

昭和十二年五月二十五日發行

論 說

酸性電氣爐鋼に對する珪素量の影響

(日本鐵鋼協會第 16 回講演大會講演 昭和 11 年 10 月)

藪 内 周 三 郎*

I. 緒 言

酸性電氣爐操業法の概要に就ては嚮に發表した¹⁾ 酸性電氣爐操業上伴ふ一つの困難は精鍊中珪素の還元する傾向大なる事である、然し此の問題は爐床の完全なる事及鋼滓の調整と熔鋼溫度の調節等に依り避け得らるる事であつて著者の經驗に徴しても作業の熟練に依て避け得らるる事を確認する、具體的に述べれば酸性電氣爐操業開始當初に於ては製品鋼中に於ける珪素量は平均 0.3% であつたが最近の成績は 0.25% に低下して居る。珪素量平均 0.3% と謂ふも例へば酸性平爐に於ける精鍊法の種類²⁾ に依ては 0.4% に近い珪素量に達する事は稀でないのであるから珪素還元傾向は特に酸性電氣爐に限る問題ではない、尙酸性電氣爐に於ては特に珪素量に制限を受ける。特殊目的に使用する場合は別として一般に使用せらるる各種鋼材は容易に且必要に應じ 0.2% 以下のものも困難なく熔解する事が出来ると考へて居る。

然し乍酸性電氣爐に於ては珪素還元量が他の製鋼法に比し假に多いとしてどの程度迄珪素量が増加すれば普通鋼材として不適當であるかといふ、限度を見出して置く事は必要であると考へ實際の製品に就て珪素量の影響を比較研究する事にした。

II. 試験の方法

(a) 供試材:— 酸性電氣爐操業當初に於ける炭素鋼

* 陸軍造兵廠大阪工廠

1) 酸性電氣爐操業法に就て 鐵と鋼 23 年 2 號 172 頁

2) 健全なるインゴットの鑄流を目的とする酸性平爐製鋼法に就て 林 猶之介 於八幡 日本鐵鋼協會第二回講演大會講演

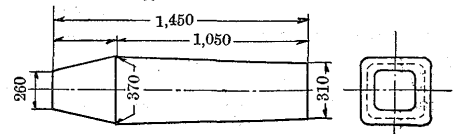
製品中他の成分が略々同一で珪素量のみ種々異なる同一鋼塊を選択し供試材とする事とした、選定した鋼塊の成分は第 1 表の通りである。

第 1 表

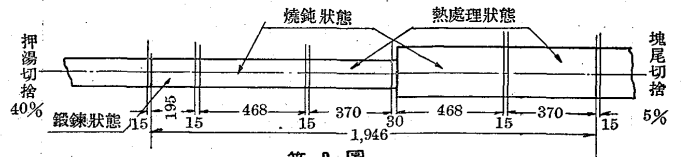
鑄流番號	C	Si	P	S	Mn	Cu	Ni
2 D 14	0.386	0.303	0.048	0.026	0.607	0.074	0.380
2 D 19	0.379	0.343	0.049	0.028	0.584	0.160	0.339
2 D 18	0.348	0.409	0.032	0.028	0.648	0.117	0.252
2 D 21	0.375	0.502	0.049	0.028	0.755	0.148	0.295
2 D 4	0.360	0.588	0.034	0.031	0.637	0.163	0.200

何れも別々に鑄流したものであるから實驗室的に珪素以外の成分は同一でない、此の點は比較試験を行ふ上に考慮する必要がある、尙供試材として 0.3% 以下の珪素量のも

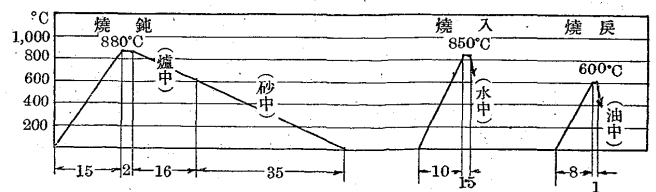
第 1 圖



第 2 圖



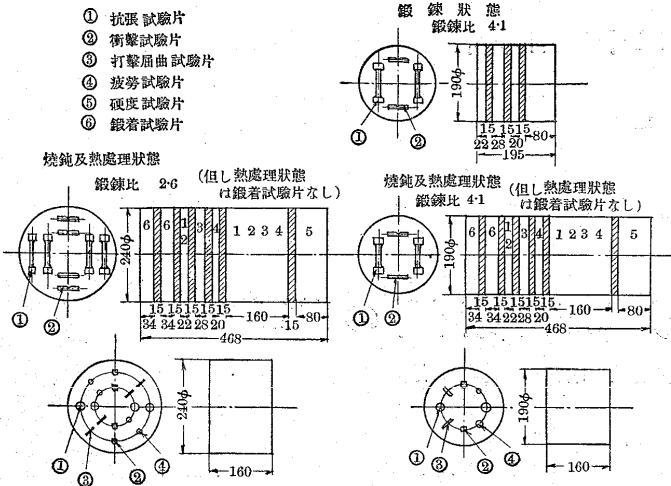
第 3 圖



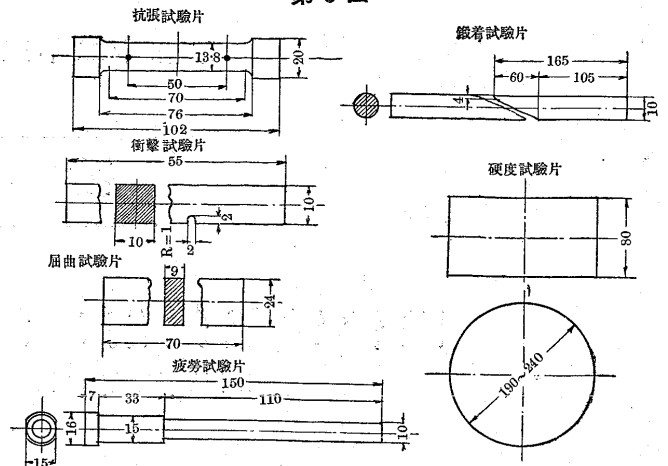
のを加へる事を希望したのであるが、本試験の条件に沿ふものがなかつたので 0.3% 以上 0.35, 0.4, 0.5, 0.6% 珪素量につき比較試験を行ふ事にした。

何れの鋼塊も第 1 圖に示す如き大體 950 kg 全重量

第4圖



第5圖



1,100 kg の四角形鋼塊で4本宛湯鑄造をなしたものである、各鋼塊は他の影響をなくするため以上の如く類似のものを取り、且何れも鑄込順序第2回目のものを採用する事にした。

(b) 供試材の鍛錬:一 供試鋼塊は同時に 1,250°C に加熱し2時間保持したる後 1,500t プレスにて第2圖の如く外径 240 及 190mm 鍛錬比は 2:6 及 4:1 の二部分になる如く實體鍛錬を行た後砂中に冷却した。

(c) 供試材の熱処理:一 砂中に冷却した供試材は押湯部約 40% 塊尾部 5% を機械作業にて切斷したる後鍛錬状態の儘の供試材を切斷し、その残部を第3圖の如く焼鈍を行た。焼鈍を行た供試材は第2圖の如く熱処理を行ふ部分と焼鈍の儘の部分に切斷し熱処理部は第3圖の如く焼入焼戻を行ひ供試材とした。

(d) 試験の種類:一 以上の如く鍛錬状態、焼鈍状態、熱処理状態の三供試材より第4圖に示す如く試験片を採取した、試験の種類は

(i) 抗張試験 (iii) 打撃屈曲試験 (v) 硬度試験
(ii) 衝撃試験 (iv) 疲労試験 (vi) 鍛着試験

の6種である、衝撃試験は 25 kg シャルピー試験機を用ひ硬度試験はブリネル試験機を用ひ供試圓鋼の中心を起點として渦巻状に試験を行た、鍛着試験は試験片を製作し 1,200°C に於て熔剤として硼砂を用ひ鍛着したる後抗張試験片を製作、抗張試験を実施したものである、疲労試験は試験片の一端を固定回轉し他端に 49 kg の重錘を懸吊し破斷に到る迄の回轉數を測定する。瑞典 AB アルファー會社製疲労試験機を使用した 打撃屈曲試験は陸軍の或種の製品に採用しある方法にして試験片は長さの 1/3 を萬力

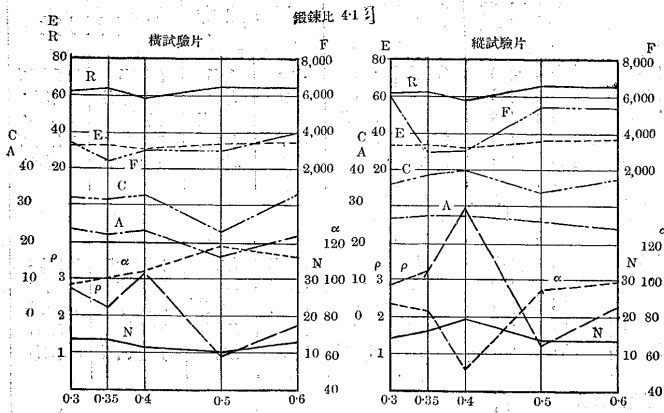
表 2 表 (燒鈍状態)

鑄流番號	珪素	E 彈性界		R 抗張力		C 斷面收縮		A 伸%		N 打撃屈曲		α 打撃屈曲		ρ 衝擊抗力		F 破斷回數	
		kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	%	%	%	%	回	數	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	回數	回數
(1) 鍛錬比 4:1																	
2D 14	0.3	32	32	61	61	32	36	23.5	26.5	13.5	14	96.5	87.5	2.75	2.85	3297.5	5915
2D 19	0.35	32.5	33.5	63	62	31.5	38.5	22	27.5	13.5	16	101	83.5	2.25	3.2	2447.5	2925
2D 18	0.4	30.5	31	58.5	58	33	40	23.5	27.5	11.5	19.5	104	50.5	3.15	4.9	3025	3065
2D 21	0.5	34	34.5	64.5	65	23	34	17.5	26	10	13.5	119	92.5	0.95	1.2	3982.5	5365
2D 4	0.6	35	36	64.5	65	33	37	22	24	13	13.5	112	98	1.7	2.2	3690	5365
(2) 鍛錬比 2:6 内側																	
2D 14	0.3	31.5	31	61.5	61	32	34.5	22.5	24	12	11	106	99	1.6	2.65	3532.5	5207.5
2D 19	0.35	29	33	61.5	62.5	32.5	35	20	24	13.5	12	96	95	2.65	3.7	2685	3180
2D 18	0.4	30	31	58	58	33	41	21	28.5	9	15.5	111.5	65	1.85	2.95	3225	3587.5
2D 21	0.5	32	34	64	63	25.5	33.4	16	24.5	7.5	11	135.5	108	1.15	1.3	3572.5	5792.5
2D 4	0.6	35	32	63.5	65	33.5	27.5	21	22	13	10.5	99	109.5	2.05	2.8	2982.5	4172.5
(8) 鍛錬比 2:6 外側																	
2D 14	0.3	30	32	61	61	34.5	35	24.5	25.5	12.5	12	101.5	96.5	1.85	2.65	2885	3930
2D 19	0.35	30.5	33.5	61.5	63	34	37	22.5	26.5	14.5	12	90.5	90	3.05	3.65	2115	2632.5
2D 18	0.4	29.5	32	58	58	41.5	43	28	29.5	13.5	17	77.5	58	3.95	2.95	2407.5	3627.5
2D 21	0.5	33	35	64.5	65	27.5	34.5	19	26.5	11	12.5	113	98.5	1.5	1.7	3035	5082.5
2D 4	0.6	33	32.5	63.5	64	33	34	24	26	12.5	12	105.5	101.5	2.35	2.25	3255	4212.5

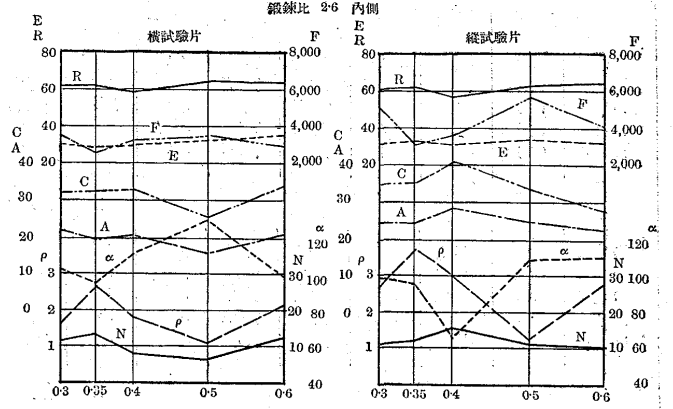
内に堅く挟み重量 10kg の落錘を高さ 500mm より毎回
試験片の自由端に直角に落下せしめ最大回数を 20 回とし

破斷に到りて中止し打撃回数並最後の屈曲角及疵の有無を
検するのである、各試験片の寸度は第5圖の如くである。

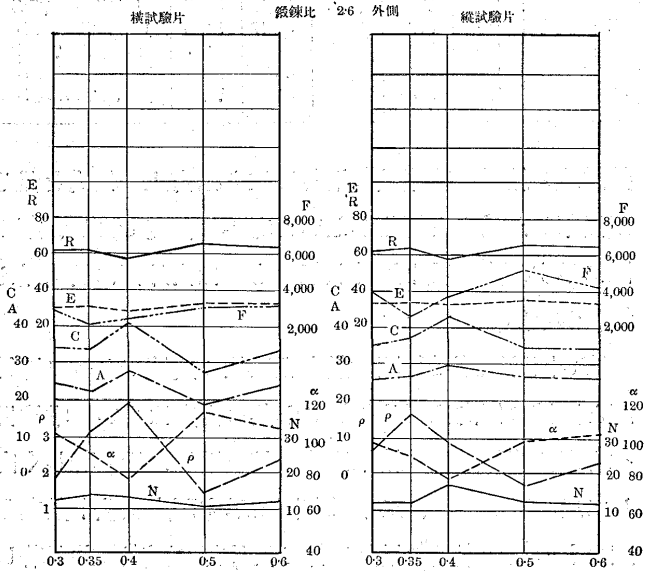
第 6 圖 燒鈍狀態 (其の 1)



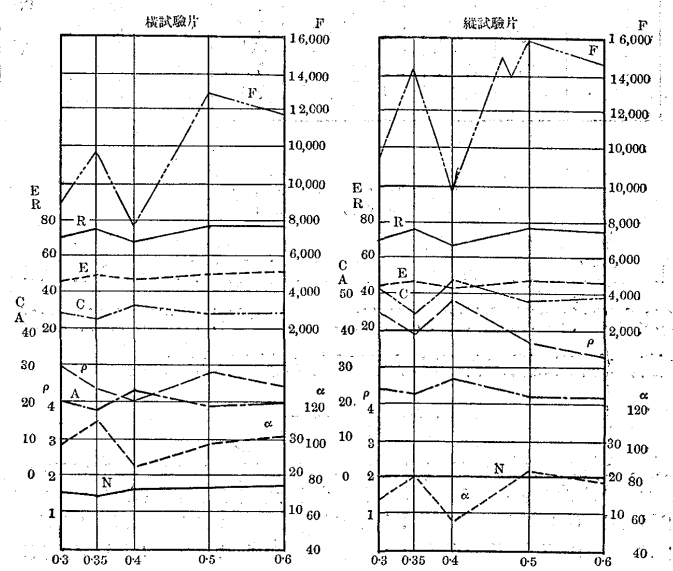
第 7 圖 燒鈍狀態 (其の 2)



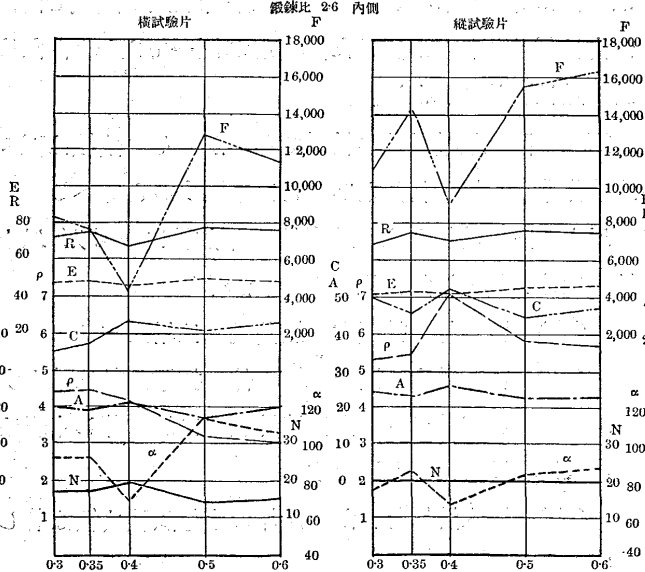
第 8 圖 燒鈍狀態 (其の 3)



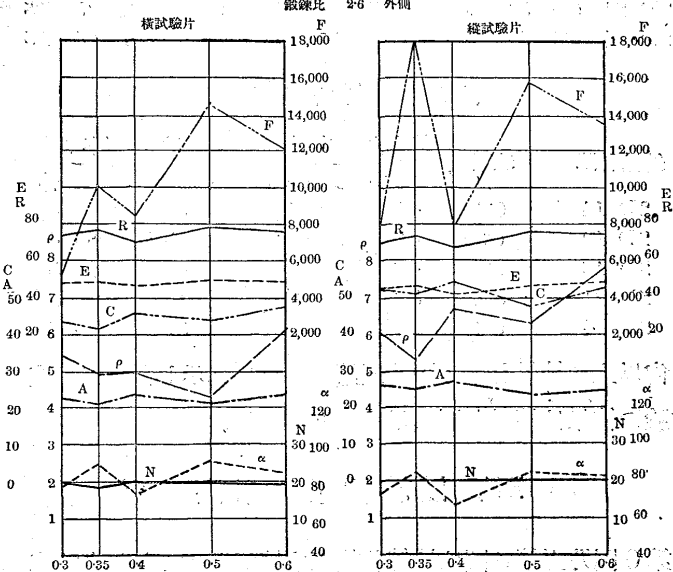
第 9 圖 熱處理狀態 (其の 1)



第 10 圖 熱處理狀態 (其の 2)



第 11 圖 熱處理狀態 (其の 3)



E = 彈性界 kg/mm^2 N = 打撃屈曲回数 C = 断面收縮 % F = 疲勞破斷回数
R = 抗張力 kg/mm^2 α = 打撃屈曲面 A = 伸縮 % ρ = 衝擊抗力 kgm/cm^2

第 3 表 (熱處理狀態)

(1) 鍛鍊比 4:1																	
鑄流番號	珪素	E 彈性界		R 抗張力		C 斷面收縮		A 伸		N 打撃屈曲		α 打撃屈曲		ρ 衝擊抗力		F 破斷回數	
		kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	kg/mm ²	%	%	%	%	回	數	屈曲角	屈曲角	kgM/cm ²	kgM/cm ²	回數	回數
2D 14	0.3	46	44	71.5	70	44	51.5	20	24	15.5	20	97.5	68	4.9	6.5	8945	10962.5
2D 19	0.35	50	46.5	77	76.5	42.5	44.5	17.5	22.5	14.5	20	110	80	4.3	5.9	1187.5	16435
2D 18	0.4	46.5	42.5	69.5	67	46	54	22.5	26.5	16.5	20	85	54.5	4.0	6.85	7702.5	8915
2D 21	0.5	50	47	77.5	77	43.5	48	18.5	21.5	17	20	98.5	83	4.8	5.65	15070	24527.5
2D 4	0.6	49	46	76	75.5	44	49.5	19.5	21.5	17.5	20	101.5	78	4.4	5.3	13950	16452.5
(2) 鍛鍊比 2:6 内側																	
2D 14	0.3	47.5	41	72.5	68.5	35	50	20	24	16.5	20	90.5	74	4.35	5.3	8342.5	10940
2D 19	0.35	48	43	75.5	75	37	46	19	23	17	20	91.5	85	4.45	5.45	7612.5	14270
2D 18	0.4	45.5	41	67.5	70	43	52	20.5	25.5	19.5	20	68	68	4.15	7.05	7702.5	9012.5
2D 21	0.5	49	45	77	76.5	40.5	45	17	22.5	13.5	20	113.5	83.5	2.2	5.85	12570	15510
2D 4	0.6	47	46	76	75	42.5	47	20	23	14.5	20	105.5	86.5	2.9	5.7	11677.5	16345
(3) 鍛鍊比 2:6 外側																	
2D 14	0.3	48	46	72.5	70	44	52.5	22.5	26	20	20	77	72	5.45	6.05	5545	7277.5
2D 19	0.35	49.5	46.5	78	74.5	41.5	51	21	24.5	18.5	20	88.5	83	4.95	5.25	10862.5	17635
2D 18	0.4	46.5	42	70	68	46	54.5	23.5	26.5	20	20	73.5	67.5	5.0	6.7	8437.5	7985
2D 21	0.5	50.5	47	79	77.5	44	47.5	21	23	20	20	91.5	84	4.3	6.3	14632.5	15610
2D 4	0.6	49	49	76.5	76	47.5	53	23.5	24	20	20	85	82	6.05	7.8	12257.5	13525

III. 試験の結果

試験の結果は第 2 表乃至第 5 表に總括した この數字は何れも 2 本の試験片の平均値である、表中左側は鍛伸方向に横、右側は縦に採取した試験片の結果である。

第 4 表 (鍛鍊狀態)

鑄流番號	珪素	彈性界	抗張力	斷面收縮	伸	打撃屈曲回數	打撃屈曲屈曲角	衝擊抗力	破斷回數
2D 14	0.3	34	63	34	24.5	14	91.5	2.85	2945
2D 19	0.35	39.5	65.5	28	20	17.5	78.5	3.55	4837.5
2D 18	0.4	38	62	30	20	17.5	62	3.55	3922.5
2D 21	0.5	39	69	26.5	19.5	16.5	91	2.1	5945.5
2D 4	0.6	34	66	38	22.5	15.5	86.5	2.7	4987.5

第 5 表 (鍛着試験)

鑄流番號	珪素	鍛鍊比 4:1 (2本平均)		鍛鍊比 2:6 (4本平均)	
		抗張力	伸	抗張力	伸
2D 14	0.3	48	7.0	50	4
2D 19	0.35	41	4.0	45.5	4
2D 18	0.4	44.5	5.5	44.5	5
2D 21	0.5	50.5	4.3	45	2
2D 4	0.6	28	2.5	51	4.5

尙以上の結果を第 6 圖乃至第 13 圖に圖示した、又硬度試験の結果は第 14 圖に示す通りである。

IV. 試験結果の考察

第 6 圖乃至第 8 圖は焼鈍狀態の成績であつて何れも珪素量 0.4% 以上に於ては彈性界、抗張力、屈曲角度は増加し斷面收縮、伸、衝擊抗力、打撃回數は減少して居る、即珪素量の増加に依り靱性の低下する事が分るのである、疲

勞試験の結果は珪素量の増加に依り稍向上の傾向を見る事が出来るが殆んど變化がないと考へる程度である、第 14 圖に示す硬度試験中焼鈍狀態のものは内外部に於て殆んど變化がない。

第 9 圖乃至第 11 圖は熱處理狀態の成績であつて焼鈍狀態と同様の傾向は認められるが其の程度は少い、唯注目すべき事は疲勞試験の結果は珪素量の増加に依り著しく向上して居る點である、又第 14 圖に示す硬度試験中熱處理狀態のものは珪素量の増加に伴ひ内外部の硬度の差が著しくなる様に考へられる、第 12 圖は鍛鍊狀態の成績で同様の傾向は認められるが受けた熱處理が同一でなかつたため特別の點は認められない。

第 13 圖は鍛着試験の結果であるが、その成績は區々で鍛着作業が一樣に行かないことに原因すると考へる。

以上の試験結果に依り珪素量の増加特に 0.4% 以上に於ては珪素量の増加に依り次の事が分る。

- (1) 彈性界、抗張力、屈曲角 は増大する
- (2) 衝擊抗力、斷面收縮、伸、打撃回數は減少する
- (3) (1)(2)の傾向は焼鈍狀態に於て著しく現はるるも焼入焼戻に依り減少する
- (4) 焼入焼戻を行た試験片の疲勞試験成績は著しく向上する
- (5) 焼入焼戻を行たものは珪素量の増加に依り内外の硬度差が著しくなる
- (6) 珪素量の増加に依る靱性の低下は抗張試験の結

果よりも衝撃及打撃屈曲試験の動的試験に明瞭に認められる

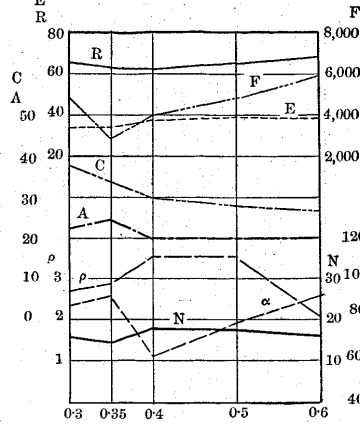
更に以上の結果に敷衍するため次の事項について點検して見た。

- (1) 鍛鍊比 2.6 の場合内外部より採取した試験片の成績比較
- (2) 鍛鍊方向に對して横及縦方向に採取した試験片の成績比較
- (3) 鍛鍊比 4.1 と 2.6 (二列に採取せる試験片中内部のもの) との成績比較

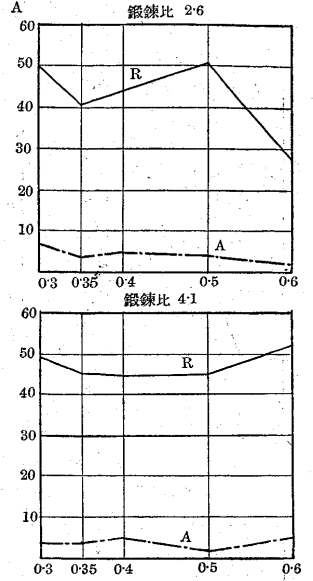
第 15 圖乃至第 20 圖はこの結果を示すものである。

第 15 圖、第 16 圖は鍛鍊比 2.6 の場合に於ける外部試験片と内部試験片との成績の差である、この内鍛伸方向の縦試験片の成績は外部試験片の方が成績のよい事を示して居る、横試験片の場合に於ては焼鈍状態では珪素量の増加に依り外部は内部より成績の低下を示して居るが熱處理状態では反對になつて居る、特に屈曲角に於て明瞭である。換言すれば珪素量の増加に依り焼鈍状態では外部が熱處理

第 12 圖 鍛鍊状態
鍛鍊比 4.1

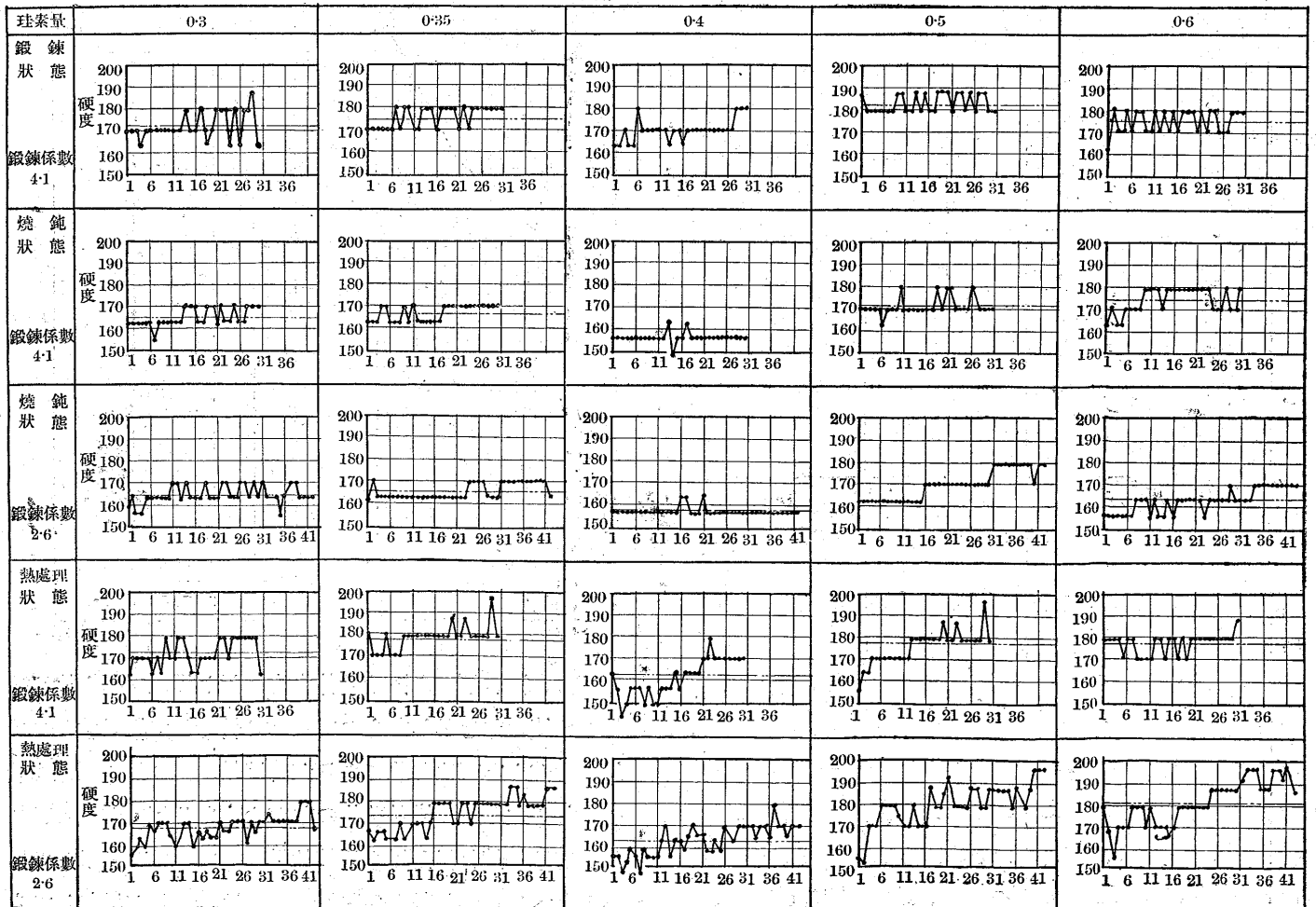


第 13 圖 鍛着試験



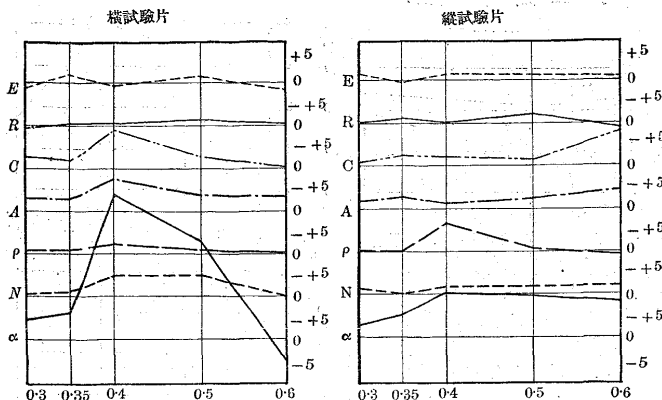
状態では内部が靱性が大である事が分る、これは珪素量の増加に依り内外部の差が大きくなる、硬度試験の結果と對照すれば珪素量少き程鍛鍊効果が等齊に及び珪素量増加する程不等齊となる傾向のある事を示すものと思ふ。

第 14 圖 硬度試験



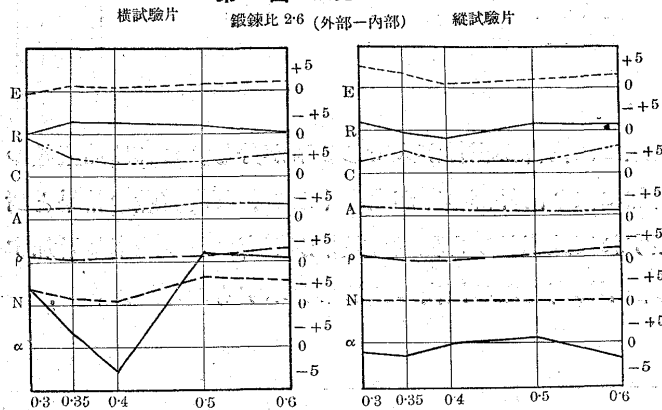
第15圖 焼鈍状態

鍛錬比2:6 (外部-内部)



第16圖 熱處理状態

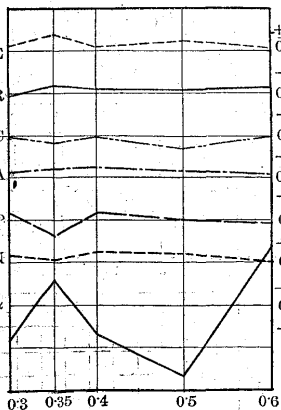
鍛錬比2:6 (外部-内部)



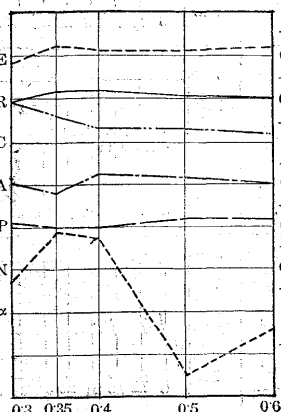
第19圖 焼鈍状態

鍛錬比の差(4:1-2:6)

横試験片



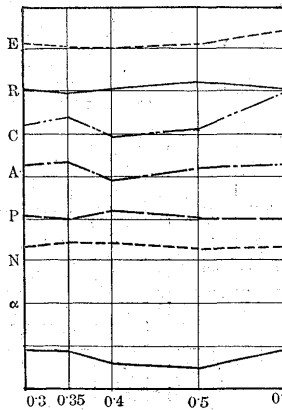
縦試験片



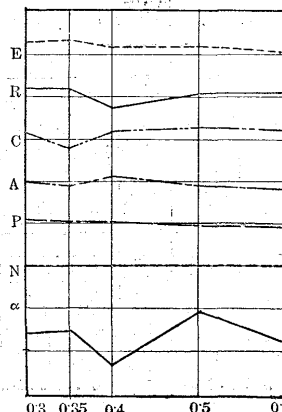
第20圖 熱處理状態

鍛錬比の差(4:1-2:6)

横試験片



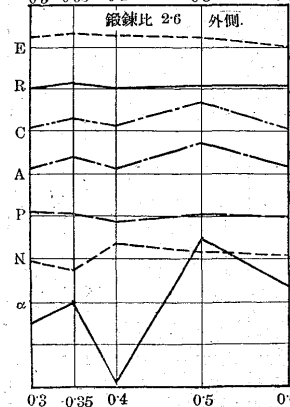
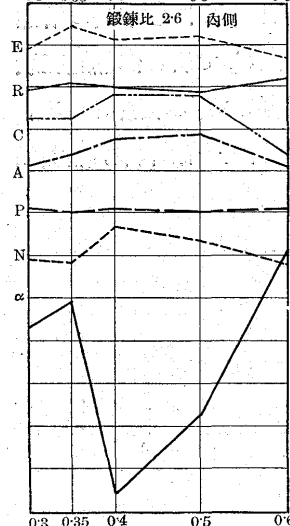
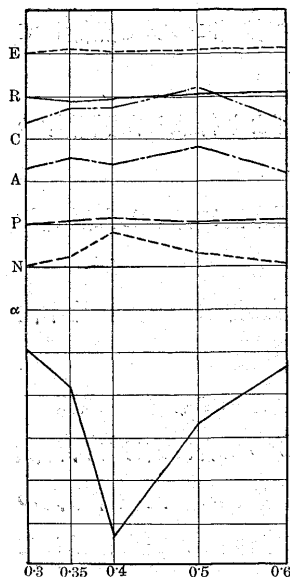
縦試験片



第17圖 焼鈍状態

鍛伸方向の差(縦-横)

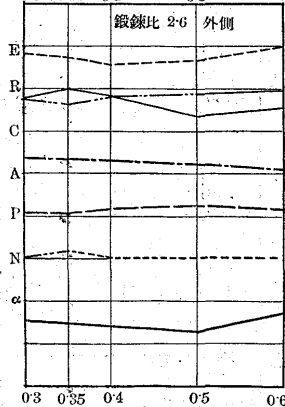
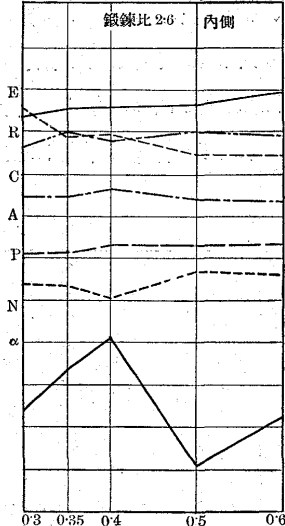
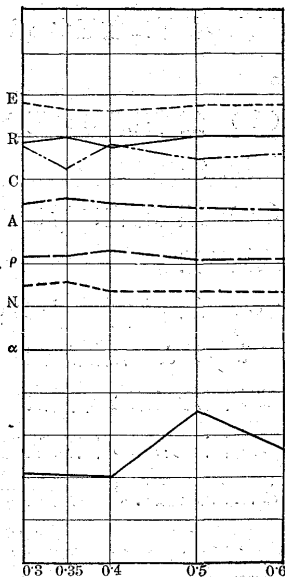
鍛錬比 4:1



第18圖 熱處理状態

鍛伸方向の差(縦-横)

鍛錬比 2:6 内側



第17圖、第18圖は鍛伸方向に對し縦試験片と横試験片の成績の差を示したものであつて總括して縦試験片の成績の方がよい事は勿論であるが、焼鈍状態に於ては珪素量の増加に依り縦、横試験片の差が少くなる傾向がある、これは實體鍛錬を行つた場合鍛錬効果が及び難い事を示して居ると考へる、然し熱處理状態に於ては珪素量が増加しても

その傾向は少くなる様で珪素量の多いものも熱處理に依て鍛鍊の影響を助けて居るものと考へられる。

第 19 圖、第 20 圖は鍛鍊比 4:1 と 2:6 との試験成績の差を示すものであつて焼鈍状態及熱處理状態のものの内鍛伸方向の縦試験片はその差が殆んどないが横試験片に於ては一般に鍛鍊比の増加した方が成績良好であるが珪素量の増加に伴ひ鍛鍊比の増加は抗張力、弾性界、衝撃抗力、打撃回数を増加し屈曲角は減少する、即珪素量の多いものは鍛鍊比の増加に依りその成績は向上する。

V. 總 括

異な鑄流番號であるが、珪素の外同一成分と認めらるる同一條件の炭素鋼塊を同一條件にて比較した結果を總括するに次の如くなる。

- (1) 珪素量の増加に依り弾性界、抗張力、屈曲角度大となり断面收縮、伸、衝撃抗力、打撃回数は低下する、換言すれば靱性は低下する。
- (2) (1)の結果は靜的試験より動的試験の方に著しい

様である。

(3) 珪素量の増加する程一次結晶の破壊困難で鍛鍊效果の徹底が不十分となる。

(4) (1)(2)の結果は熱處理状態より焼鈍状態に於て著しく現はれる。

(5) (3)(4)の結果より珪素量の多いものも鍛鍊比を増加し熱處理を行ふ事に依て靱性の低下を回復する事が出来る。

(6) 熱處理を行たものは珪素量の増加に依り疲勞試験結果は著しく向上する。

以上の結果となるが珪素量の多い場合に於ても普通の目的に使用する場合珪素量 0.6%迄のものも差支へなく使用出来る程度である。然し本研究の目的たる珪素量に強いて限度を設くるならば以上の結果に依り 0.4%以下としたい考へである、尙本研究は炭素鋼に就て行たものであつて 0.3%以下の珪素量のものには比較研究を行て居ないことを附言する。

航空發動機用曲軸鋼の撰定並其の將來に就て (其の 2)

(第 3 回工學大會講演 昭和 11 年 4 月)

高 瀬 孝 次*

ON THE SELECTION OF CRANKSHAFT STEEL FOR AERO-ENGINE AND ITS FUTURE REQUIREMENTS.

K. Takase.

SYNOPSIS—: In the course of this paper an additional study to the former papers (TETSU TO HAGANE, XIX, No. 4 and XX, No. 2) is reported and the results are summerized as follows.

Judging from endurance strength obtained by notched bar fatigue tests, ductile steels have no inferior value to that of hard and brittle ones, while the latters show much sensitiveness for notch-effect proportional to their hardness in spite of the endurance superiority for round and smooth specimen.

The hard steels, on the other hand, decrease their endurance strength very suddenly when some local stress be induced by any reason, the consequence is often proved by occurrence of a crack. It is to be beared in mind, therefor, that the surface finishing of a machine part made of such hard and brittle steel, should especially be fine and complete.

As the most reliable material for crankshaft, 100kg Ni-Cr steel and Ni-Cr-W steel are recommended, because the sensitiveness for notch-effect of these steels show as similar value when tempered at 500°C as that of at 600°C, while the other materials show very much difference between both tempering temperatures.

It is also suggested that almost all crankshaft steels should rather be tempered at about 500°C than at about 600°C in view of endurance properties.

緒 言

前回に於ける「航空發動機用曲軸鋼の撰定、並其の將來に就て」の研究に依て將來の曲軸鋼に對する要件の主要

を示し、就中如何なる成分の特殊鋼でも耐久度の比較上では、焼入後焼戻温度 650°~700°C 附近のものは何れも共通に劣てゐる事と、焼戻温度を若干低下し 500°C 附近として衝撃値の低い状態でも耐久度は劣ることなく却て増大する事が明となつた、之と同時に Notch の影響を一部分

* 陸軍航空技術研究所