓粉10~20%を添加混合しその耐火度を測定する方法即ち珪石が鋼滓の媒熔作用によりて耐火度低下し易きか否かを検討する方法が最も適當なることを知つた。

然るに白珪石はこの鑑定法に依れば最優秀なる珪石なるべきも實際はその使用を從來最も危険視し來つた。私は是を如何にかして利用し度く考へ平爐に於ける珪石煉瓦使用の實況及び文献等より考へて鋼滓を少量添加する配合法が最も自然にして合理的なることを知り、斯くてこの製品は優秀なる赤白製品及び米國ハルピソン會社製品と試験室的試験及び實地平爐試験に於て比較の結果此等に勝るとも劣らない優秀品なることが證明せられた。私は昭和9年以來昭和製鋼所構内に於ける(黒崎)委任管理耐火煉瓦工場を擔任し居るものなるが以上の如く白珪石使用法の研究を完成し以て昭和製鋼所に於ける珪石問題を解決し得たるを喜ぶものである。(昭和17年3月31日)

鹽基性電氣爐製鋼法に於ける粒鐵の使用に就て

(日本鐵鋼協會第26回講演大會講演 昭16.10.東京)

滿 田 十 次*

ON THE USE OF LUPPE IN MAKING STEEL WITH A BASIC ELECTRIC FURNACE

Zyuzi Mituta

SYNOPSIS:—The effect of luppe was determined by making plain carbon steels from varying increasing amounts (from 0% to 100%) with a basic furnace of two tons capacity.

In each test, the batch composition was adjusted to obtain two 1 ton ingots which preferably contain 0.4~0.5% carbon and up to 0.6% manganese.

Manufacturing cost was estimated by measuring the time, and electric power consumption required for steel making and the yield ratio, and it was found that the yield ratio was lowered with increasing quantities of luppe while the others showed elevated values.

Physical and chemical properties of steels were also studied. Variation in the increasing quantities luppe showed no evident effect upon these properties, but some interesting consequences were obtained in the fatigue tests.

* 神戸製鋼所

目 次

I. 緒 言

II. 使用粒鐵の物理的並に化學的性質

1. 粒鐵の化學成分一例 2. 粒鐵中の滓の量

III. 製鋼試験要領

1. 使用せる爐 2. 目的鋼質並に鋼塊 3. 試験方法

IV. 製鋼試験結果

1. 製鋼時間並に歩留 2. 副原料及び電力消費量 3. 脱磷率 4. 生産原價比 5. 操業一例

V. 鋼材の物理的及び化學的性質

1. 抗張力試験其他 2. 疲勞試験 3. 非金屬介在物, 結晶粒度及び水素含有量

VI. 結 言

I. 緒 言

米國の屑鐵禁輸以來我國内に於ては、屑鐵に代る原料即ち製鋼原鐵の製造方法が急速の進歩をなし製鋼界に大なる貢獻をなすつゝあることは慶びに堪へない。この製鋼原鐵には粒鐵、海綿鐵、棒鐵又は弧光式電氣爐により、鐵鑛石より直接製造せられたる直接鋼等が普く知られてゐる。就中このうち最も多量に一般へ供給されつゝあるものは粒鐵であつて之に就ては既に種々の見地より屢論議されて來たが、尙製鋼原料として判斷するには實際問題として、經濟上並にそれより得たる鋼材の品位其他多くの研究事項がある。依つて著者はエルー式鹽基性電氣爐の日常作業を利用して粒鐵の配合率を0%から100%迄變化し製鋼時間、歩留其他副原料等の増減を調査することにより生産原價を検討し、更に之より得たる鋼材の物理的並に化學的性質を調査し製鋼原料としての價値を吟味した。茲にその概要を述べ粒鐵に關係を持たるゝ各位の參考に供せんとす。

II. 使用粒鐵の物理的並に化學的性質

1. 粒鐵の化學成分一例

昭和15年下期購入某社製の粒鐵化學成分の一例であり、試料そのものより直接分析せる結果は次の如くである。

M. Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	C	Si	Mn	P	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃
93.43%	5.57	0.10	1.72	0.18	0.01	0.251	0.088	0.483	0.039
H ₂	N ₂								
0.0022	0.0066								

2. 粒鐵中の鐵滓の量

2mm 目及び4mm 目の篩を以て試料20.171kgを篩分け磁石を以て入念に鐵と鐵滓を分離する方法と、容量3疋の高周波爐に於て試料3kgを熔解して分離する方法とにより下の結果を得た。是等は各3回行つた平均値である。

磁氣選別

試 料 20.171kg	4mm以上		4~2mm		2mm以下		平 均	
	重量 % kg	%	重量 % kg	%	重量 % kg	%	重量 % kg	%
篩別 金屬+滓	6.348	31.5	10.555	52.5	3.266	16.0	—	—
磁氣 金 屬	6.248	98.4	10.050	95.2	2.386	73.0	18.785	92.6
選別 滓	0.100	1.6	0.505	4.8	0.880	27.0	1.486	7.4

熔解分離

試 料	重量kg	%	摘 要
3kg 金屬	2.763	92.1(94.8)	()内數字は昭和16年秋の試験
滓	0.237	7.9(5.2)	

昭和16年9月熔解分離試験を行つた結果は鐵94.8%、鐵滓5.2%となり上記試験當時より鐵滓の減少せるを見る。尙最近入手した某社製ニッケル粒鐵を參考のため熔解分離試験を行つたところ鐵98.5%、鐵滓1.5%の好結果を得た。これに依れば普通粒鐵の滓分離方法には尙向上の餘地があるやうに思はれた。

鐵滓の成分 上記の磁氣分離によつて得た鐵滓の成分は下の通りである。

SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	MgO	CaF ₂	MnO	SO ₂	P ₂ O ₅	T.C
58.42%	6.64	5.52	2.31	9.04	4.78	3.86	0.60	0.995	0.088	7.65

即ち鐵滓の量の多いこと、その鐵滓中にSiO₂の多いことによつて下に述べる製鋼作業に相當の困難と手数を要する。この點上述のニッケル粒鐵は甚だ樂に作業し得た。

III. 製鋼試験要領

1. 使用せる爐

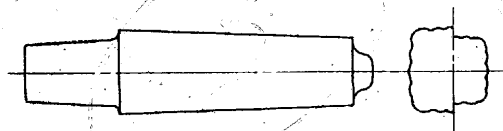
容量2噸の鹽基性エルー爐にして變壓器容量800kVA, 二次側電壓120, 110, 95V, 電極は徑7inの人造黒鉛である。結線はYYに依る。

2. 目的鋼質並に鋼塊

化學成分	C	Si	Mn	P	S
	0.40~0.45	0.35<	0.60<	0.030<	0.030<

用 途 航空機材

鋼塊は第1圖に示すガスマン型、實際重量1100kg, 2本を鑄込んだ。



第1圖 鋼塊の圖

3. 試験方法

上記の鋼を目的として粒鐵の配合率を0~100%に変更し、同一パーセントの製鋼を2~3回行ひその平均値を採つた。原料の配合は第1表の通りであり、除滓回数をも附記した。

第1表 原料配合表

粒鐵の配合率 %	原料 kg			計	金屬材料合計 kg (追加材料も含む)	除滓回数
	粒鐵	自家發生屑	旋盤屑			
0	0	1,700	600	2,300	2,350	1
10	230	1,470	600	2,300	2,351	1~2
20	460	1,340	500	2,300	2,355	2
30	690	1,140	570	2,300	2,357	2
40	920	830	550	2,300	2,336	2
50	1,150	850	300	2,300	2,339	3
60	1,380	470	450	2,300	2,373	3
70	1,650	250	450	2,350	2,420	3
80	1,920	0	480	2,400	2,486	3
90	2,160	0	240	2,400	2,458	3
100	2,170	0	0	2,170	2,280	3

製鋼作業中出鋼迄に於て水素ガス、非金屬介在物測定試料、分析試料を、鋼塊鑄込中に分析試料、非金屬介在物試料を適宜採取した。

鋼塊の鑄込は上注法により種を用ひそのノズル径は、25 mm である。鑄型は鑄込前 80°C 位に豫熱し鑄込を終了して熔鋼の固結するを待つて脱型し徐冷ピット中にて冷却し、後ピットより取出し鋼塊表面の検査を行ひ、分塊工場に發送する。鑄型塗料は使用せず。

IV. 製鋼試験結果

上述の配合率によつて製鋼試験を行つたが、作業は粒鐵配合率の増加するに従ひ困難となり且手数を要する。即ち製鋼時間の延長、歩留の減少、電力消費量、副原料の増加を來し、生産原價を高める。生産原價を高める理由の他の一つは粒鐵が普通屑鐵に比し一般に高價なるためにもよ

る。今粒鐵の製鋼上に及ぼす缺陷ともいふべき事項を要約すれば下の如くである。

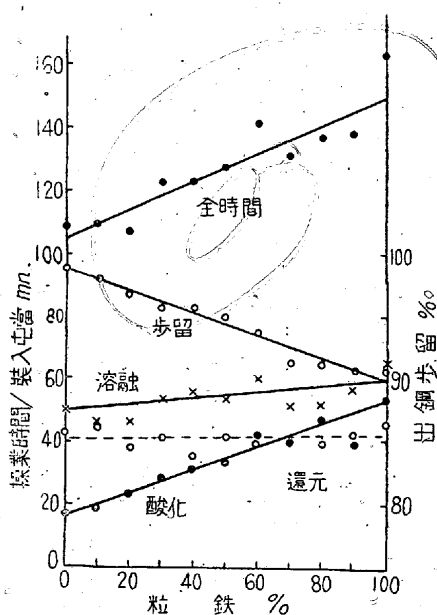
- 1) 燐分が多いため脱燐に特別の注意を要し石灰を多量に使用せねばならぬ。従つて除滓回数の増加を促す。
- 2) 粒鐵の形狀小なるため是を1回に爐内に装入すれば粒鐵の上層のみ熔解して底部の熔融困難である。従つて2~3回に分割装入を要する。
- 3) 粒鐵中に混入せる鐵滓多量にして且鐵滓が SiO_2 に富めるため爐の裏付を侵し易く従つて周到なる注意を要し石灰の使用量を増加し、除滓回数をも増さねばならぬ。鐵滓中の SiO_2 は脱燐作用の妨害をなす。
- 4) 粒鐵中の炭素含有量高きため熔落後の炭素量を適當にするには適當量の装入鐵鏝を必要とするがその調節に苦勞をする。
- 5) 粒鐵中にマンガン含有量少きためフェロマンガンはマンガン鐵石の使用量を増す。

以上の種々の理由により結局生産原價を高める。然し吾人は今後益々研究を重ね、經濟的にも量的にも普通鋼屑原料使用の場合と何等變らぬ効果を擧ぐべき責任を感じる。

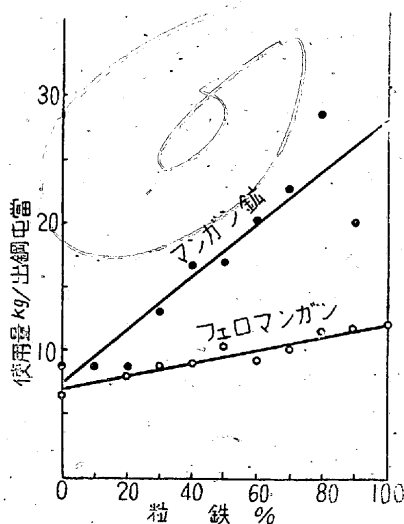
1. 製鋼時間及び歩留

製鋼時間及び歩留は上記の試験の結果によれば第2圖の如き曲線となる。即ちこの時間を熔融、酸化及び還元に區分すれば酸化、熔融、次に還元の順序に影響が小となり還元は殆どその影響を認めぬ程度である。

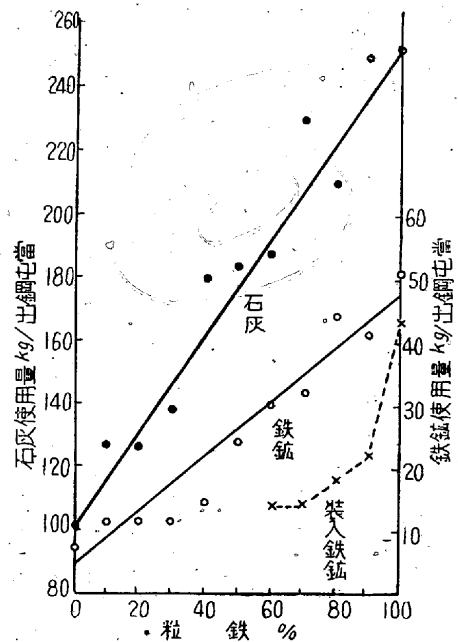
酸化時間は装入酸化劑の調節によりその影響を小にする



第2圖 製鋼時間、歩留



第3圖 フェロマンガ、マンガン鏝使用量

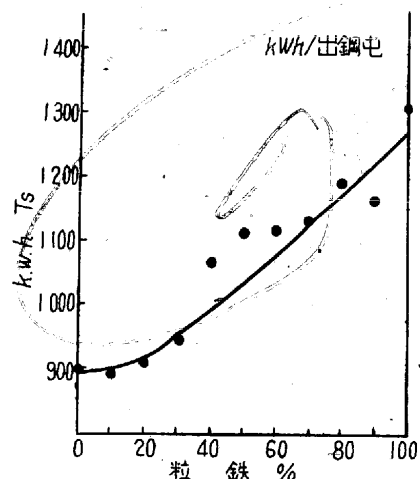


第4圖 石灰、鐵鏝使用量

ことが出来る。歩留は 98.8% より 90.5% 迄低下した。

2. 副原料及び電力消費量

副原料即ちフェロマンガ、マンガ、鐵及及び石灰に就ての消費量を示せば第3~5圖の如くなる。即ちフェロマンガは出鋼適量 7kg から 12kg, マンガは 8kg から 27kg, 鐵は 7kg, から 50kg, 石灰は 103kg から 253kg



第5圖 電力消費量

まで増加して居る。除滓は第1表に示す如く 1~3 同行つたが粒鐵が 40% 以上になれば熔落時の鋼滓は所謂水のるでなるべく速かに排除せねばならぬ。後 1~2 回の除滓をなし脱磷に努む。

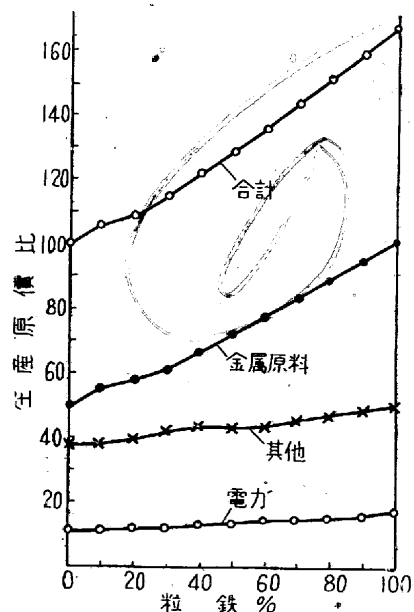
3. 脱磷率

装入原料中の磷の計算量と製品中の磷の量から精鍊に於ける脱磷率を求めると第2表の通りとなる。

即ち脱磷は上表に見る如く相當量の石灰を使用して注意深く操作をなせば充分なる効果を擧げることを得る。

4. 生産原價比

上述の如き理由により粒鐵配合率の増加に従ひ製鋼原料費, 副原料費及び電力費等は昂騰す。粒鐵 0% の場合を 100 としその他のものの昂騰比率を求めると第3表, 第6



第6圖 生産原價比

第2表 脱磷率

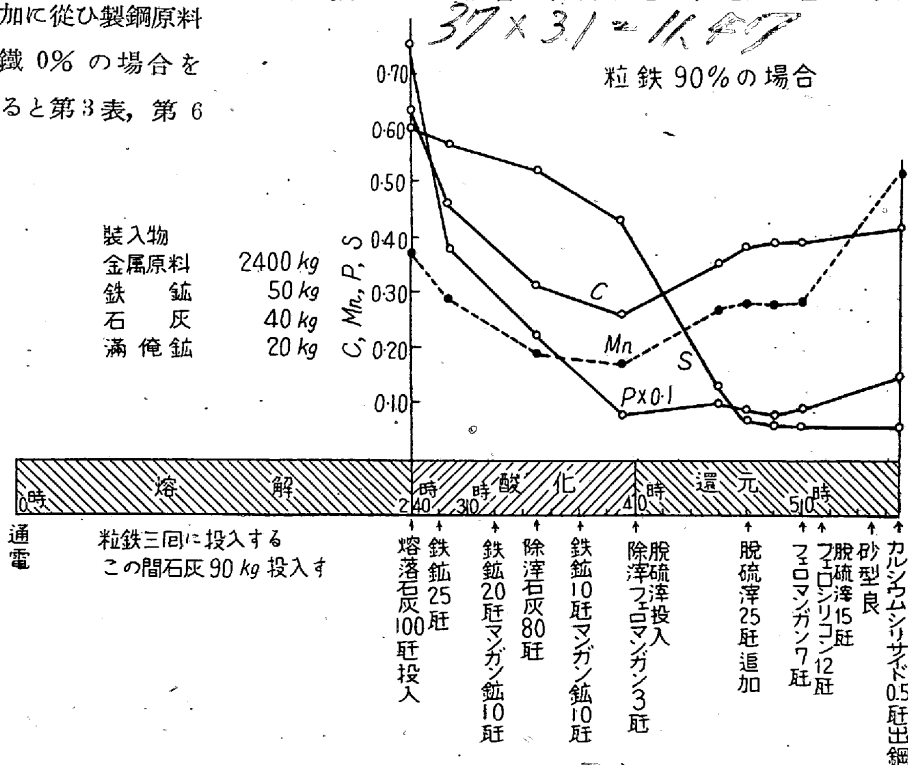
粒鐵 %	製品化學成分 %				装入原料 P% (計算)	熔落時 P%	除滓前 P%	脱磷率 %
	C	Si	Mn	P				
0	0.45	0.23	0.54	0.022	0.035	0.016	0.014	37
10	0.43	0.26	0.52	0.019	0.056	0.023	0.004	65
20	0.44	0.23	0.53	0.024	0.078	0.020	0.009	69
30	0.45	0.24	0.42	0.026	0.101	0.048	0.011	74
40	0.45	0.22	0.56	0.029	0.121	0.091	0.019	76
50	0.45	0.27	0.55	0.014	0.143	0.063	0.007	90
60	0.45	0.28	0.53	0.032	0.164	0.101	0.022	80
70	0.45	0.28	0.51	0.020	0.186	0.046	0.005	89
80	0.45	0.30	0.59	0.016	0.207	0.056	0.006	92
90	0.42	0.26	0.53	0.022	0.228	0.092	0.012	90
100	0.44	0.25	0.50	0.019	0.251	0.098	0.011	92

圖の如くなる。

第3表 生産原價比

粒鐵 %	價格比			
	金屬原料	電力	其他	合計
0	50.0	11.5	38.5	100
10	56.0	11.5	38.5	106
20	58.0	11.7	39.3	109
30	61.0	12.2	41.8	115
40	67.5	12.8	42.7	122
50	72.3	13.6	43.1	129
60	78.0	14.3	43.7	136
70	83.5	15.0	45.5	144
80	89.5	15.5	47.0	152
90	95.0	16.2	48.8	160
100	101.0	16.8	50.2	168

即ち上表を見れば粒鐵 0% の場合の原價を 100 とすれば粒鐵 100% の場合は 168 即ち 68% の昂騰となる。このうち金屬原料による影響が最も大であり、電力影響は左程大



第7圖 製鋼操作一例

ではない。

5. 操業一例

粒鐵 90% の場合の製鋼操業一例を示すと第7圖の通りである。

V. 鋼材の物理的及び化學的性質

鋼塊は前述の如く 1,100 kg のガスマン型 2 本を 1 チャージにて熔製し、是を分塊工場に送り 95 mm 角, 1,200 mm 長さの鋼片に壓延し、次に小型壓延工場に於て 26 mm 丸棒に壓延し鋼塊の中央に當る所より試料を採取し、次に述ぶる物理的、化學的試験を施行した。

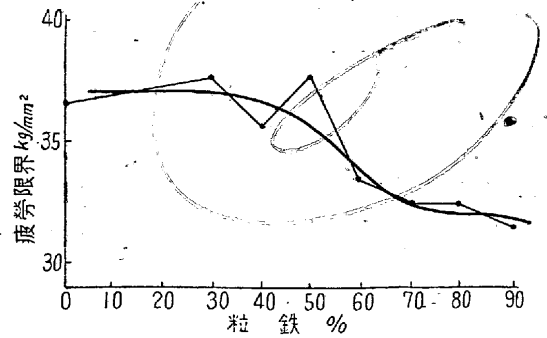
1. 抗張力試験其他

上記の試料につき燒準状態のもの、850°C 焼入、500°, 450°, 600°, 650°C の各温度に於て燒戻を爲したるものにつき物理的化學的試験を行つたが本報告には燒準状態のもの及 600°C 燒戻のもののみを報告する事とした。その結果を見るに多少の差違はあるも、粒鐵の量による影響は認められないやうである。即ち第 8~9 圖はそれを示す。

2. 疲勞試験

小野式疲勞試験機を以て 600°C 調質の試料に就てのみ試験を終了したるため報告する事とした。

これは 1 回の試験にして是を以て總てを決定することは當を得ないが、粒鐵の配合率に對する耐久限界の曲線を求むれば第 10 圖の如くなる。即ち耐久限界は粒鐵 50% 以上となれば急激に減少し、80~90% に到れば緩かな減少と



第 10 圖 疲勞試験

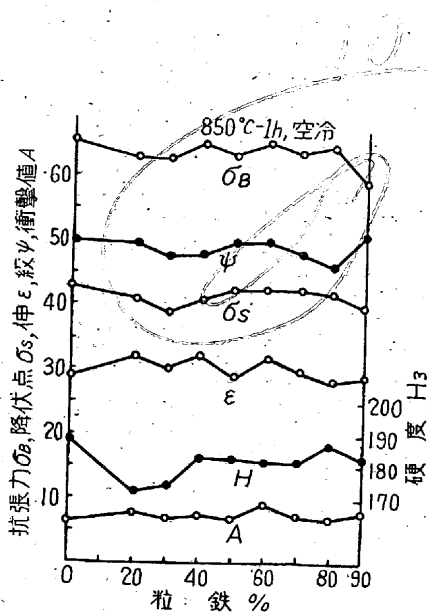
なつてゐる。本曲線は丁度製鋼作業の困難程度と一致してゐる。

處女性を失はざる是等原鐵を原料としたる鋼に對して、一般に期待されるは疲勞限界の向上であるが、本實驗によれば全く期待に反してゐる。

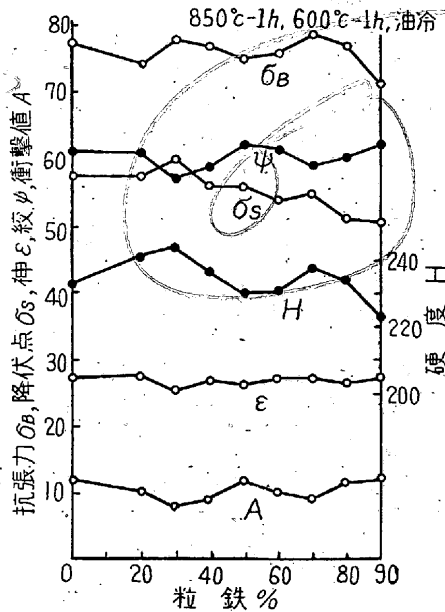
疲勞限界低下の防止方法としては粒鐵を 1 回平爐等で熔解し精製鋼として使用すればその目的を達するものと考へる。勿論斯くする事により原料費の昂騰は免れない。

3. 非金屬介在物、結晶粒度並に水素含有量

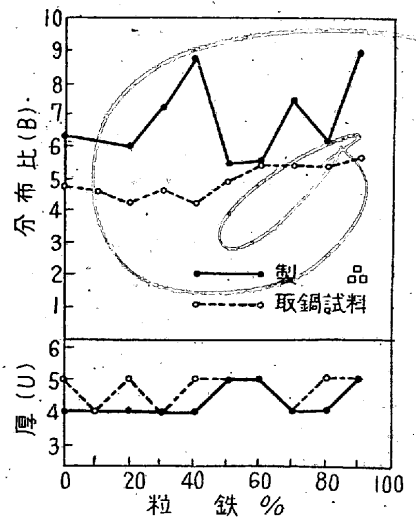
非金屬介在物 試料は 20mm×30mm を切り取り、是を約 850°C で焼入して表面硬化法を行ひ研磨紙 000 番まで仕上げ、壓延方向と並行面を即ち學振の方法により測定した。是は製品と取鍋試料の 2 種につき比較したが、 μ は製品の方、良好で分布比はその逆となつた。即ち第 11 圖に示す。粒鐵の影響はその増加により多少介在物を増す傾向が覗はれる。



第 8 圖 機械的試験

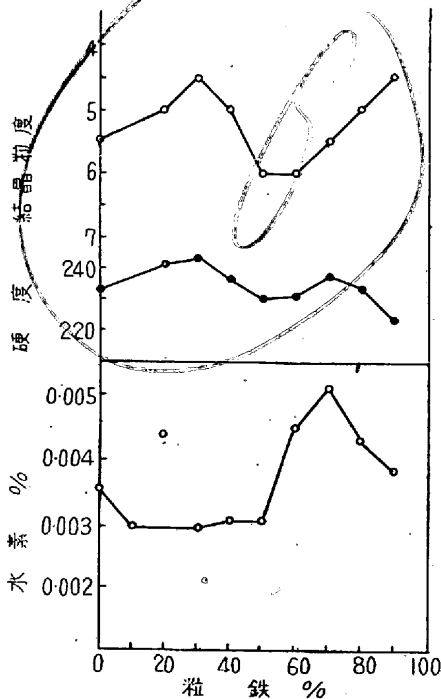


第 9 圖 機械的試験



第 11 圖 非金屬介在物

結晶粒度 是も學振の方法による約 $10\text{mm} \times 30\text{mm}$ の試料の銹を十分に除去し、滲炭剤と共に函中に密閉し電氣爐に入れ加熱し $950^\circ\text{C}-6\text{h}$ 保持後徐冷す。 400°C 以下に冷却した後取出し



第12圖 結晶粒度, 硬度, 水素量

ある。第12圖に硬度曲線を再録したが、結晶粒度と多少

の關係を有することが判る。

水素含有量 本試料は出鋼直前の爐内試料によつて行つた結果矢張り第12圖の如くなる。結晶粒度曲線と水素曲線とは圖の如く殆ど對照の位置にあつて互に關係を持つもののやうである。

VI. 結 言

本研究は粒鐵の配合率を100%迄10%毎に通りの製鋼試験を行ひ、副原料、生産原價又は物理化學的性質等を調べ粒鐵の配合率の影響を調査した。そのうち實驗回数は少ないが粒鐵配合率の増加に従ひ、鋼材の疲勞限界が降下することを知り得た。

粒鐵の本質上製鋼に對して最も都合よく改善することの不可能な點も多々あるが、粒鐵中の滓の分離は尙多分に向上の餘地があると信ずる。目下吾人は製鋼原鐵としては粒鐵に最も多くの期待を持つものであり、その性状の改善を切望するものである。

終りに本研究の發表を許可されたる神戸製鋼所に對し感謝し、常に御鞭撻を賜つた川上研究部長に御禮を申上ぐると共に、終始御援助を受けた高尾研究課長其他製鋼研究課の關係各位に謝意を表する。(終)

局部硬化法

(D. McPherson, Machine Shop Magazine, 2卷, 1941年2月, 94~99頁) 青化法の缺點を論じてゐる。工具鋼には青化處理後表面が暗色の不整な外貌を呈するものがある。之は一般に切削能率とは無關係な外觀上の問題で、多く青化鉛にNiを含むときに生じ易い。著者は高速度鋼3本を採り、表面を十分研磨仕上げした後、共に青化浴の中央部に浸漬し、1本は陽極に、1本は陰極に、更に他の1本は中性になる如く荷電し、外貌への影響を檢した。各試料は何れも變色したが、就中2本目が著しく、第1の試料は一様な灰色無光澤に變じた。この原因は目下調査中である。青化浴は枯化したものが最も有效である。この枯化は浴を初め $850\sim 900^\circ\text{C}$ に熱して或る種の青化物を酸化せしめ、使用前に 570°C 迄冷却すれば宜い。(日鐵製鐵技總 2 (昭17) No. 5, 496, (抄録))

鐵・炭素合金へベリリウムの擴散

(I. E. Kontorovich, N. Ya. L'voyskiy, Vestnik Metallo-promyshlennosti, 12號, 1939年, 64~70頁) $C 0.02\sim 1.68\%$ の炭素鋼及び $T. C 2.81, 3.58, 4.05\%$ の鑄鐵を $5\sim 10\%$ の酸化ベリリウムを混じた金屬 Be 粉末 (品位 96%) 中で 1000°C に 10h 加熱し、表面へ Be を擴散せしめる實驗を行つた。擴散表面は顯微鏡並に X線檢査に附し、更に硬度と化學的安定性を調査した。擴散表面は極めて硬く、 Be_2C の柱狀晶が表面へ法線方向に發達した外層及び $\alpha\text{Fe}-\text{Be}$ が飽和し、少量の $\text{Fe}-\text{Be}$ 化合物を有する内層を生じた。層の厚さは 1mm 以下である。母材の C 量を増せば外層の厚さ及び硬度は大となるが、内層の生成に依り妨げられる。この方法を表面硬化法として適用するには、外層の Be_2C が空氣中の濕氣に依り徐々に分解される缺點があるから考慮を要する。(日鐵製鐵技總 2 (昭17) No. 5, 496 (抄録))