

# 鐵 と 鋼 第二十五年 第十二號

昭和十四年十二月二十五日發行

## 論 說

### 炭 素 鋼 の 結 晶 粒 に 就 て

(日本鐵鋼協會第 21 回講演大會講演昭和 14 年 4 月)

柳 澤 七 郎 \*  
山 下 政 明 \*

#### ON THE-AUSTENITIC GRAIN SIZE OF CARBON STEEL.

*Shichiro Yanagisawa, Masaaki Yamashita.*

**SYNOPSIS:**—The test pieces were taken from 20 sheets of high carbon steels with about the same chemical composition which were made in both the acid and the basic open hearth furnace. The test results are as follow:—

In the normalized condition, two kinds of the tests pieces have shown about the same results with respect to the tensile test, but in the Charpy's shock test, it has been proved that the basic steel is inferior, and also that the amount of shock value depends on the coarseness and finess of austenite grains.

Further examination has been made with McQuaid-Ehn test which is used for determining the grain size, and it has been ascertained that the grain size determined by this method indicates the inherent nature of steel, and has also been Experimentally clarified that the steels having the same grain size show about the same physical properties independent to the kind of the steel refining furnaces used.

Finally, the result of the test with reference to the change of austenitic grain size in the process of refining, discloses that the controll of grain is necessary for the improvement of the quality of steel.

#### I 緒 言

オーステナイト結晶粒の粗細が鋼の性質即ち鋼の機械的性質熱處理及加工性等に影響あることは 1922 年に McQuaid 及 Ehn の兩氏が滲炭鋼の研究に於て發見した事が端緒をなし爾來此の事實を確認せる多數の研究發表がある。特に本問題に對し米國の製鋼界が最も關心を有するものの如く A.S.T.M. は既に 1933 年以來結晶粒度の標準を制定し、その利用を一般に推奨して居る程である。最近此等多數の文獻に就ては日本學術振興會第 19 小委員會の發刊になる小委 265 號に前田六郎氏が詳細に紹介されて居るから此處に引用することを省略するが結晶粒が鋼質を左右する主要なる因子であることに於て是等多數の研究者の見解が大體一致して居る。従て本報告は結晶粒度と鋼質との關係に就て再検討を行ふのが主眼でなく著者等が嘗て試みた酸性平爐鋼と鹽基性平爐鋼との材質比較に際し、適

と材質の優劣が鋼の先天的結晶粒度に依て決定されるばかりでなく、製鋼法と結晶粒度とが一脈の關係を有するが如き結果に遭遇したので、之に關して行た二三の實驗結果を紹介したものである。

#### II 酸性平爐鋼と鹽基性平爐鋼の機械的性質の比較

鹽基性平爐鋼は材質上酸性平爐鋼に劣り、又確實性に乏しいと言ふのが從來の定評である。従て今日迄我が國では合金鋼は勿論炭素鋼に於ても重要部品に使用するものには鹽基性平爐鋼を除外してゐるが、如何なる性質に於て鹽基性のものが劣性を示すか又その原因は如何なる點に基因するかを探求し、鹽基性平爐製鋼法の改善に對する指針を得る目的で兩製鋼法に依て作た高炭素鋼に就て比較試験を行つたものである。

(1) 實驗試料 實驗試料は容量 40t の酸性及鹽基性平爐を用ゐて高炭素鋼を製造するに際し、取鍋の約 1/3

\* 住友金屬工業株式會社

注湯後に於て別に重量約 6kg の試験鋼塊を採取した。その多數の鋼塊中より化學成分の略等しきもの各 20 餘熔解を選定し、實驗試料の作製に供したものである。尙本試験に高炭素鋼を特に選んだ理由は兩平爐共に此の種の熔解機會が最も多く多數の試料を得ることが容易であり、且つ又鹽基性平爐に於ては高炭素鋼の製造が比較的困難に屬するものであるから、兩製鋼法による鋼質の比較研究に却て都合がよいと考へた爲である。各試料の化學成分は第 1, 第 2 表に掲げた如く極めて狭い範圍で各元素量が揃て居り、その平均値では酸性鋼の方が磷、硫黃に於て僅かに高いだけであるから、成分上からは差異なきものと見做して差支

第 1 表 酸性平爐鋼試料の化學成分

試験記號	熔解番號	化學成分%					
		C	Si	Mn	P	S	Cu
A 1	A 63059	0.66	0.28	0.75	0.026	0.022	0.12
A 2	A 72012	0.66	0.32	0.72	0.024	0.033	0.13
A 4	A 72326	0.65	0.32	0.69	0.033	0.026	0.14
A 5	A 72338	0.65	0.30	0.72	0.034	0.027	0.13
A 6	A 72379	2.66	0.20	0.70	0.032	0.031	0.12
A 7	A 72399	0.66	0.26	0.67	0.031	0.032	0.12
A 8	A 72410	0.66	0.28	0.71	0.031	0.027	0.14
A 9	A 72417	0.65	0.26	0.74	0.033	0.025	0.12
A 10	A 72424	0.66	0.26	0.78	0.021	0.027	0.12
A 11	A 72527	0.65	0.25	0.69	0.030	0.038	0.12
A 12	A 72536	0.66	0.31	0.71	0.032	0.030	0.13
A 13	A 72545	0.66	0.20	0.62	0.037	0.031	0.09
A 14	A 72575	0.65	0.23	0.73	0.025	0.030	0.11
A 15	A 72629	0.66	0.24	0.70	0.031	0.027	0.12
A 16	A 73028	0.66	0.30	0.75	0.031	0.034	0.14
A 17	A 73060	0.66	0.25	0.63	0.026	0.035	0.13
A 19	A 73180	0.66	0.26	0.65	0.033	0.030	0.14
A 20	A 73293	0.65	0.29	0.76	0.031	0.025	0.13
A 22	A 73342	0.65	0.25	0.72	0.029	0.027	0.13
A 23	A 73599	0.66	0.20	0.65	0.031	0.025	0.14
		0.65	0.20	0.65	0.021	0.022	0.09
		0.66	0.32	0.78	0.037	0.035	0.14
平 均		0.66	0.26	0.71	0.030	0.029	0.12

第 2 表 鹽基性平爐鋼試料の化學成分

試験記號	熔解番號	化學成分%					
		C	Si	Mn	P	S	Cu
B 24	B 7236	0.66	0.26	0.78	0.016	0.022	0.14
B 25	B 7582	0.65	0.23	0.72	0.015	0.021	0.14
B 26	B 71021	0.66	0.27	0.78	0.017	0.020	0.16
B 27	B 71103	0.65	0.28	0.76	0.023	0.028	0.11
B 28	B 71820	0.65	0.24	0.67	0.018	0.022	0.12
B 29	B 72254	0.66	0.24	0.65	0.018	0.027	0.13
B 30	B 72307	0.65	0.29	0.80	0.033	0.030	0.11
B 32	B 72365	0.66	0.25	0.74	0.032	0.026	0.12
B 34	B 72484	0.65	0.25	0.67	0.030	0.025	0.11
B 35	B 72839	0.65	0.27	0.76	0.017	0.022	0.13
B 36	B 72927	0.65	0.28	0.73	0.016	0.020	0.16
B 37	B 73069	0.66	0.29	0.67	0.017	0.030	0.10
B 38	B 73084	0.66	0.29	0.69	0.024	0.025	0.15
B 39	B 73078	0.66	0.28	0.70	0.022	0.030	0.12
B 40	B 73116	0.65	0.31	0.65	0.023	0.023	0.14
B 41	B 73295	0.66	0.25	0.70	0.018	0.021	0.10
B 42	B 73314	0.66	0.26	0.70	0.007	0.024	0.17
B 43	B 73395	0.65	0.25	0.66	0.032	0.026	0.16
B 44	B 73428	0.65	0.26	0.73	0.020	0.023	0.14
B 45	B 72495	0.66	0.26	0.66	0.019	0.019	0.15
		0.65	0.23	0.65	0.007	0.019	0.10
		0.66	0.31	0.80	0.032	0.030	0.17
平 均		0.66	0.26	0.71	0.021	0.024	0.13

ない。

(2) 機械的性質の比較 前記試験鋼塊を鍛鍊比約 8 に鍛延して 25mm 角としたものを抗張試験用に、更に 15mm 角に鍛造して硬度及衝撃試験用の試験片に用いた。鍛造後何れも 850°C に於て焼準處理を施しこの状態に於ける機械試験を行た結果を第 3 及 4 表に示した。

之等の表を比較對照すれば解る様に抗張試験の結果に於ては酸性、鹽基性何れの製鋼法による鋼も殆んど差異なく抗張力、伸は共に優劣を認めない。然し衝撃値の個々の値は區々ではあるが全體的に觀察すれば酸性鋼の方が勝れて居る。

尙總平均をとることは此等の數値から見て多少無理であるが、平均値を以て比較すれば酸性の方が鹽基性のものより遙かに優れて居ることが明瞭である。又硬度は顯著な相異ではないが、概して酸性鋼の方が僅かに高いことも注目される。即ちこの比較試験に依り靜的な抗張試験に於ては差異はないが、衝撃値に於ては酸性平爐鋼が優り又硬度も稍高いことが明確にされた。

(3) 結晶粒度と衝撃値との關係 機械的性質の比較により衝撃値に於て酸性鋼と鹽基性鋼との間に差のある事を認めたとので、その原因を探求する目的で非金屬介在物の顯微鏡検査並に酸性、鹽基性鋼中の代表的なもの 4 種を選んで化學分析による酸素量の定量を試みた。その結果は第 5 及 6 表に示す通りで倍率 100 の顯微鏡下にて計測せる程度の非金屬介在物に於ては略同様の數値を與へる。又酸素量に於ても鹽基性の方が稍多いものもあるが、特に此

第 3 表 酸性平爐鋼の機械的性質

試験記號	彈性界 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	收縮率 %	アイソット値 ft.lbs	硬 度 HR-C
A 1	51.0	93.0	15.9	28.9	34.7	29
A 2	47.0	90.2	16.4	25.3	43.4	28
A 4	45.0	88.7	17.0	27.7	33.8	23
A 5	47.0	90.0	16.1	25.2	22.3	28
A 6	48.0	88.3	14.8	25.3	34.1	25
A 7	—	87.1	14.8	25.3	30.2	28
A 8	—	83.9	16.4	23.5	—	—
A 9	46.0	89.7	17.7	21.5	28.7	29
A 10	46.0	89.0	15.0	25.3	13.9	29
A 11	45.0	89.0	14.8	17.7	—	—
A 12	45.0	90.9	15.8	19.0	—	—
A 13	43.8	85.8	16.8	24.0	—	—
A 14	44.0	88.3	16.4	25.3	20.0	27
A 15	46.0	90.8	16.4	27.7	—	—
A 16	47.0	90.5	18.3	31.3	40.5	23
A 17	47.0	88.6	15.3	26.5	13.4	28
A 19	47.0	91.3	15.9	25.3	—	—
A 20	49.0	90.6	15.8	25.3	—	—
A 22	45.0	87.9	17.7	23.9	55.1	27
A 23	47.0	90.7	15.3	17.7	11.8	28
平 均	43.8/51.0	87.6/93.0	14.8/18.3	17.7/31.3	11.8/55.1	26/29
	46.4	89.5	16.1	26.2	34.6	23

表 4 第 鹽基性平爐鋼の機械的性質

試験 記號	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	收縮率 %	アイソット値 ft. lbs	硬度 HR-C	結晶粒の大きさ		
							粒の平均面積 μ <sup>2</sup>	1in <sup>2</sup> 内の 粒数 × 100	A.S.T. M.No.
B24	46.0	87.5	18.5	30.1	—	28			
B25	46.0	89.1	17.2	27.7	32.8	27			
B26	47.0	89.8	16.5	28.9	—	—			
B27	46.4	89.2	15.6	22.8	18.9	25			
B28	45.3	85.8	17.6	27.7	17.9	23			
B29	43.0	86.9	16.2	26.5	12.5	27			
B30	43.0	93.0	16.3	24.0	25.7	28			
B32	50.0	93.1	13.8	20.2	—	—			
B34	45.0	89.2	14.0	21.5	—	—			
B35	46.0	90.4	17.2	31.3	17.4	26			
B36	47.0	89.6	16.2	31.3	15.0	26			
B37	46.0	88.1	15.9	24.0	—	—			
B38	43.0	86.5	16.7	26.5	33.6	28			
B39	45.0	88.1	15.6	26.5	—	—			
B40	47.0	90.6	14.5	20.2	12.7	27			
B41	45.8	89.2	16.2	26.5	16.9	27			
B42	47.0	90.3	15.3	22.8	13.5	27			
B43	48.0	91.1	15.9	25.3	13.5	26			
B44	—	91.4	17.4	26.5	—	—			
B45	47.0	90.2	16.1	24.0	—	—			
平均	43.0/48.0 46.2	85.8/93.1 89.4	13.8/18.5 16.1	20.2/31.3 25.2	12.5/44.5 21.9	23/28 26.5			

表 6 第 鹽基性平爐鋼の非金属介在物の数と結晶粒の大きさ

試験 記號	非金属介 在物数 (1mm <sup>2</sup> 當り)	結晶粒の大きさ			アイソ ット値 ft. lbs	硬度 HR -C	眞空熔 融法に よる酸 素%
		粒の平均面積 μ <sup>2</sup>	1in <sup>2</sup> 内の 粒数 × 100	A.S.T. M.No.			
B24	55	5,040	13	5	—	28	
B25	40	4,608	14	5	32.8	27	
B26	39	1,623	38	6	—	—	
B27	54	886	70	7	18.9	25	
B28	39	976	64	7	17.9	23	0.0024
B29	38	1,008	62	7	12.5	27	
B30	42	801	78	7	25.7	28	
B32	40	2,450	25	6	—	—	
B34	42	2,880	22	5	—	—	
B35	42	822	76	7	17.4	26	
B36	40	1,262	49	7	15.0	26	
B37	40	—	—	—	—	—	
B38	30	2,932	22	5	33.6	28	
B39	33	1,735	36	6	—	—	
B40	48	1,096	57	7	12.7	27	0.0054
B41	38	1,059	59	7	16.9	27	0.0027
B42	47	686	91	7	13.5	27	0.0086
B43	47	1,041	60	7	13.5	26	
B44	39	946	66	7	—	—	
B45	46	—	—	—	—	—	
平均	30/55	686/5,040	13/91	5/7	12.5/44.5	23/28	0.0024/ 0.0086 0.0048
	42	1,769	50	7	21.9	26.5	

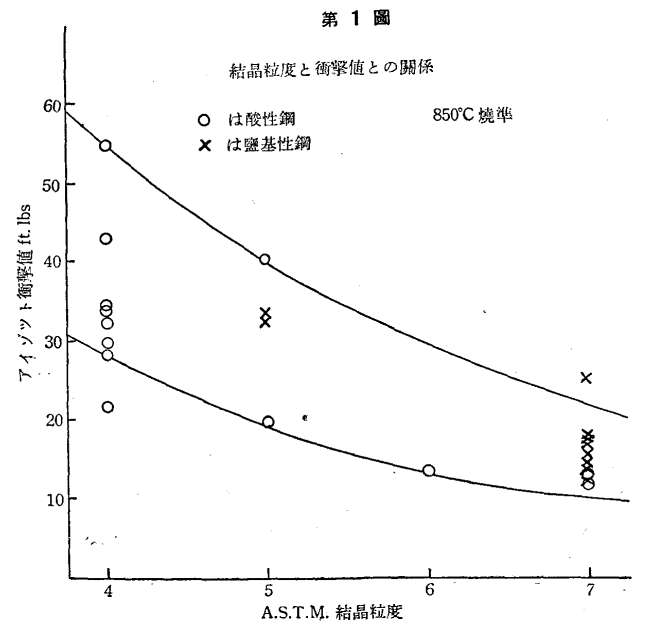
等は兩種の鋼の優劣に對する説明にならない。

次に從來から結晶粒度は衝撃値に直接影響すると言はれて居る事を想起し McQuaid 及 Ehn の方法を採用して各試料に對し結晶粒度の測定を行た。即ち 920°C×6h の滲炭處理に依たもので A.S.T.M. の標準粒度数を用ひて第5及6表にその結果を示した、この表から衝撃値と結晶粒度とは極めて密接なる関係のある事が観取された。而して酸性、鹽基性の製鋼法には無關係に粒度の粗細が衝撃値の大小を支配するが如き傾向を呈してゐる。之を圖示すれば第1圖の如き曲線となる。

表 5 第 酸性平爐鋼の非金属介在物の数と結晶粒の大きさ

試験 記號	非金属介 在物数 (1mm <sup>2</sup> 當り)	結晶粒の大きさ			アイソ ット値 ft. lbs	硬度 HR -C	眞空熔 融法に よる酸 素%
		粒の平均面積 μ <sup>2</sup>	1in <sup>2</sup> 内の 粒数 × 100	A.S.T. M.No.			
A 1	68	5,760	11	4	34.7	29	
A 2	54	5,376	12	4	43.4	28	0.0024
A 4	44	5,202	12	4	32.8	28	
A 5	46	8,960	7	4	22.3	28	
A 6	47	5,376	12	4	34.1	26	0.0026
A 7	38	5,202	12	4	30.2	28	0.0034
A 8	46	2,688	24	5	—	—	
A 9	35	7,168	9	4	28.7	29	
A10	33	1,344	48	6	13.9	29	
A11	47	2,823	23	5	—	—	
A12	35	3,886	17	5	—	—	
A13	36	3,536	18	5	—	—	
A14	33	3,506	18	5	20.0	27	
A15	31	3,481	26	6	—	—	
A16	40	3,886	17	5	40.5	28	
A17	40	1,111	58	7	13.4	28	
A19	—	2,688	24	5	—	—	
A20	40	3,437	19	5	—	—	
A22	42	6,086	11	4	55.1	27	0.0029
A23	35	1,111	58	7	11.8	28	
平均	31/88	1,111/8,960	7/58	4/7	11.8/55.1	26/29	0.0024/ 0.0034 0.0028
	41.6	4,081	23	5	34.6	28	

尙此の測定結果から酸性鋼に於ては粗なる結晶粒多く、之に反して鹽基性鋼は細粒が多い。此の關係を本實驗に使

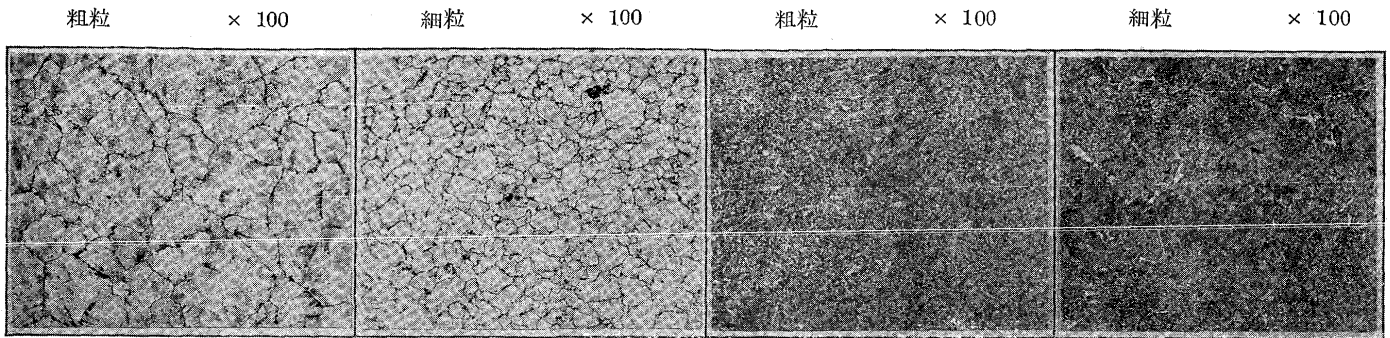


用した試料に就て比率を求むれば、酸性鋼の 80% は A.S.T.M. 結晶粒度 No.4 及 5 を呈し、鹽基性鋼の 80% は No.6 及 7 である事を示した。此の事實は更に結晶粒度和製鋼法との關係を示唆するものの如く興味ある問題である。

(4) 熱處理と衝撃値との關係 衝撃値と結晶粒度和の關係から、その數値の差は主として結晶粒の粗細に依て定まるものと解せられた。然るに從來の觀念に於ては細粒のものが衝撃値が勝るものとされてゐるのに對し、本試驗

寫眞第 1 粒度と焼戻後の組織 C≒0.66% 炭素鋼

(×100 を 0.7 に縮寫)



に於ては全く反對の結果を得たので、此の點を更に吟味するため酸性及鹽基性鋼の兩方より代表的なもの各 4 熔解の試料をとり焼鈍及焼入、焼戻處理を施したものに對する衝擊試験を行た。第 7 表はその結果である。

第 7 表 焼戻温度に依る衝擊値の變化

試験記號	A.S.T. Mの結晶粒度	焼戻温度と Shock Value. ft.lbs				
		920°→ F.C	400	500	600	680
A 1	4	5.1	1.3	10.8	34.7	62.7
A 5	4	4.1	4.5	9.7	22.3	36.0
A 9	4	4.0	4.3	11.5	28.7	37.8
A16	5	3.8	3.8	17.1	40.5	54.4
平均		3.8/5.1 4.2	1.3/4.5 3.4	9.7/17.1 12.2	22.3/40.5 31.5	36.0/62.7 47.7
B27	7	8.0	11.3	23.7	18.9	63.0
B29	7	5.6	9.3	12.1	12.5	17.0
B35	7	6.1	9.8	10.6	17.4	23.9
B43	7	5.2	9.7	11.0	13.5	38.1
平均		5.2/8.0 6.2	9.3/11.3 10.0	10.6/26.7 15.1	12.5/18.9 15.6	17.0/63.0 35.5

850°C 油焼入。400, 500, 600, 680°C 焼戻。

焼鈍温度 920°C は高温に過ぎるが結晶粒度の測定温度と一致せしめる爲め特に行たものである。此の試験結果によると焼鈍及焼戻温度の低い場合は細粒の方が粗粒鋼より衝擊値が勝るが、焼戻温度が高くなると反對に粗粒の方が大となる。此の原因は硬度並に寫眞第 1 に掲げた顯微鏡組織から觀取される通り結晶粒度と焼入性との密接なる關係から説明出来る。即ち酸性鋼に屬する粗粒のものは焼入性に富み、これに反して細粒を有する鹽基性鋼は焼入性に乏しい。従て焼戻温度の低い範圍では結晶粒界にフェライトが残存する細粒鋼が衝擊値が大であるが焼戻温度が高くなると粗粒の酸性鋼は完全なるソルバイト組織を呈して

衝擊値が焼戻温度の上昇に従て大になる。これに反し細粒鋼はフェライトとソルバイトになつて衝擊値の上昇を示さないのである。尙前項に於て 850°C から焼準した細粒の方が却て衝擊値の低いことも同様の理由で説明出来る。即ち 15 mm 角材の如き小試片を 850°C から空冷を行へば焼入性に富む粗粒の鋼は割合に多量にソルバイト化される爲め衝擊値が大となるものと判斷される。尙硬度が稍高目であることも此の説明を裏書する。

### III 結晶粒度に関する實驗

前章の實驗により McQuaid-Ehn 法によるオーステナイト粒度と鋼質の間には重要な關係のある事を認めたのみならず、この粒度の粗細は製鋼法即ち鋼の「生れ」に因縁を有するが如き結果を得たので、今後の研究を進めるためには、此の結晶粒測定方法が鋼の先天性をどの程度に表示するか、換言すれば、造塊後の取扱、例へば鍛造、熱處理等の第二次の處理によつて結晶粒度に變化を生ずるかどうかを明確にする必要を感じたので、次の如き實驗を行た。T. Swinden 及 G.R. Bolsover\* の兩氏は McQuaid Ehn 法による結晶粒度測定法を採用し粒度は鍛鍊温度の

寫眞第 2.

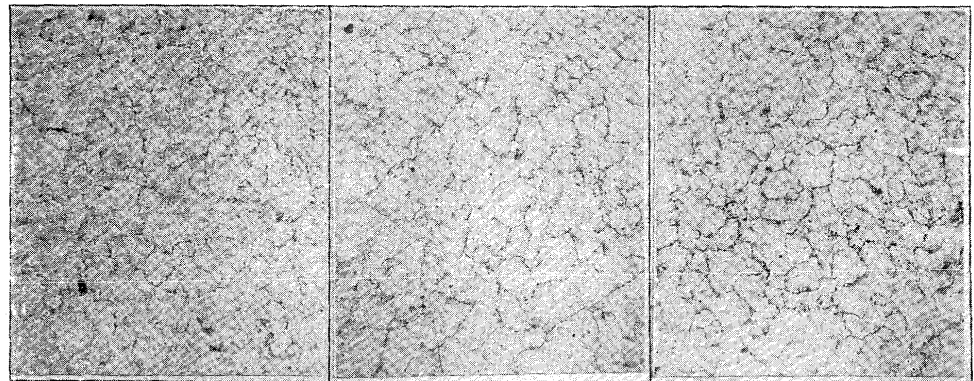
鋼塊内各部の粒度 C≒0.69% 100kg 鋼塊

C920°×6h

頭部外側

中央中心

底部外側



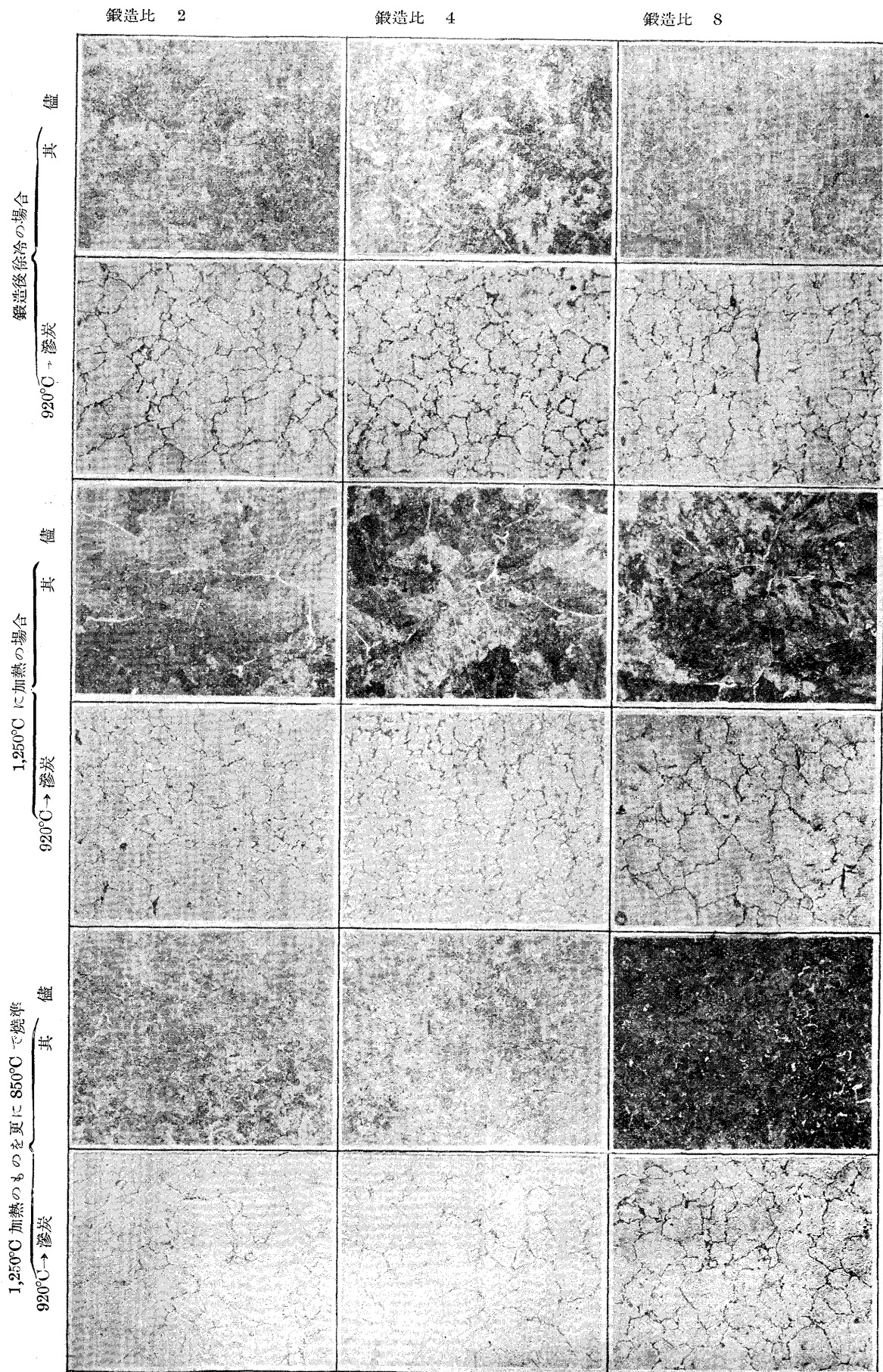
×100 を 0.8 に縮寫す

\* T. Swinden and G. R. Bolsover, Heat treatment and Forging, Nov, 1936.



写真第3 鋼の取扱経歴と McQuaid Grain Size の関係を示す

C=0.66% の炭素鋼 (100kg 鋼塊) の例 5%ピクリン酸(但し粒度測定は 920°C×6h 滲炭ピクレート腐蝕)×100



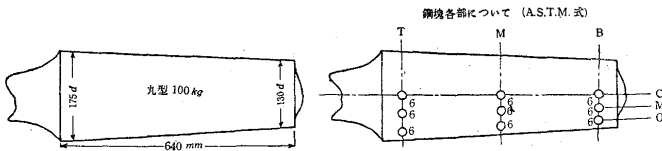
高低には無影響なることを報じてゐるが、鑄鋼その儘の状態との比較は行てゐない。

(1) 實驗試料 實驗試料には第2圖に示す如き酸性平爐製の高炭素鋼 100kg 鋼塊を使用したもので、その化學成分は次の通りである。

	C	Si	Mn	P	S	Cu
A	0.69	0.26	0.68	0.040	0.032	0.11%

第 2 圖

第 3 圖

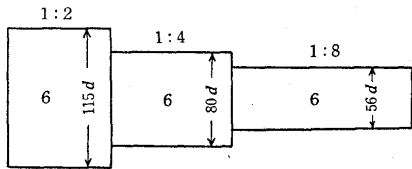


(2) 實驗及結果 上記鋼塊並に鍛造試料より適當な試片を切出し McQuaid-Ehn 法に準じて結晶粒度の測定を行つた。その要領及結果は次の通りである。

イ) 鋼塊内の試料の位置による結晶粒度 この實驗は結晶粒度を決定する場合に、その採取試料が鋼塊内の位置によつて變化するかどうかを確かめたものである。(寫眞第2参照)

第 4 圖

鍛造比を異にせる場合(A.S.T.M.式)



ロ) 鍛造比を異にせる場合の結晶粒度 上記鋼塊の一部を第4圖の如く鍛造し、鍛造比

を異にせる場合の結晶粒度の變化を吟味した。

ハ) 結晶粒度測定に對する滲炭溫度の影響 McQuaid-Ehn 法に於ては、滲炭溫度を 1,760°F (約 920°C) と決定して居る。滲炭溫度低きときは前處理の影響を存置する恐れがあり、又高過ぎる時はオーステナイト結晶粒の成長を惹起して比較が困難になる、從て本測定法に於ては滲炭溫度の適正が最も重要なは當然である。

第 8 表 滲炭溫度による結晶粒度の變化(A.S.T.M.式)

鍛造比	滲炭溫度°C			
	820	920	1,020	1,120
2	滲炭不充分	6	4	3
4	〃	6	4	3
8	〃	6	3	3

第 9 表 滲炭前の處理による結晶粒度の變化(A.S.T.M.式)

鍛造比	滲炭前の熱處理			
	鋼塊のまま	鍛造のまま	1,200°C に加熱す	1,200 → F.C. 850 → A.C.
0	6	—	—	—
2	—	6	6	6
4	—	6	6	5
8	—	6	5	6

ニ) 滲炭前の經歷の影響 同一鋼塊を用ひて結晶粒度測定前に試料の経過した處理方法の影響の有無を検した。第9表はその結果である。(寫眞第3参照)

以上の實驗により炭素鋼に關する限り McQuaid-Ehn 法による結晶粒度の測定は鑄鋼の後に加へられる如何なる處理にも殆んど影響がなく、且つ試験材の採取位置に依つても粒度に變化を與へぬ事を確認した。從て此の方法に依つて結晶粒度を測定すれば鋼の先天性を検證しうるものと歸納してよいと考へる。尙オーステナイト結晶粒度が鋼の鑄込溫度並に鑄型の溫度等によつて影響なきかと言ふ問題が残されるが、これに關する實驗の結果、樹狀組織並に顯微鏡組織には明瞭に變化を與へるが、本法によるオーステナイト結晶粒度には無關係であることも認め得た。

#### IV 等結晶粒度を有する鋼の比較

前章の實驗により結晶粒度の等しき鋼はその製鋼法の如何を問はず、略同様なる性質を現示するものと解せられる此の事實を更に確認する目的を以て、製鋼法を異にせる鋼より等結晶粒を有し、且つ化學成分の近似せるものを選出して機械的性質の比較を試みた。

(1) 實驗試料 實驗試料は 40 吨容量の酸性平爐、鹽基性平爐及 15 吨容量の電氣爐鋼の三種で、前項の實驗に用ひたものと同一の 100kg 鋼塊を使用し、抗張試験片並に衝擊試験片には鋼塊底部側を 25mm 丸に鍛延せるものを、又焼入性の比較試料には頂部より鍛造比約 8 に相當する 56mm 丸×100mm の鍛延材を採取した。各試料の化學成分並に結晶粒度を第 10 表に示した各成分は近似のものであるが、炭素量は酸性平爐鋼が特に高く又 O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 量は電氣爐鋼が著しく高い。

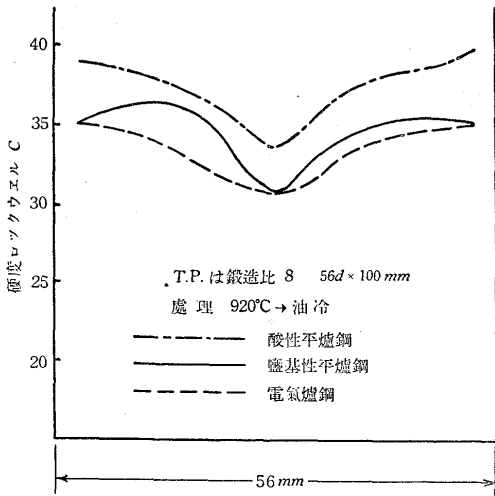
第 10 表 化學成分

鋼種	製鋼法	C	Si	Mn	P	S	Cu	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
A	酸性平爐鋼	0.69	0.26	0.68	0.040	0.032	0.11	0.0034	0.0051
B	鹽基性平爐鋼	0.65	0.26	0.67	0.047	0.027	0.09	0.0026	0.0056
E	電氣爐鋼	0.66	0.24	0.69	0.014	0.013	0.14	0.0061	0.0108

(2) 焼入性の比較 結晶粒度は鋼の焼入性に顯著な影響を與へ、その結果は機械的性質を支配するものである事は前述の實驗に於て證明された。從て若し等結晶粒度を有する鋼を焼入すれば、製造法の如何を問はず焼入に依り同様の硬化深度を示すべきものと想像される。この實驗に用ひた試料は前項に述べた 56mm 丸×100mm の大きさで 920°C に 30 分保持して油冷したものを中央より切斷し、その横斷面の硬度をロックウェル硬度計で測定したもので

ある。第5圖はこの結果を示す曲線である。此の三本の曲線は全く同一の硬化性を示したものと

第 5 圖



の種の高炭素鋼に於ては焼入硬化は勿論炭素量の如き成分上の影響も合せて考へるのが至

當であるから、これ等を参照して此の三種の鋼は等しき焼入性を現示したものと解して差支ないものと思ふ。

(3) 機械的性質の比較 機械的性質の比較は前章の酸性及鹽基性平爐鋼の比較實驗と對照的に、燒準状態と燒入、燒戻状態とについて行た。その結果は次の第 11 及 12 表に掲げた如く、酸性平爐鋼は炭素量が稍高き關係上抗張試驗に於て抗張力高く、伸び收縮率は低い値を示した

第 11 表 燒準後の成績

鋼種	熱處理	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	收縮率 %	アイゾット ft.lbs	結晶粒 度 A.S. T.M.
酸性鋼	850°C-A.C.	51.5	96.3	15.8	26.5	2.6	6
鹽基性鋼	"	46.9	92.7	17.4	30.0	5.8	6
電氣爐鋼	"	50.6	89.2	19.3	34.8	4.8	6

衝擊試驗成績は特に注目すべき變化を示さない。敢て此の結果を詳細に點檢すれば、電氣爐鋼の方が炭素量の割合に比較的靱性を示したものと言ひ得るが、前回の粒度差の影響と比較對照すればその差は僅少と見てよい。從て實驗例としては不充分であるが、鋼が等結晶粒度を有する場合は製鋼法の如何を問はず略同様の機械的性質を附與し得るものと考へられる。

第 12 表 燒入、燒戻後の成績

T.P. は 25f x 120mm 燒入は 850°C → 油冷  
燒戻は各温度に 30 分保持油冷

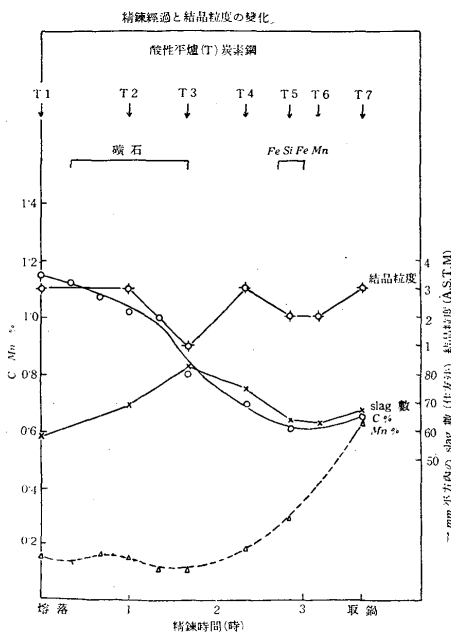
鋼種	燒戻温度 °C	弾性界 kg/mm <sup>2</sup>	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	延伸率 %	收縮率 %	アイゾット ft. lbs
酸性平爐鋼	450	90.3	128.6	12.9	28.0	6.9
	500	82.9	122.2	14.0	30.5	8.3
	550	76.3	112.9	16.4	34.9	15.4
	600	75.0	107.0	18.1	41.0	22.2
	650	61.3	93.6	20.6	51.0	24.4
鹽基性鋼	450	81.8	124.0	13.0	30.1	7.7
	500	76.8	117.9	16.0	31.7	7.8
	550	74.8	112.0	16.2	36.3	17.2
	600	70.3	104.2	18.4	41.8	25.4
	650	63.4	91.7	21.8	52.2	26.0
電氣爐鋼	450	82.6	119.0	15.1	31.4	9.5
	500	76.4	112.0	17.1	37.0	10.4
	550	70.8	105.5	18.2	41.8	21.8
	600	67.3	99.4	19.7	46.0	26.4
	650	60.2	88.1	23.3	55.8	32.0

響と比較對照すればその差は僅少と見てよい。從て實驗例としては不充分であるが、鋼が等結晶粒度を有する場合は製鋼法の如何を問はず略同様の機械的性質を附與し得るものと考へられる。

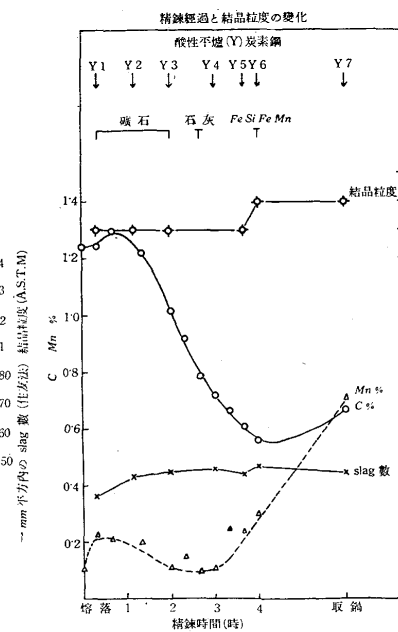
### V 精鍊經過に於ける結晶粒度に関する實驗例

以上の實驗事實に徴するに結晶粒度の粗細は鋼質を支配する重要な役割をなし、且つ茲に取扱た高炭素鋼の範圍に於ては鑄鋼後の第二次處理に依て粒度の變化がなく、

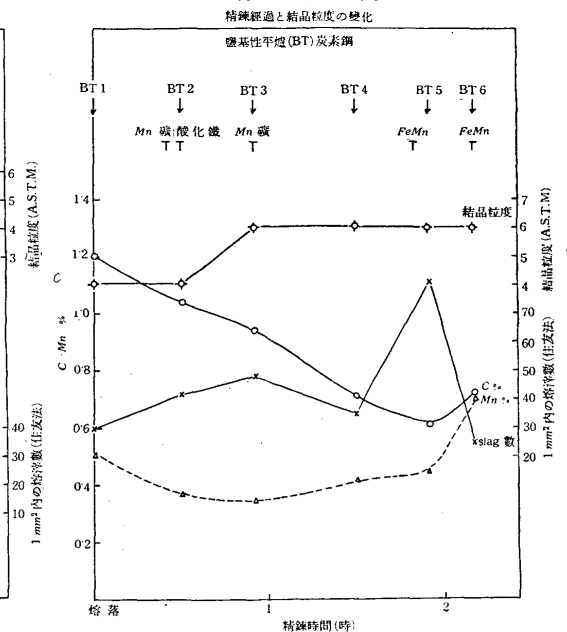
第 6 圖



第 7 圖



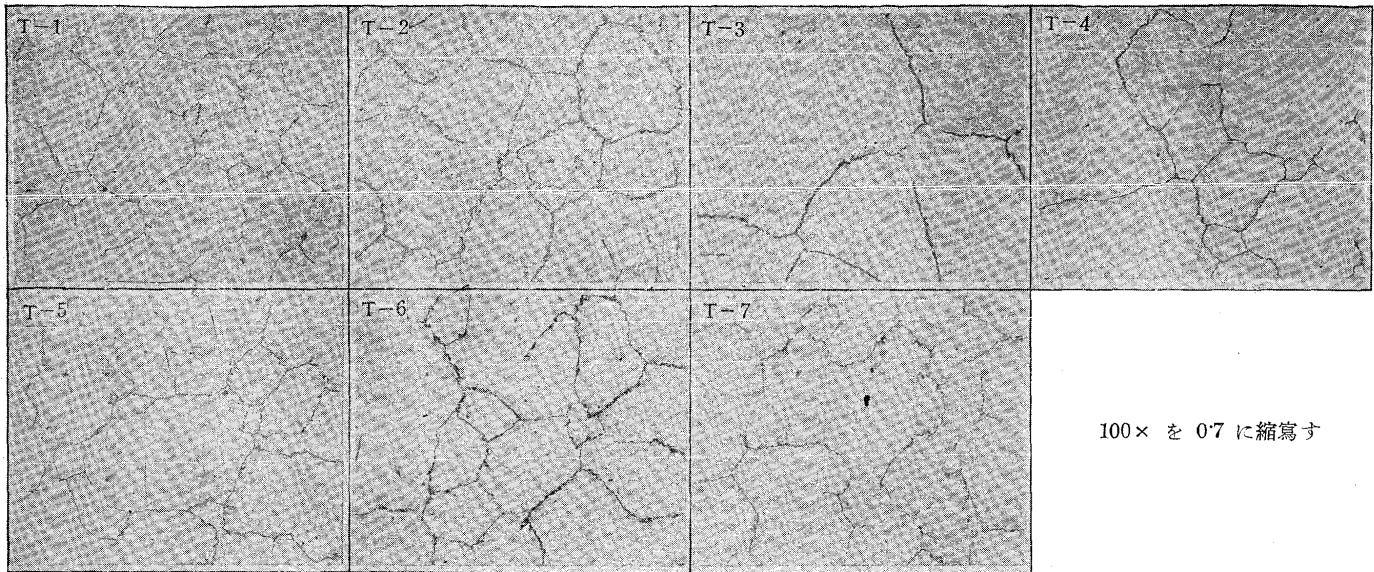
第 8 圖



## 寫眞第4 精鍊經過中の試料の結晶粒を示す

酸性平爐鋼(炭素鋼)の例

920°×6h 滲炭ピクレート腐蝕×100



鋼はその先天性を最後まで失はないことが實證された。換言すれば粒度に關する鋼質は熔解によつて定まるものであることを知た。従て鋼の精鍊經過中に於ける結晶粒度の變化を觀測し、結晶粒度の調節を精鍊經過に於て自由になし得る理論的根據を求め得るならば、製鋼法改善に對する一前進を期し得るものと推定される。本實驗はかゝる着意に基づき、酸性及鹽基性平爐鋼の精鍊經過中の試料に對して結晶粒度の觀測を行つた二三の實驗例であつて、結論を得るまでには至てゐないが參考にその數例を掲げた。第6及7圖は酸性平爐に於ける場合で、第7圖の例は結晶粒度が熔落後出鋼まで殆んど變化を示さぬのに對し、第6圖は精鍊中途に於ける粒度變化の著しい例を掲げた。又第8圖は鹽基性平爐に於ける精鍊經過中の結晶粒度を見たもので、マンガン鑛石投入後急に粒度の變化を示してゐることが注目される。

尙寫眞第4に酸性平爐熔解經過に於ける結晶粒度の測定に使用した顯微鏡寫眞の一例を示した。

## VI 結 言

酸性平爐鋼と鹽基性平爐鋼との機械的性質を比較検討した結果、衝擊抗力に差異のあることを認めた。而してその原因を鋼のオーステナイト結晶粒度に由來するものと解した。尙この事實は等結晶粒度を有する鋼に於てはその製鋼法の如何に拘らず略同等の機械的性質を示すことに依て裏書された。

從來發表された多數の文献によれば、細粒鋼は衝擊値に於

て常に粗粒鋼に勝るものとされて居るが、本實驗の結果では、是等の關係は鋼の熱處理状態に依て異り、必ずしも細粒のものが常に衝擊値が優れて現れなかつた。即ち燒準及燒戻温度の高き状態に於ては粗粒鋼の方が細粒鋼に比し却て大なる衝擊抗力を示した事が注目される。然しながらこの事實は、結晶粒度と鋼の燒入性との關係から當然招來されるものとして、前述の通り粒度の粗細に因縁する結果と考へて何等矛盾するところなく説明出来る。

次に McQuaid Ehn 法によるオーステナイト結晶粒の測定法を吟味した。此の方法で顯示される結晶粒度は鋼の熔解精鍊によつて定まり鑄造後の取扱には餘り關係しない換言すれば鋼の先天性を表示し得る方法であると判斷される。

而して、鹽基性鋼は細粒のもの多く、酸性鋼は粗粒のものの大部分なる統計的事實と照合すれば、鋼質改善の一方法として精鍊過程に於ける結晶粒度の調整の重要な事が認識される。從來から、粒度の調整には脱酸に使用する Al の量が最も有效である事は認められてゐるが、この場合の調整は粒子のより細粒化を目標とするに過ぎない。従て適當なる粒度を希望するためには、更に遡て鋼の精鍊過程と結晶粒度の關係を知る事が必要である。此の意味から、精鍊經過に於ける結晶粒の變化を測定したが、實驗例に乏しく結論に到達してゐない。然しながらこの方面の研究を進めて一定の根據を得ることは製鋼法改善に對し一進路を意味するものと考へられ興味ある問題である。