

鐵 と 鋼 第十四年 第十二號

昭和三年十二月二十五日發行

論 說

波來土鑄鐵の實用化に就いて

(昭和3年11月日本鐵鋼協會第四回講演大會講演)

瀬 戸 静 夫

内 容 目 次

- | | |
|------------------------------|--|
| (1) 波來土鑄鐵の定義。 | (3) 波來土鑄鐵に對する不純物の影響。 |
| (2) 三菱神戸造船所工場に於ける波來土鑄鐵發達の経路。 | a. 炭素の影響。 |
| a. 坩堝爐熔解。 | b. 炭素と硅素との相對的關係。 |
| b. 熔銑爐と坩堝爐との混合熔解。 | c. 滿俺の影響。 |
| c. 熔銑爐熔解。 | (4) 三菱神戸造船所工場に於て推奨する低炭素、高硅素、高滿俺波來土鑄鐵の範圍。 |
| 1. 高硅素銑を使用する方法。 | (5) 初熱度と注湯溫度。 |
| 2. コーサリス法による方法。 | (6) 波來土鑄鐵の鑄造法。 |
| 3. 直接配合法。 | |

緒 言

近來鐵鋼業に關する目覺ましき進歩特に高級鑄鐵に對する研究が深められるにつれてセミスチール波來土鑄鐵の發明となり今や百花蘭慢の時に當り神戸三菱造船所に於ても波來土鑄鐵の實地應用に就いて研究をなし幸ひにも熔銑爐で最も困難とされた低炭素の波來土鑄鐵を實用化し得て毎日の鑄造に好成績を示して居るので其の操業報告と兼ねて多少とも同好者の參考にもと考へ當社上司の許可を得て茲に報告する次第である。然し毎日現場の仕事に追はれてる餘暇を利用し、不十分な研究設備によりて實地を基礎とした實驗及び試験なので其の結果決論は誠に不完全な點が多いが諸先輩の御教示を仰いで次に行ふ可き研究の一助としたいと思ふ。

(1) 波來土鑄鐵の定義

近來喧ましく、論争されて居る波來土鑄鐵の性質に就いては學者によつて色々に云はれて居るが大同小異であつて余は次にエーデイフエンターレル氏⁽¹⁾の説明を借りる事にする。

1. 横斷否力、抗張力共に強大で強靱性を有する事
2. 衝撃に對して充分な抵抗力を有する事

3. 硬度大であつて摩擦に對して強大な抵抗力を有する事
4. ヒケの巢を造くる傾向が少なく従つて複雑な鑄物に適する事
5. 緻密な組織を有して加熱に對して何等變質せぬものなる事

以上の性質を有するものである、従つて顯微鏡的には黒鉛は極く小さく渦状を呈し、地質は緻密な波來土である事を要するのである。又化學成分の點から云へば低炭素、高硅素、高滿俺（或ひは低炭素、低硅素）を要するのであつてセミスチールも亦是等の點を指示し結局兩者は同じ者であると吾人は解釋する。元來波來土鑄鐵なる言葉は極めて曖昧な點がある、即ち地質が緻密な波來土であり黒鉛が渦状を呈する事が組織上の定義の要點であるが、普通の鑄鐵でも冷却方法如何によつては黒鉛が渦状になり全體に緻密な組織を得られる、故に余が取扱ふ波來土鑄鐵は低炭素であつて波來土が大きく發達せずソルピチックになるか又は波來土になつても極く細かい層状であり黒鉛は小さい渦状が共晶黒鉛かである様な組織のものである事を要す。

次に具體的に余が推奨する波來土鑄鐵と普通のセミスチールとの差を示す。第1表のマーク SS 44 は波來土鑄鐵、マーク B は普通のセミスチールである。材料を黒鉛坩堝で熔解し生型の試験棒 (1"φ) と製品 (燒型) の湯口と品物との三者の組織を比較す、(寫眞 SS 44. 13. 参照)

第 1 表 波來土鑄鐵と普通の鑄鐵との比較

マーク	全炭素	化合炭素	黒鉛	硅素	滿俺	抗張力 噸/吋 ²	屈曲力 封度/吋 ²	ブリ ネル
SS 44	2.925	0.883	2.042	1.767	1.536	23.81	4400	241
13	3.420	0.801	2.619	1.488	0.642	15.70	3620	192

第1表を見る時は波來土鑄鐵と普通のセミスチールとの化學的機械的性質の相違は一見して解かる、且つ顯微鏡寫眞

を見るに SS 44 では試験棒、湯口、品物の三者の間に大した相違のないのにマーク B は非常に差がある殊に波來土の發達の模様を比較する時は 13 では層状の美しきに反し SS 44 では極く細かい波來土になつて、一見非常な差がある。余は波來土鑄鐵として SS 44 の如きものを推奨する。

(2) 三菱神戸造船所工場に於ける波來土鑄鐵

近來波來土鑄鐵として世に宣傳されてる代表的のものにパウエル ランツ法とテッセンエンメル法との2法がある、前者は低炭素、低硅素であり、後者は低炭素、高硅素を以て特長として居り何れも20噸/吋²以上の抗張から出す事に成功して居る。然し現場の實地作業として其の何れを採る可きかは其工場の事情により異なるが何れにしても可であるが當工場では次の理由により、後者を採用する事にした。

1. 抗張力、硬度は殆んど同様であるが化學分析は相違して居る、即ち表示の如し

	炭素	硅素	滿俺
エンメル法	2.3~2.8	1.8~2.8	0.8~1.2
ランツ法	2.8~3.2	0.7~1.0	0.5~0.8

2. ランツ法は低硅素なるために白銑化する怖れがあるからして薄物に對しては鑄型を特くに豫熱 (100°C 以上) するか又は乾燥爐から出した型

を出来る丈け早く被せ前へをして鑄型の溫度を成る可く低くならぬ様にして鑄造する様にする従つて

肉厚き事を要し薄物には不向きである。之れに反しエンメル法は高硅素であるからして流動性よく薄物に適す。

3. 従つてランツ法は生型鑄物に適應せぬがエンメル法は生型にも適し得る。
4. ランツ法は低硅素なる故に熔銑爐の配合も簡單であり又其の操業法も容易であるがエンメル法は低炭素、高硅素なるため熔銑爐操業が困難である。
5. 次に當工場の高級鑄物を要する仕事としては陸船用の蒸氣機關、デイズル機關其他、高級鑄鐵を要するものは大小、肉の厚薄種々雜多である上に生型鑄物で當然鑄造す可きものもある關係上何れにも適する地金を要求するのである。即ち流動性良く白銑化の傾向少なきテイツセン エンメル法を採用する事にした。

a. 坩堝爐熔解

テイツセン エンメル法の試験として最初は坩堝爐熔解を行ひ品物に注入した。高硅素、高滿俺を得るために特に電氣爐により再製銑を鑄造した(長崎三菱造船所にて)其分析は次に示したる如く

炭素 1.819 硅素 2.649 滿俺 1.399 硫黄 0.029 爐 0.044 であつて之れに兼二浦一號:鋼屑を配合して得たものが第2表に示すものである。

第2表 坩堝爐熔解に於ける成績

イ-7	全炭素	化炭素	黒鉛	硅素	滿俺	硫黄	燐	抗張力 1000kg/cm ²	横切力 kg/cm ²	ブリネル
SS3	2.466	0.480	1.986	2.410	0.774	0.065	0.116	18.64	3850	229
SS2	2.203	0.564	1.639	2.006	0.741	0.078	0.141	19.46	3875	229
SS20	2.526	0.582	1.944	1.837	1.148	0.067	0.153	21.60	4230	235
SS26	2.695	0.513	2.182	1.746	1.151	0.072	0.156	21.53	3680	255
SS6	2.747	0.758	1.989	1.934	1.071	0.076	0.126	23.97	4860	248
SS7	2.747	0.652	2.095	1.828	1.054	0.070	0.129	24.60	4614	255
65	2.935	0.910	2.025	1.985	1.996	0.025	0.046	27.58	4975	285

試験棒 生形鑄造にして抗張力試片寸法は直径1"丸より0.564時に仕上たるもの、横切力試片は1 1/2"角より1"角に仕上げたるもの、硬度試片は横切力試片より1"×1"×3"の小片を取りたるもの。

次にヴェスト氏⁽²⁾の實驗を紹介する氏は黒鉛坩堝に鋼を配合して次の成績を得て居る。

第3表 高級坩堝爐鑄鐵(ヴェスト氏マセイセル氏)*

マーク	全炭素	黒鉛	硅素	滿俺	硫黄	燐	抗張力 噸/吋 ²	横切力 噸/吋 ²	撓曲 吋	ブリネル	
I	5	2.80	2.15	1.53	0.10	0.003	0.031	20.76	36.77	0.804	213
	6	2.74	1.95	1.71	0.79	0.006	0.041	20.64	36.88	0.704	214
	7	2.99	2.12	1.57	0.93	0.003	0.030	20.32	38.16	0.640	235
	8	2.79	2.15	1.54	0.96	0.007	0.039	21.59	37.85	0.664	221
	9	2.97	2.25	1.55	1.34	0.005	0.029	20.32	36.26	0.668	217
II	14	2.98	2.40	1.57	0.65	0.009	0.075	22.16	38.23	0.936	200
	16	3.01	2.36	1.45	0.80	0.013	0.064	22.16	38.16	0.800	202
	17	3.07	2.30	1.43	0.98	0.008	0.061	21.91	38.74	0.820	209
	18	3.08	2.28	1.39	1.20	0.014	0.064	22.56	39.56	0.744	215
	19	3.11	2.33	1.45	1.41	0.011	0.057	23.01	35.95	0.696	222

(2) (*). P 410. Nov. 15, 1923 The Foundry Trade Journal.

氏の實驗も第2表に同じ様な成績を示して居る只硅素の含有量が違ふ、第2表に示す試料の顯微鏡組織（寫眞参照）を視るに地質は何れも極く微密な波來土であり黒鉛は細く渦狀に發達し其の間に僅に遊離セメントイトが介在して居る。SS7の如きは殆んど全部波來土の地質に極く細かい渦狀黒鉛が出て居る。マーク65に到つては僅かの黒鉛あるのみで波來土の境界にセメントイトが遊離して、恰も高炭素鋼の様組織を示して抗張力も27.58噸/吋²を出して居る。又SS26の様太洲田の晶形の丸るくなつたもの、周圍に共晶黒鉛の發達して居る組織が出て居るものもある、これは普通の鑄鐵では見られぬ組織であつて波來土鑄鐵の特長であると自分は考へて居る、又SS6の如く細長く黒鉛が渦狀に出て居るものもある之れ等は皆成分と冷却の有様によるものと信ず。

b. 混合熔解（熔鉄爐と坩堝爐との併用）

波來土鑄鐵は坩堝爐に於て最も優秀なものを得るゝ事は前述の通りであるが今日の鑄物工場の實地としては坩堝爐のみを使用する事は經費と熔解高の點からして實用向きでない事は明らかである。故に何等かの方法により鐵鑄物工場に於て最も不偏的な熔鉄爐を用ひて低炭素の鑄鐵を得なければならぬ、此の目的に對して當工場で従來使用した再製鉄鐵の配合を使用する事にした。即ち3噸熔鉄爐の様溜爐のないものでは炭素の吸収が激しいから鋼板屑（或は削屑）を70%配合し、5噸6噸の如く溜爐を有し、しかも迅速熔解をなし得るものには45%を配合し残りは全部兼二浦一號鉄を使用した其の結果によれば全炭素は2.5~2.8%の間に變化して居る、次に之れ等の平均分析を示す。

第4表 低炭素を得る爲の基本配合

配 合	化 學 分 析			爐の大小 噸/1時間	爐の 風壓 oz	
	兼二浦 一號	鋼板 屑	全炭素			硅素
30	70	2.816	0.678	0.376	3 噸	6~8 oz
55	45	2.710	0.861	0.397	5 "	10~12 "
55	45	2.566	0.799	0.433	6 "	10~12 "

最も其の時々の熔鉄爐の状態並びに鉄鐵の成分等により鑄鐵の成分の變化は當然免かれぬが概して上記の範圍に求められる。鋼板屑が熔鉄爐の中で熔解する迄に炭素が浸入すると云ふ説と熔けた後で骸炭との接觸によつて加

炭されると云ふ説とがあるが其の何れによつて約0.2%炭素附近の鋼板屑は非常に加炭されるのであつてダピット マクレーン氏⁽³⁾は熔解状態により3~5%の炭素を吸収すると發表されて居るが、自分の實驗した經驗によれば2.4~3.0%位の範圍に増加する様である従つて自分は配合計算の場合には鋼板屑は炭素2.5%（3噸爐の時）及び2.0%（5-6噸爐の時）として計算して居る、之れで行くと計算と實際とが稍近値を得られる。

斯くして熔鉄爐より出た熔鐵に加入す可き坩堝配合から炭素の増加は多少ある。

配合の一例 鐵道省註文 18900 型の機關車の汽笛

(3) The Foundry Trade Journal P 110. Cuy. 10, 1922.

配合	兼二浦一號	鋼板屑	} 2,700 kg
3噸爐	30%	70%	
5-6噸爐	55	45	

フェロシリコン 55 kg, フェロマンガ 35 kg, 再製 120 kg を取鍋中で混合した。其の結果は第 6 表の H. K. マークに示す様な成績を得、品物は鑄巢なしに水壓も立派に堪へてる。

第 6 表は總べて製品に使用した實例であつて H. K. マークの外は海陸用の汽關パツキング・リング・ライナーに使用したものである。然して硅素 2.0% 以下のものは 2" 以上の肉厚のものに 2.0% 以上は薄物に使用した。

顯微鏡組織は H₂ SS 19 の如く極く緻密な粗粒土一波來土に共晶黒鉛の交つた渦狀黒鉛の發達したものである。SS 21 の大洲田晶形の周圍に細かい共晶黒鉛の發達したものとがある。SS 19 の大洲田晶形は細かいが勿論 SS 26 の如くに大きく出る場合もある現時シュツツ⁽⁴⁾氏が稱へてる所謂シュツツグスと同じ組織であつて要するに冷却速度に關係するものと信ず。

混合熔解法の場合も坩堝爐と同様の組織を得る事が出来るが抗張力硬度が坩堝爐の夫れより劣るのは熔銑爐であるために黒鉛の形狀が大きくなるのと初熱 (initial Temperature) が低いためと考へられる。

第 5 表に示す様に 3.0% 以下の全炭素を得る事は容易であつて坩堝爐の配合を適度に按配する事により、硅素、滿俺の量は適宜變化し得る。然し

第 5 表 (其 1) 混合熔解法に於ける成績

マーク	全炭素	黒鉛	化合炭素	硅素	滿俺	硫黄	燐	抗張力 kg/cm ²	ブリネル
SS9	2.830	2.204	0.626	2.506	1.149	0.087	0.209	16.31	217
SS19	2.767	1.984	0.793	1.788	0.855			22.91	241
SS21	2.967	2.306	0.761	2.140	1.363			18.51	229
H ₂	2.790	2.309	0.581	1.705	1.495	0.070	0.125	20.27	229
H ₃	2.769	2.337	0.432	2.215	1.302	0.049	0.129	17.17	229
H ₄	3.110	2.625	0.485	2.315	1.395	0.060	0.151	16.25	241
H ₅	3.043	2.587	0.450	2.632	1.328			17.98	217
H ₆	2.705	2.260	0.445	2.520	1.462			18.13	217
H ₇	2.788	2.275	0.513	2.898	1.471			18.02	229
H ₈	2.710	2.193	0.517	2.640	1.462			17.46	229
SS29	2.418	1.938	0.480	2.527	1.345			17.51	207
SS30	2.885	2.257	0.628	2.063	1.101			20.17	229
K ₁	3.001	2.262	0.739	2.158	1.410	0.053	0.100	18.31	217
K ₂	3.279	2.620	0.659	2.569	1.594	0.054	0.145	17.34	197
K ₃	3.093	2.351	0.742	2.710	1.376	0.047	0.141	17.20	197
K ₄	3.143	2.471	0.672	2.578	1.422	0.061	0.155	18.96	217
K ₇	3.072	2.400	0.672	2.872	1.456	0.034	0.161	18.99	229
K ₈	3.181	2.557	0.624	2.618	1.594	0.045	0.177	17.66	229

(4) Schützsupps—Die Giesserei P 735, 1927.

- (イ) 熔解し得る坩堝數に制限 (工場の能力) あり又取鍋中に混合する事の勞苦を思ふ時はこの方法も余り香しからぬ。
- (ロ) 殊に取鍋中で混合する事は若し地金が低熱である時は機械的に混合される丈けで化學的にお互に熔け合ふ可き機會に乏しい事がある。
- (ハ) 坩堝の熔鐵を取鍋に移す時に硅素、滿俺の酸化熱によつて一時は非常に白熱され同時に脱酸の働きをするが熱が落ち易い傾向があつて1取鍋1鑄型の様な大物にはよいが1取鍋から多數の鑄型に注湯する場合には面白くない。
- (ニ) しかも相當經費高であり。
- (ホ) 且つ一時に 2,500 kg の湯 (當工場の容量) 以上は準備出來ぬ。

以上の理由によつて鑄物工場の實地としては完全な方法ではない。エフ・ヴユスト⁽⁹⁾氏はコンバーターから出る熔鋼に熔銑爐から出る鑄鐵を取鍋中で混合して高級鑄型を得る實驗をされ其の結果として両者が極く高熱なる時に良成績を得ると言はれて居る、自分の考へでは低炭素を得るためには上策と思ふが實地としては熔鋼を取り扱ふ丈け更らに苦痛であり、又鑄物の單價を考慮する時兩者を時刻を合して熔解する事は實際上困難な場合が多いと信ず。

c. 熔銑爐のみ

波來土鑄鐵を製造するに當り熔銑爐と坩堝爐との混合法に成功した次により低廉な然して大量に熔解し得る熔銑爐のみの熔解方法を研究するに蓋し當然の事であるがさて炭素含有量を下げて硅素を増加すると云ふ點に就いては可也の苦心と犠牲とを拂らひ今日では日常の仕事として1個12噸迄の波來土鑄鐵は出來る様になつた、炭素を3.0%以下に降下さす事は第4表に示す配合と操業により容易に求められるが硅素を適量に加ふる事は次の3種の方法がある。

1. 高硅素鑄鐵を使用する法
2. コーサリス法による法
3. 熔銑爐に直接に配合する法

I. 高硅素鉄鐵を使用する法

是れは高硅素低炭素鉄鐵を要する恰もよし、鞍山高硅素鉄を得て茲に熔銑爐のみの熔解法の端緒を得たのである高硅素鉄の分析は

炭素	硅素	滿俺	硫黃	燐
2.512	8.105	0.163	0.058	0.121

の成分を有して居る即ちこの鉄鐵を兼二浦一號の代りに使用し滿俺は滿俺鐵 (80% Mn) を直接に配合して所要の成分のものを得る様になつた。

第6表日常鑄物に注入する場合に1吋直徑の試験棒を生型で鑄造したものを0.564吋徑に仕上げ試験した記録であつて高硅素鉄 30~35% 鋼板屑 70~65% を根本配合として之れに滿俺鐵を2~3%

加へたものである、この成績を見る時は配合の正確さ及び機械的性質は坩堝爐に及ばないが混合熔解法と同様の成績を得る、硅素滿俺の熔解損失を實際分析と配合計算とより算出して表示したものが第7表である。

第7表によれば高硅素を配合したがために特に熔解損失が増加したと云ふ傾向も

見へたが普通の鑄鐵を熔解する時より稍多い位の程度である。この方法は高硅素鉄鐵の購入が自由であれば炭素、硅素の加減の點より見て最も良策と考へる。

第6表(其1) 高硅素鉄鐵を用ひたる成績

マーク	全炭素	黒鉛	化炭素	硅素	滿俺	硫黄	燐	抗張力 kg/cm ²	撓曲力 kg/cm ²	撓曲 吋
SS44	2.925	2.042	0.883	1.767	1.536	0.076	0.158	23.81	4.400	2.07
SS40	3.170	2.425	0.745	1.958	1.238	0.090	0.111	20.17	3.650	2.41
SS34	3.114	2.481	0.633	1.691	1.142	0.058	0.129	19.40	3.920	2.29
SS33	2.714	2.091	0.623	1.626	1.282	0.067	0.126	21.08	3.780	2.85
SS43	3.109	2.344	0.765	1.954	1.274	0.075	0.153	20.17	3.520	2.55
SS38	2.951	2.321	0.630	1.954	1.295	0.105	0.115	18.56	3.860	2.41
20	2.831	2.147	0.684	2.032	1.835	0.021	0.169	23.08	5.200	2.41
23	2.981	2.180	0.801	1.954	1.061	0.053	0.177	19.00	3.850	2.29

第7表 配合と熔解損失

マーク	配 合			炭 素 増 加 率	硅 素 減 少 率	滿 俺 減 少 率
	高硅素鐵	鋼板屑	滿俺鐵			
SS 33	30	70	2.35	16%	31%	30%
SS 34	"	"	2.35	22"	28"	31"
SS 38	"	"	2.50	15"	17"	30"
SS 40	"	"	2.20	24"	21"	30"
SS 43	"	"	2.50	21"	17"	32"
SS 44	"	"	3.00	13"	25"	28"
平均	30	70		17"	23"	30"

顯微鏡組織は SS 40 の如くに小さな渦狀黒鉛が發達したもの SS 33 の様に大洲田晶形の周圍に共晶黒鉛の出たもの又 SS 38 の様に黒鉛が稍大きく出たものがある、概して黒鉛の出方が坩堝爐に比して大きくなつてゐる之れは熔鉄爐で熔解したるために黒鉛化を起し易い状態に置かれてあるものと考へる。

II. コーサリス法 (Corsalli's Process)⁽⁶⁾

この方法は熔鉄爐で 65% の鋼板屑或ひは鍊鐵屑を熔かし別に溜爐に補助熔解設備を設け熔鉄爐の羽口から熱を導いて豫熱した滿俺鐵、硅素鐵を溜爐中に加へ兩者を溜爐内で混合する方法であるが同氏はこの方法により平均炭素 2.73% 硅素 2.2% 滿俺 1.34% 燐 0.26% 硫黄 0.18% のものを得て居る而して其の機械的試験は抗張力 24.29 噸/吋² 屈曲力 37.41 噸/吋² 撓曲 0.38 吋で上等の波來土鑄鐵を造つたと報告されて居る、面白い方法とは思ふが溜爐の中で配合する事であるからして配合の正確さが不明である。即ち熔鉄爐から來る湯の量と溜爐に入る可き合金鐵とが熔解時間が合致せぬと甘くゆかぬであらうし又溜爐の熔滓の上に合金鐵の半融状のものを落下さす事は熔滓に巻かれて熔鉄に入れるのを防げられる事がないかとの疑問をの持つのである。

III. 熔鉄爐に直接配合する方法

この方法が完全に行はれれば鑄物工場として最も經濟で且つ簡單で職工の苦痛も少なくなし得るが熔鉄爐ばかりで果して常に所定の成分のものを得らぬかと云ふ事が問題であつたが、實際にやつて見ると左程の困難なしに目的を達する事が出來た。この配合の基本は 5 噸 6 噸爐では兼二浦一號 55%、

鋼板屑 45% 3 噸爐では兼二浦一號 30% 鋼板屑 70% とし之れに滿俺鐵硅素鐵の適量を直接に加ふる事として居る、尤も品物の寸法によつては更らに鋼板屑を増加し、又合金鐵の増減をはかる事勿論である。斯の如き配合で熔銑爐内での熔解損失は大體滿俺 30~40% 硅素 25~30% で上述の方法中最も大である。かゝる熔解損失は一見經費上損の様であるが一方之れ等合金鐵は酸化によつて地金の熱を高め脱酸作用をなす冶金學上の利益を考ふれば止むを得ぬものであらう。自分は羽口前の白熱屑を出来るだけ酸化を烈しくして地金の熱を高める方が結果がよいと信じて居る、又配合や合金鐵の一部をさいて細かに碎き溜爐より取鍋に至る桶中に投じてやる方法も採用してるが之れも成績よろしい。

斯うした配合によつて日常操業した試験の成績は第 8 表に示す通りであつて他の熔解方法による成績と何等遜色なきものが出来るが直接方法では特に爐熱の調節と云ふ事が大切である。

顯微鏡組織は N2-3 の様に渦狀黑鉛の間に點狀黑鉛の交るもの C3 の様に大洲田の晶形の周圍に共晶黑鉛及び點狀黑鉛の發達するもの又 N3-1 の様に大洲田晶形の大きなもの又渦狀黑鉛の大きく出たもの等がある地質はソルピチック波來土で極く微密のものである。

第 8 表 熔銑爐のみの成績

マ-7	全炭素	黑鉛	化鐵	洪俺	硅素	硫黄	燐	採取の 時間分	戻りの 時間分	74キル
22	2.662	1.930	0.732	0.802	1.238	0.046	0.207	19.89	35.85	207
40	2.854	2.048	0.811	1.594	2.896	0.044	0.113	18.61	39.50	241
41	2.653	1.749	0.904	1.011	1.971	0.057	0.067	19.24	33.15	229
N3-1	3.077	2.460	0.617	1.938	2.550	0.074	0.142	21.41	40.09	229
N2-1	3.230	2.633	0.597	1.842	2.956	0.066	0.140	18.58	34.27	229
86A3	3.082	2.350	0.732	1.032	1.916	0.128	0.141	22.41	34.27	241
HK2	3.148	2.348	0.800	1.090	2.576	0.119	0.159	19.89	33.82	241
SS37	2.991	2.461	0.520	1.538	1.873	0.110	0.147	20.38	38.62	241
68	3.272	2.420	0.852	0.963	2.093	0.093	0.202	20.05	52.10	229
M-2	3.165	2.382	0.782	0.952	1.804	0.078	0.138	19.26	38.22	241
N2-3	3.041	2.032	1.038	0.986	1.919	0.074	0.152	20.58	34.04	255
C3	3.180	2.461	0.719	0.918	1.940	0.126	0.124	20.18	48.80	229

(3) 波來土鑄鐵に對する
不純物の影響

鑄鐵に對する不純物の影響の理論的研究は之れ迄種々されて居るが鑄造業者の立場

即ち日常の仕事の上から論じた事は餘り聞かぬ我々工場に働く者元より理論的に不純物の影響を研究する事は必要である、然し夫れ以上に之れ等無数の研究を如何に實地に應用す可きかと云ふ點の研究が必要である、換言すれば之等の研究のエキスを簡単に總括した表が最も欲しいのである。

a. 炭素の影響

鑄鐵中の主要元素である炭素が鑄鐵に及ぼす影響は黑鉛化の研究であつて硅素の含有量と相待つて既に諸學者によつて完備されて居る。吾人が工場にあつて目指す處は設計上保有せしめねばならぬ性質の限度を基本に置き鑄造品の大小、形状の單復、肉の厚薄等の條件を考慮して全炭素及び黑鉛の割合を定め且つ其の黑鉛の形状を他の元素の加減により又は注入溫度或ひは初熱度 (initial temp.) の調節により適度に發達させ様とするのである。従つて無数にある鑄物の個々に就いて理論上成分其他の條件を變へなくてはならぬのである。要するに鑄造品に應はしき黑鉛の量及び形状を求むる事が吾人の使命である。

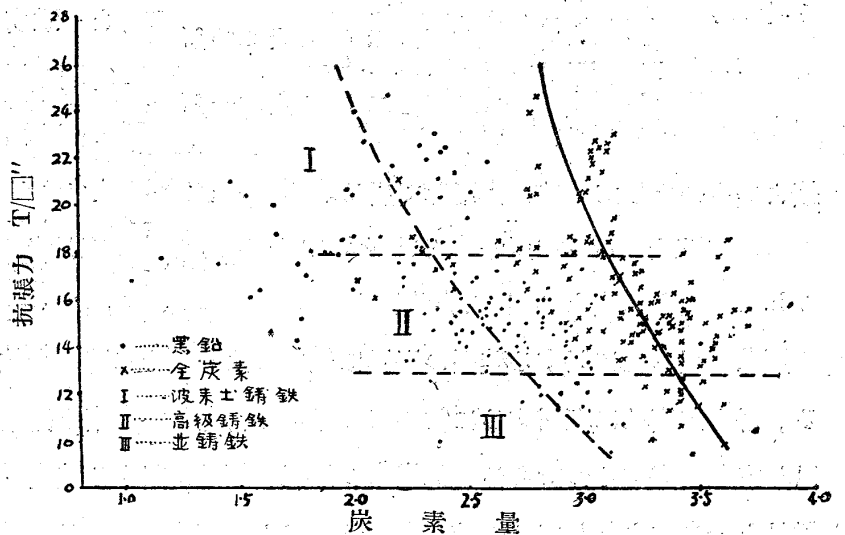
全炭素が低くなればなる程地質が鋼に近いものになり従つて抗張力も増大すると云ふ事は已に衆知

の事實である。ホー氏⁽⁷⁾は180種のあらゆる鑄鐵から黒鉛と抗張力との關係を研究して全炭素と黒鉛炭素とを減ずる即ち高炭素鋼に近づくに従つて鑄鐵の抗張力は増加すると結論されて居る。氏の説によれば全炭素 2.27% 黒鉛 1.32% 化合炭素 0.95% のものは 22.3 噸/吋² 以上の抗張力を出す事になり全炭素を減ずるだけで強大な力を得らるゝ事になる。

然し實際には硅素滿俺等の影響があり注入溫度鑄型の種類其他種々の條件に影響されるので全炭素ばかりでは論ずる事は出来ないが大體の傾向は示す事が出来る又實際にこんな極端に低い炭素を求むる事は電氣爐等の特別熔解法を除く外は困難であり鑄造もむづかしい。濱住博士は硅素 1.8% 附近で全炭素の含有量を種々變へて炭素の抗張力に對する影響を試験されて炭素 3.0% 以下に於て最大の抗張力を得て居る。

第 1 圖は當所の實例と外國の例とを混ぜて有らゆる熔解方法あらゆる不純物を含んだ鑄鐵の抗張力と炭素含有量との關係を圖解したもので之れによると抗張力の最大なのは炭素 2.7~2.9% の間であつて 2.5% 以下の炭素になると鑄造狀態及び品物の肉を考へないと白銹化されて抗張力を減少する傾向がある。然して全炭素と黒鉛との關係は普通の鑄鐵に於て接近

第 1 圖 抗張力と炭素量との關係 (其 1)



し高級鑄鐵に於て可也の差がある即ち化合炭素が黒鉛に比して増加して來る其の割合は次の如し

	全炭素	黒鉛炭素	化合炭素	
普通の鑄鐵 (III の位置)	3.5	3.0	0.5	であつて全炭素及黒鉛炭素の降下につれて抗張力は増加して居る。次に當工場に於ける波來土鑄鐵
高級鑄鐵 (II ")	3.3	2.6	0.7	で 20 噸/吋 ² 以上を出した實例につき全炭素、黒鉛炭素と抗張力とを圖解すると第 2 圖の様になる、(第 14、及 15 表を圖解したもので) 之れで見ると
波來土鑄鐵 (I ")	2.9	2.1	0.8	黒鉛炭素は 1.5~2.1% の間にあり化合炭素は 0.6~1.0% 全炭素 2.4~3.2% の間に在る。

以上の諸例よりして只抗張力のみを考ふる時はホー氏の様に極端に炭素を下げて強大なものを得られるが要は鑄造す可き品物の形狀、肉の厚薄によつて非常に鑄造上の困難を結果するから其の選定に就いては實物をよく考研せねばならぬ、當工場の如く 3/4"~2" の間の厚さのものに波來土鑄鐵が必要である工場では同じ低炭素でも 3.0% に近い數例へば 2.7~2.9% の間を採る可きである。然して波來土鑄鐵の特性を發揮さすために 3.2% 以上はさげなくてはならぬ、即ち相當高い硅素を含有せしめて居る處へ 3.2% 以上の炭素が來ると當然黒鉛化が烈しくて已に普通の鑄鐵になつてしまふ。リツチ

第 2 圖
抗張力と炭素量との關係 (其 2)

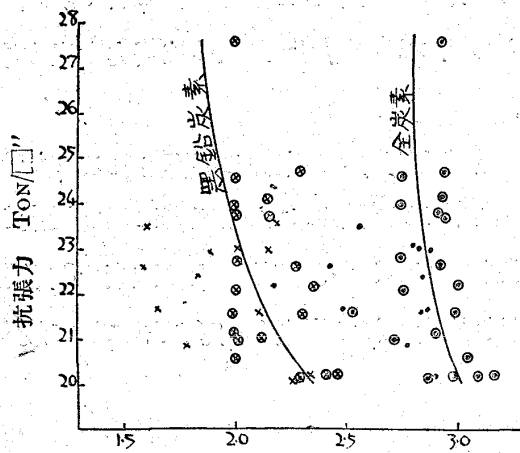


圖 說 明 炭 素 量 %

- 全炭素量 } 第 14 表を示す 硅素 < 2.0 %
- × 黒鉛炭素量 }
- ◎ 全炭素量 } 第 15 表を示す 硅素 > 2.0 %
- ⊗ 黒鉛炭素量 }

マン氏⁽⁹⁾は波來土鑄鐵に於て炭素以外の元素の影響を考へ又冷却速度を考慮する時は 3.2% 以上の炭素を含有させぬ様にしないと大きな線狀黒鉛が出來易いと云つてる、又濱住博士はこの點に就き炭素量多き時は容易に黒鉛化を起し多くの脆弱性部分を生ずる事と一部分地鐵の初析晶を生ずるによると言はれ全炭素 3.0% 以下では地質は殆んど波來土で黒鉛の量少なく鑄鐵は大なる強さを有すと發表されて居る。即ち當工場の實地上の見解と一致する。以上の結論として當工場波來土鑄鐵の炭素量は抗張力と鑄造術(當工場)との兩方面を満足さすために次の範圍を最も成

績よいものとして實地に應用して居る。

全炭素 2.7~3.1% 化合炭素 0.7~1.0% 黒鉛炭素 1.9~2.1%

b. 炭素と硅素との相對的關係

鑄鐵の黒鉛化に對する硅素の影響に就いては今日迄に隨分多數の學者によつて研究され盡されて居る。吾人が實地に應用するに當つては品物を考慮して炭素と硅素との適當の比を求め、黒鉛の形狀の出し方を研究するのであるが低炭素の波來土鑄鐵に對する硅素の量は特に黒鉛の形狀と實地鑄造の難易との 2 點よりして其の適量を得ると云ふ事が大切である。例へばデー・フエン・ターレル氏⁽⁹⁾は低炭素、低硅素、波來土鑄鐵に於て鑄物の厚さに應じ鑄型を豫熱して適度の溫度に保ち鑄型中にて緩冷せしめ適當の組織を出す研究に成行して居る氏の說によれば次表に示した

全炭素	黒鉛	硅素	鑄型の豫熱溫度		
			2/5" 厚	4/5" 厚	1/5" 厚
3.0	2.15	1.0	200°C	150°C	100°C
2.8	1.95	0.8	240°C	195°C	145°C

位の鑄型の溫度で上等の組織の波來土鑄鐵を求められると發表されて居る。實地に於て鑄型を 100°C 以上に豫熱すると云ふ事は困難である。同氏發表による程度の地金は 2 吋以上の肉厚のものには適當であ

るが(當所でも同様の地金を使用) 1 吋以下の薄物に使用する必要はないのみならず鑄造が困難で白鉄化される怖れがある。この邊理論と實地との異なる點で其の應用上考慮す可きである。

濱住博士⁽¹⁰⁾は炭素 3.3~3.5% の鑄鐵を豫熱せる金型に注入した場合に於ける黒鉛化と抗張力との關係を研究され硅素 1.8% を有するものが最大歪力を有すると發表された。又炭素 3.0% の鑄鐵で砂型に (1,350°C で注入) 鑄入した場合には 1.0% 以下の硅素量を有するものが最大で次に 1.5~1.8% 硅素の間であつて硅素が 2.0% を越すと急激に歪力の減少を示すと説かれて居る。然し硅素が 1.0%

以下の場合にデー・フェン・ターレル氏の結果と同様特殊の時でない限り用ひられぬ、矢張り 1.5~1.8% 硅素とし炭素を 3.0% より下げる方が實地上何れにも應用出来る。

當工場に於ける日常の仕事(第2, 5, 6, 8, 表参照)の結果より見るも 1.8~1.9% 硅素附近で常に良好の機械的成績を擧げ鑄物も出來易い。

自分は實地に於て炭素と硅素との適量を求むるために(炭素+硅素)の定數と、 $\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}}$ の比を品物に應じて定める様常に研究して一つの圖解を造つて夫れにより簡単に操業する方法を採る事が最も要領を得たものであると信じて居る。外國の例を示せばテイツセン・エンメル氏⁽¹¹⁾は熔銑爐で炭素、硅素が各々 2.5% で其の和が 5.0% の時に最大歪力を得てる又氏の發表された報告の平均は炭素+硅素 = 4.94% で硅素は 2.62~2.32% である。

デー・フェン・ターレル氏⁽¹²⁾特許として紹介されるものは炭素 2.9 硅素 1.5 で和は 4.2% であり、ブラウン・ボエリー社のホンネンヂャー氏は炭素 3.0~3.1% 硅素 1.5% で其の和 4.5~4.6% で 21.5~22.2 噸/時² のものを得てる。

全く研究者と其の工場の実際によつて種々雑多の比を求めて居るのであつて之れ等の研究者の發表

第4圖省略

を集めて圖解したものにマウレル⁽¹³⁾氏の解圖がある(第4圖説明は略す)、自分が實地より求めた最も鑄造し易く良成績を示す範圍(炭素+硅素 = 4.1~5.6%)は *h k u w* であつて其内でも 4.6~5.0% 附近が當工場の品物(3/4"~2' 厚)に最も強大な抗張力を與へる。炭素と硅素の算式に就いては種々の學者が各自異つた式を發表して居り實に枚舉に暇なき有様であるが次にレーデブーア氏の式を借りて見る。

$$\text{Si} = 6.6 - 1.5 \text{ T.C (最大)} \quad \text{Si} = 5.7 - 1.5 \text{ T.C (最小)}$$

$$\text{或ひは } \text{T.C} + \frac{\text{Si}}{1.5} = 4.2 \sim 4.4 \text{ (Das Roheisen P. 57)}$$

$$= \text{Mean } 4.3 \text{ (low Si の時には } 3.8 \text{ となる)}$$

此式で炭素の極限は 3.8% である。

全炭素を 2.6~3.8% にとつて計算したものを表示すると次の表の如くなる。

第11表 炭素と硅素の關係(レーデブーア氏)

マーク	炭素	硅素		硅素+炭素		$\frac{\text{Si}}{\text{C+Si}}$	
		最大	最小	最大	最小	最大	最小
a	3.8	0.9	0.0	4.7	3.8	0.192	—
	3.6	1.2	0.3	4.8	3.9	0.250	0.083
b	3.4	1.5	0.6	4.9	4.0	0.306	0.150
	3.2	1.8	0.9	5.0	4.1	0.360	0.248
c	3.0	2.1	1.2	5.1	4.2	0.412	0.286
	2.8	2.4	1.5	5.2	4.3	0.462	0.349
	2.6	2.7	1.8	5.3	4.4	0.510	0.410

現代に於ける高級鑄物はすべて同氏の式より考

へられるのである即ち *a* はツルザー會社其他ラ
イツ式(尤も炭素はもつと低い)に近きもの

b はセミスチール *c* はテイツセンエンメル式又
はコーサリス氏に相當して居る。

又第11表に示した結果を(炭素+硅素)を基礎
として圖解すれば、第5圖に示す様になる、前

式の定數(3.8-4.4)の最大最小に於ける炭素、
硅素の%は *DK-LF* と *AB-BC* 線によつて

示される。この DK 線を延長すると E 點に交はる。されば EB 線は他の炭素、硅素線 (定數 3.8 ~ 4.4) の軌跡である、この交點の E, O, B は炭素と硅素とが同値を有する線となるわけである。 X Y 垂直線を引けば 炭素+硅素=4.3% に於て硅素=0 である炭素=4.3%、即ち共晶點を示す。然して定數 4.3% で硅素最大、炭素の最小を有する點を求めると O 點となる (炭素+硅素=5.2) この三

第5圖省略

角形 XYO がレーデプーア氏の共晶點の炭素含有量を基準とした式を現はすもので有る。

この圖が近代に於ける最大抗張力を有する鑄鐵の炭素と硅素との關係を示してゐるから中々面白い、更らにフレッチャー氏は近世の高級鑄鐵の範圍が炭素 2.6~3.0% 素硅 1.2~2.6% である處からして BH, BG を結び三角形 HBG に於て BG が炭素の極限線 BH が硅素の極限線となる。即ち近代の最も強大な抗張力を出したコーサリス・エンメル・ランツ諸氏の波來土鑄鐵は圖の如く三角形 BHG の中に入るのである、余の推奨する波來土鑄鐵 (炭素+硅素=4.75%) は (4) で示しコーサリス氏のものより硅素の稍少なき範圍に在る。

當工場に於ける波來土鑄鐵、其他の鑄鐵及び外國の文献より集めたものを圖解すると第6圖であつて圓形の範圍が最も抗張力が大である即ち (炭素+硅素) が 4.6% で炭素 2.8% 硅素 1.8% 附近が最大抗張力の中心となる。

第6圖省略

AB 線に沿ふて炭素+硅素が減するにつれて抗張力を増し、 BC になつて炭素が 2.5% 以下になつてくると 1 吋の試験片では白鉄化して却つて脆弱となる事を示す、故に自分は滿俺の量を考へに入れて品物により 炭素+硅素=4.5~5.0% $\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}} = 50 \sim 80\%$ の間に採つて鑄造し易く且つ強大な抗張力を得て居る、(第 14, 15 表参照)

c. 滿俺の影響 ($\frac{\text{滿俺}}{\text{硅素}}$ の比に就いて)

鐵-炭素合金に對する滿俺の影響は學者によりて種々の説をとらへられて居るがマクレーズミス氏⁽¹³⁾チアンピオン氏⁽¹⁴⁾ハットフィールド氏⁽¹⁵⁾ドナルドソン氏⁽¹⁶⁾等が云つてゐる事を總括すると

1. 滿俺は化合炭素の量を増加し複雑なカーバイドを造り従つて鑄鐵の硬度を増加し抗張力を強大にする。
2. 硫黄との化合力強大なるため硫黄の害を弱はめる。
3. 酸化力強きため酸化劑として效あり。
4. 熔銑の流動性を増し瓦斯の溶解性を減す。
5. 滿俺の量が大になると安定のダブル・カーバイドを造り高熱に對して容積の變化を防ぎ組織の變化を止める。
6. 收縮率大なり。

又ヴェスト氏⁽¹⁷⁾コウ氏⁽¹⁸⁾の研究の結果によれば

1. 滿俺を増す時は波來上の組織に變化を來しソルビテック・パーライトの組織を生じ滿俺が 3%

にもなると完全にソルビチックか又は粒狀波來土となる。

2. 滿俺の増加は鐵に對する炭素の溶解性を増す然し硅素が 2~3% の間に於ては炭素は化合状態として全部居らず 0.5~0.6% 滿俺で普通の化合炭素 (0.27~0.86%) である。

又濱住博士の研究によれば 滿俺を増加して抗張力、硬度を増大する事は化合炭素を増大するためでなく波來土の組織によるものと考へられる殊に滿俺が増すにつれて A₁ 點が漸次低下して遂に室溫以下になるからして波來土から粗粒波、麻留田に變じ遂に常溫にても大洲田組織を有するに至るからしてソルビチック波來土の組織が出来やすい事に原因してると言はれて居る。

次に滿俺の影響を試験するために坩堝爐に兼二浦一號鉄、銅屑、滿俺鐵、硅素鐵を配合して熔解し坩堝の溶滓をかきのけた時に 1,500~1,550°C に保つ様に爐熱を調整し砂型の試験棒に注入し其のまま翌朝迄放置し室溫に迄降下した時に引き出し夫々加工して機械的試験を施行す其の結果は右表及び第 7 圖に示す。

之れを圖解すれば第 7 圖及び第 8 圖の如くなる。

第 12、第 13 表及び第 7、8 圖に示す様に 1,400°C、1,350°C 何れの注入溫度に於ても機械的性質は滿俺を多量に含むものの方が成績がよろしい、炭素 3.2% 硅素 2.2% の時でも炭素 2.8% 硅素 2.2% 或ひは炭素 2.9% 硅素 1.5~1.7% の時でも同じ様に滿俺の量に比例して機械的性質は増加して居る。しかも化合炭素の量は滿俺の増減にかゝらず殆ん一定である。しかも性質の變化する所以は實に地質の變化するによる。

顯微鏡寫眞 W/A, W/A, W/C に於て片狀の黑鉛が大きく發達して居る様子と Y/A, Y/B, Y/C... 等の組織を見る時は一目瞭

然、粗粒吐一波來土の地質の發達及び粗密の程度が知られる。

濱住博士は實地作業の上より見る時は滿俺の増加は工作を困難ならしめ且つ收縮率を増大する作用

第 12 表 滿俺含有量の影響 (其 1) 注入溫度 1,400°C

←7	全炭素	化合炭素	黒鉛炭素	硅素	滿俺	抗張力 kg/cm ²	屈曲力 kg/cm ²	ブリネル
W1A	3.397	0.407	2.990	2.216	0.331	11.41	2643	149
W2A	3.340	0.384	2.956	2.244	0.651	12.54	2688	156
W3A	3.356	0.564	2.792	2.202	1.008	14.39	3270	179
W4A	3.323	0.687	2.636	2.240	1.249	14.81	3696	207
W5A	3.334	0.681	2.653	2.268	1.655	17.61	3830	207
X1A	2.821	0.769	2.052	2.281	0.527	17.79	3516	204
X2A	2.864	0.544	2.320	2.221	0.940	19.92	3539	229
X3A	2.890	0.587	2.303	2.263	1.490	20.17	3851	229
X4A	2.831	0.684	2.147	2.232	1.835	23.08	4324	241
Y1A	2.926	0.803	2.123	1.708	0.699	21.50	3449	229
Y2A	2.943	0.637	2.306	1.725	1.112	24.15	4208	241
Y3A	2.952	0.790	2.162	1.564	0.865	23.75	4382	241
Y4A	2.939	0.789	2.150	1.595	1.120	24.26	4500	241

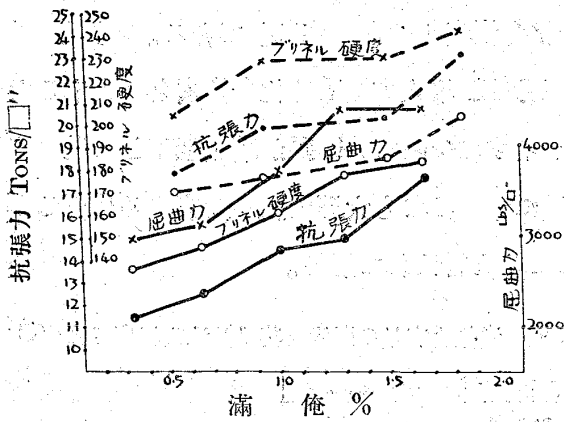
第 13 表 滿俺含有量の影響 (其 2) 注入溫度 1,350°C

←7	全炭素	化合炭素	黒鉛炭素	硅素	滿俺	抗張力 kg/cm ²	屈曲力 kg/cm ²	ブリネル
W1C	3.246	0.320	2.926	2.290	0.320	10.76	2627	149
W2C	3.281	0.550	2.731	2.298	0.608	13.76	3158	187
W3C	3.276	0.637	2.639	2.200	0.982	14.38	3516	199
W4C	3.295	0.649	2.646	2.260	1.313	15.07	3584	207
W5C	3.246	0.646	2.600	2.294	1.880	16.75	3740	207
X1C	2.814	0.505	2.256	2.241	0.436	17.52	3243	197
X2C	2.843	0.734	2.109	2.212	1.009	21.58	3539	255
X3C	2.873	0.587	2.286	2.263	1.430	21.68	3952	241
X4C	2.856	0.693	2.163	2.273	1.845	23.58	4268	255
Y1C	2.928	0.645	2.283	1.652	0.699	20.03	3113	217
Y2C	2.994	0.682	2.312	1.669	1.066	21.58	3882	241
Y3C	2.910	0.921	1.989	1.532	0.843	21.31	3969	241
Y4C	2.925	0.643	2.282	1.525	1.110	22.68	4046	241

試験片寸法 抗張力 0.564 吋径
屈曲力 1 吋角 12 吋 x 10 吋

第7圖 滿僂含有量と機械的性質(其1)

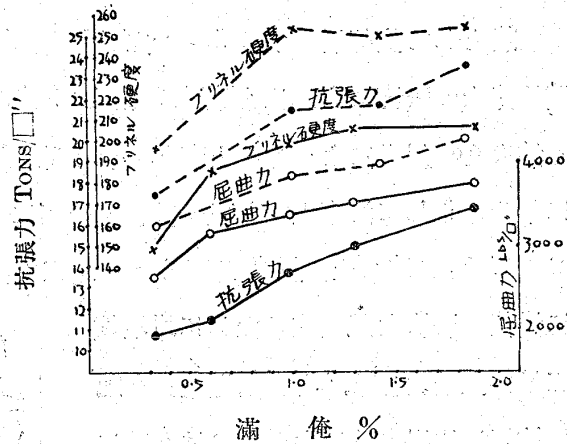
注入溫度 1,400°C



— 全炭素 3.3 硅素 2.2
 --- 全炭素 2.8 硅素 2.2

第8圖 滿僂含有量と機械的性質(其2)

注入溫度 1,300°C



— 全炭素 3.2 硅素 2.2
 --- 全炭素 2.8 硅素 2.2

があるから歓迎す可きでない殊に鑄鐵が急冷によつて白鉄となる時若しくは多量の滿僂によつて大洲田となる場合に於ては特に著しい、然し滿僂 2~3% に硅素 2% を有する時はかゝる憂ひなしと云はれて居る。滿僂によつて硬くなりすぎると云ふのは一つに黒鉛化の状態換言すれば一定の炭素含有量の鑄鐵に於ては硅素と滿僂の比及び冷却速度に比例するのである。實地操業に際しては品物の肉の厚薄、大小注入溫度等を考慮し滿僂硅素の比を定めて來ねばならぬ。當工場の例によれば濱住博士の説の如く 2% 硅素前後に於て滿僂 2% 以上を加ふるも何等鑄造上の障害なし、其の外に滿僂の多量に入つた場合には熔解溫度が高くなるために鑄型中に生じた瓦斯が充分に湯の表面に浮び上がる餘猶なくかたまるために、ブローホール或ひは收縮孔を生じ易く又金屬球を作り不良鑄物の原因をなすから硅素を加減して之れ等の缺點を融和してやる必要がある。即ち $\frac{\text{滿僂}}{\text{硅素}}$ の比は高級鑄鐵に對しては特に考へなくてはならぬ條件である。

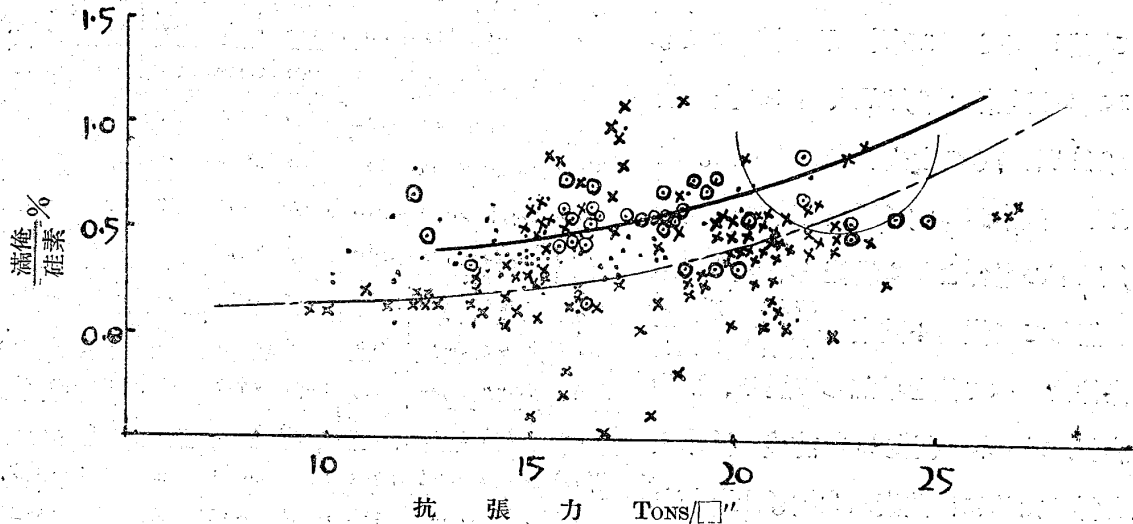
外國の文献、當所從來の記録及び波來土鑄鐵に於ける有らゆる炭素含有量の元に $\frac{\text{滿僂}}{\text{硅素}}$ の比と抗張力との關係を求めたのが第9圖である。勿論鑄鐵の抗張力は炭素、硅素、滿僂の纖細な關係と其他の條件により種々變化して來るものであるから、滿僂と硅素丈けと抗張力との關係を求むるのは無理ではあるが大體の傾向は示される。

上圖を見る時は普通の鑄鐵は $\frac{\text{滿僂}}{\text{硅素}} = 0.1 \sim 0.5\%$ 位の數を示して居るが波來土鑄鐵では 0.4~1.0 位の數に増加して居る、之れは明らかに地質の組織を粗粒土一波來土に變化せしめて強靱な鑄物を造ると共に硬度を高め高熱に會ふて變質せぬ様にするためである。

當工場の波來土鑄鐵に對しては初め $\frac{\text{滿僂}}{\text{硅素}} = 0.5\%$ 位の程度の滿僂を目的として居たが最近新潟鐵工所の松浦氏⁽¹⁹⁾ デイゼル機關の鑄物に高滿僂を使用する事を力説されてから當所でも 滿僂を高めて試験した結果

(1) 物理的性質を一層改善し得る事を認めた。

第 9 圖

(満俺) と抗張力との關係
硅素

- 當工場從來のレコード
- × 外國の實例
- 當工場波來土鑄鐵

(2) 從來の高炭素、低硅素のセミスチールの時だと満俺が多くなると白鉄化する怖れがあつたが硅素が常に 1.8~2% 入つてゐるから其の心配なしに $\frac{\text{満俺}}{\text{硅素}} = 1.0 \sim 1.5\%$ に高満俺を配合して大丈夫である。

(3) 満俺の收縮率大なるため從來のセミスチール(高炭素、低硅素)だと鑄物に上り、押し湯を澤山つけて上型の加工する部分に收縮孔の残るのを防いで居たが高硅素波來土鑄鐵では收縮に対する心配がないから巢溜めだけで結構である。

(4) 低炭素鑄鐵を熔銑爐で求むる時に爐の具合によつて炭素が稍多量に入つて來ても高満俺だと大した影響なしに良成績を達し得る便がある(第 14、第 15 表 マーク W 参照)

(5) 満俺を高くする事は實地操業上容易である。

以上の諸點から考へて當工場では $\frac{\text{満俺}}{\text{硅素}} = 0.5 \sim 1.5\%$ の範圍で仕事をして居るが何等故障ないばかりでなく好成績を擧げて居る。

(4) 當工場に於て推奨する低炭素、高硅素、高満俺、波來土鑄鐵の範圍

前章に於て炭素、硅素、満俺の波來土鑄鐵に及ぼす影響並びに其の含有量の範圍に就いて述べ其の撰擇は一つに工場に於ける鑄造方法、仕事の範圍に準ず可きであることを述べた。次に之れ等の 3 元素の相互的關係を總括して當工場の仕事に最も適ししかも最大抗張力を出す之れ等元素の含有量の範圍を述べる。勿論地金の初熱 (initial temp.) 注入溫度、冷却速度等の相異により同成分の波來土鑄鐵でも種々な組織を呈し成績を示すものであつて其の支配される條件を理論的に一致せしむる事は實際の場合

には困難であるが當工場に於て鑄造した波來土鑄鐵の中で 20 噸/時² 以上の良成績を擧げたものを集めて見ると第 14. 15 表であつて圖解すると第 10 圖に示す様になる。

第 14 表は硅素 2.0% 以下、第 15 表は硅素 2.0% 以上のものを夫れ夫れ集めた。之れによると硅素が 2.0% 以上の時には硅素 2.0% 以下の場合よりも滿俺を増す必要がある。然して (炭素+硅素) / 硅素、 $\frac{\text{滿俺}}{\text{硅素}}$ 、 $\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}}$ の 3 條件はすべて値を増加して居る、平均 22 噸/時²、ブリネル硬度 250 前後の波來土鑄鐵を得るためには硅素は 2.0% 上下何れでも差支なき譯である。エンメル氏は炭素、硅素何れも 2.5%、硅素+炭素=5.0% 滿俺 1.3% の時に又コーサリス氏も炭素 2.7%、硅素 2.2 硅素+炭素=4.9%、滿俺 1.3% の時に最大抗張力を得て居る。

當工場では第 10 圖及び第 14 表に示す様に炭素 2.935% 硅素 1.989% 其の和 4.9% 滿俺 1.996 の時に 27.58 噸/時² 次ぎに炭素

第 14 表 模範的波來土鑄鐵 (其 1)
硅素 2.0% 以下

ノ一	全炭素	黒鉛	硅素	滿俺	炭素+硅素	$\frac{\text{滿俺}}{\text{炭素}}$	$\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}}$	抗張力 噸/時 ²	ブリネル
SS30	2.714	2.056	1.626	1.284	4.340	.78	.61	21.08	269
SS20	2.526	1.944	1.837	1.148	4.363	.62	.73	21.60	285
Y3C	2.910	1.983	1.532	0.843	4.442	.55	.53	21.31	241
Y4C	2.925	2.283	1.525	1.110	4.450	.72	.52	22.68	241
Y3A	2.952	2.162	1.564	0.865	4.516	.55	.53	23.75	241
Y4A	2.939	2.150	1.595	1.120	4.534	.70	.54	24.26	241
SS19	2.767	1.984	1.788	0.855	4.555	.46	.65	22.81	241
SS7	2.747	2.095	1.828	1.054	4.575	.56	.67	24.60	255
H2	2.890	2.309	1.705	1.495	4.595	.88	.59	20.27	229
Y1A	2.926	2.123	1.708	0.699	4.635	.41	.58	21.15	241
Y2A	2.943	2.306	1.725	1.112	4.668	.64	.59	24.75	241
SS6	2.747	1.989	1.934	1.071	4.681	.55	.70	23.97	248
SS44	2.925	2.042	1.767	1.536	4.692	.87	.60	23.81	255
Y2C	2.994	2.312	1.684	1.066	4.683	.63	.56	21.58	241
SS37	2.991	2.461	1.873	1.538	4.854	.82	.63	20.38	241
86A3	3.082	2.360	1.816	1.032	4.898	.57	.60	22.41	241
65	2.935	2.035	1.985	1.996	4.920	1.00	.68	27.58	285
V2-3	3.061	2.023	1.919	0.986	4.980	.51	.63	20.58	255
SS43	3.109	2.344	1.954	1.274	5.063	.65	.61	20.17	255
SS40	3.170	2.425	1.858	1.238	5.028	.66	.59	20.17	241
平均	2.913	2.171	1.761	1.166	4.674	.66	.61	22.44	249

第 15 表 模範的波來土鑄鐵 (其 2)
硅素 2.0% 以下

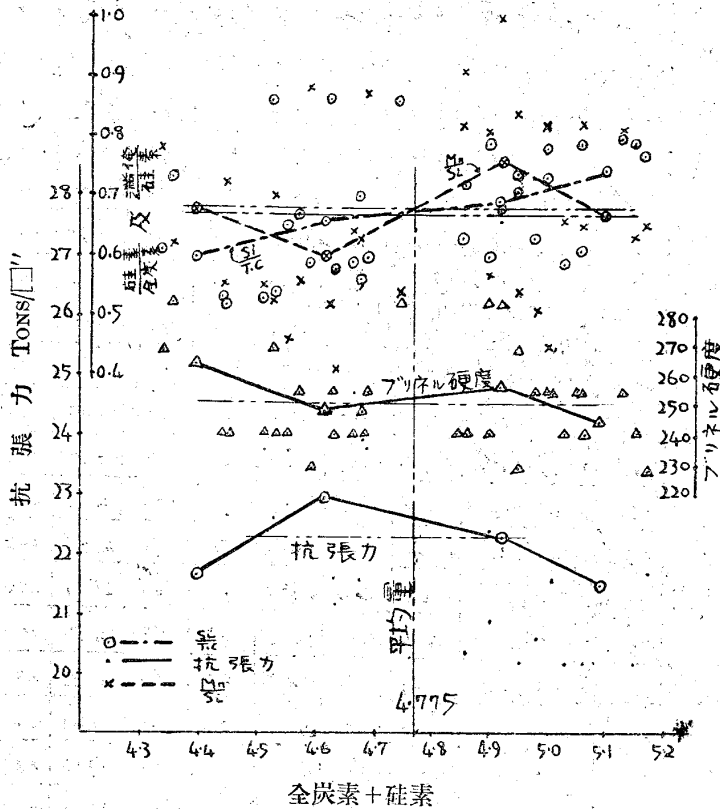
ノ一	炭素	黒鉛	硅素	滿俺	炭素+硅素	$\frac{\text{Mn}}{\text{Si}}$	$\frac{\text{S}}{\text{C}}$	抗張力 T/吋 ²	ブリネル
R2	2.433	1.545	2.095	1.113	4.528	.53	.86	22.61	269
R3	2.488	1.653	2.140	1.124	4.628	.52	.86	21.63	255
R1	2.564	1.614	2.185	1.558	4.749	.54	.86	23.53	285
20	2.831	2.147	2.032	1.835	4.863	.91	.72	23.08	241
R6	2.782	1.782	2.119	1.712	4.901	.81	.79	20.85	263
SS30	2.885	2.257	2.063	1.101	4.948	.54	.71	20.17	229
R4	2.850	1.831	2.102	1.759	4.952	.84	.74	22.78	269
R5	2.881	1.888	2.102	1.712	4.988	.82	.73	22.87	255
X2C	2.843	2.109	2.212	1.009	5.055	.45	.78	21.58	255
X4A	2.831	2.157	2.232	1.835	5.063	.82	.79	23.08	241
X4C	2.856	2.193	2.273	1.845	5.129	.81	.80	23.58	255
X3C	2.873	2.286	2.263	1.430	5.146	.63	.79	21.68	241
X3A	2.890	2.309	2.263	1.490	5.153	.65	.78	20.17	229
平均	2.769	2.059	2.160	1.472	4.929	.68	.78	22.12	255

2.943%、硅素 1.725% 其の和 4.668%、滿俺 1.12% の時に 24.75 噸/時² を得て居て當工場としては硅素 2.0% 少し下つた (1.8% 前後) 邊が最大抗張力を出す。

ブリネル硬度も 4.9% と 4.65% 附近が値大である。 $\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}}$ 、 $\frac{\text{滿俺}}{\text{硅素}}$ の 2 つの比は 4.9% 以上の處が 4.65% 附近よりはるか大である、之れは硅素が増加して居る (炭素は殆んど同じ) ためである。之れ等の平均値を求むると $\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}}$ 、 $\frac{\text{滿俺}}{\text{硅素}}$ が夫れ夫れ 0.68, 0.67 となり一致して居るのは滿俺が多量であるためである。

第 10 圖

(全炭素+硅素)、 $\frac{\text{硅素}}{\text{全炭素}}$ 及 $\frac{\text{滿 俺}}{\text{硅素}}$ と抗張力との關係



以上しばしば述べる様に之れ等3つの比が黒鉛化の状況にも又鑄造術の點にも重大な關係を有する事は明らかである故にこの比の値から夫れ夫れの元素を求めて配合計算に資して居る。

$$\text{T.C} + \text{Si} = 4.5 \sim 5.0 \dots\dots (1)$$

$$\frac{\text{Si}}{\text{T.C}} = 0.5 \sim 1.0 \dots\dots (2)$$

$$\frac{\text{Mn}}{\text{Si}} = 0.5 \sim 1.0 \dots\dots (3)$$

(1) (2) で炭素、硅素の値を定め (3) によつて滿俺を求められる、然して滿俺は大體硅素の増減に比例して増減す可きである。

自分が推奨する比は

$$\text{T.C} + \text{Si} = 4.7 \dots\dots (4)$$

$$\frac{\text{Si}}{\text{T.C}} = 0.7 \dots\dots (5)$$

$$\frac{\text{Mn}}{\text{Si}} = 0.7 \dots\dots (6)$$

(1) (2) より $\text{T.C} = \frac{4.7}{1.7} = 2.8\%$

$$\text{Si} = 2.8 \times 0.7 = 1.9\%$$

$$\text{Mn} = 1.9 \times 0.7 = 1.3\%$$

であつて次に第 11 圖に示すは炭素—硅素を豎軸、横軸にとつて $\frac{\text{硅素}}{\text{炭素}}$ (炭素+硅素) の傾線を引いたものに成分に應じて抗張力を記入したもので、之れに見るも炭素+硅素 = 4.5~5.5% の間が抗張力が大である。即ち第 10 圖に示す結果と一致する。よつて以上の算式とこの圖とを對照して波來土鑄鐵の炭素、硅素、滿俺の量を定める様にして居る。

當工場の實地としては炭素+硅素 = 4.5~5.0% の間を基本とし鑄物の肉の厚薄及び其の交錯した場合等を考へ大約次表の如くに大別して使用して居る。

肉の厚さ	炭素	硅素	滿 俺
薄物 1/4''~3/4''	3.0~3.2%	2.0~1.8%	0.5~1.0%
中物 3/4''~2''	2.7~2.9	2.0~1.8	1.0~1.5
厚物 2''以上	2.6~2.7	1.8~1.4	1.5~2.0

(5) 初熱度 (Initial Temp.) と注湯

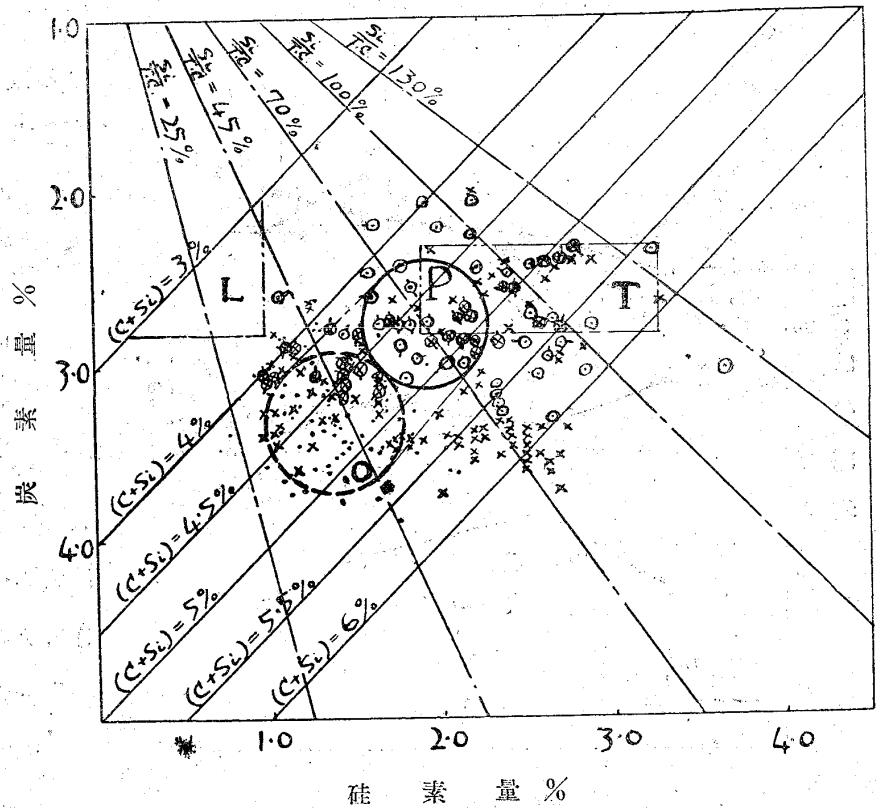
溫度

鑄鐵の強さは其の成分に 負ふ處大なりと雖も結局は化合炭素の適量と黒鉛炭素の分布

状態如何によるのである。石川博士⁽²⁰⁾の菊目織組濱住博士⁽²¹⁾の渦状黒鉛も全炭素3.0% 硅素1.7% 附近の中庸の含有量に於ては冷却速度に關するのである。又黒鉛成生の原因に付いては本多、石原兩博士は瓦斯の影響が大であると發表されて居り、更に石原博士⁽²²⁾は融體を高温度に於て長く熱する時は冷却の際黒鉛を生じ難い、之れは熔存して居る瓦斯の熔解度は温度が昇るに従つて減少するによると言はれて居る。即ち一定の化學成分の鑄鐵の強さを増すためには出来るだけ高熱に熔解をなし適度の温度で注入し其後の冷却速度を加減する事が大切である。

第 11 圖

波來土鑄鐵に於ける全炭素と硅素との關係



- | | |
|----------------|---------------------|
| L. ランツ法 | ● 當工場從來のレコード |
| T. ティッセン エンメル法 | × 外國文献 |
| O. 當工場高級鑄鐵 | ○ 當工場波來土鑄鐵 |
| P. 波來土鑄鐵 | ⊙ 20 Tons/□' 以下のもの |
| | ⊙⊙ 23 Tons/□' 以下のもの |

イー・ピオワルスキー⁽²³⁾氏は初熱度と鑄鐵の化合炭素との關係を試験した結果として、高硅素(2.5%) 鑄鐵で炭素が3.3% 附近のもので1,200°C, 1,400°C, 1,600°C の3種の温度に加熱して共晶温度の20~30°C 下迄毎分3°C 宛の速さで冷却し夫れから水中に急冷した時に1,400°C 附近に加熱したものが最も化合炭素が大である、然して其の加熱時間の長い程化合炭素が大であると云つて居る更に炭素3.3%の鑄鐵を1,600°C に加熱して1,400°C から冷却した場合と1,200°C から冷却した場合とでは前者の方が化合炭素が多いと發表されて居る。又黒鉛を小さくし地質の波來土を細かくするには地金を適度の高熱に加熱して急冷する事によつて得られると云つて居る。

然して氏は1,600°C に加熱し1,400°C で注入するを最もよしとして居る、又硅素が餘分(2.5%) にある場合には脱酸作用をなすから注入温度は70~100°C 位下げてもよいと發表してゐる。

次に同じ初熱度を保つ波來土鑄鐵に就き注入温度を變へた場合に鑄鐵の性質に及ぼす影響を調らべる。黒鉛坩堝で熔解したものを熔滓をかき除けた瞬間に1,500~1,550°C (坩堝の最も高熱のもの) になる様坩堝爐を調整して圖の様に一つの湯口から1" 徑の試験棒2本 1 1/8" 吋角2本を出した鑄型を造

り（生型）で鑄造して其のまゝ鑄型の中で緩冷したものを夫れ夫れ抗張力試験片（0.536吋徑）屈曲試験片（1吋角）を加工して試験し其の結果の平均値を次表に示す。第17表を見る時は

I. 種類 炭素 2.4, 2.8%, 硅素 2.1%

第17表 注入温度と機械的性質

何れも抗張力、屈曲力は 1,400°C で注湯した時が最高レコードを示し 1,500°C で稍脆弱になり 1,300°C では遙るかに性能劣る従つてこの種類での注湯温度は 1,400°C を以て適當とする。顯微鏡寫眞を見る時は R₁R₂R₃（寫眞後出）何れも大洲田の結晶形の邊境を共晶黒鉛が取りまき處々に遊離セメントタイトが點在して居り地質の波來土は極く細かな粗粒吐一波來土より成つて居る、R₄R₅R₆（寫眞後出）では共晶黒鉛の發達が

種類	平均	炭素	化炭素	黒鉛	硅素	滿俺	抗張力 kg/cm ²	屈曲力 kg/cm ²	満俺	注入 温度
I	R ₁	2.564	0.950	1.614	2.185	1.158	22.53	45.69	285	1500°
	R ₂	2.433	0.888	1.545	2.095	1.113	22.61	47.26	269	1400
	R ₃	2.488	0.835	1.653	2.140	1.124	21.63	34.27	255	1300
	R ₄	2.850	1.019	1.831	2.102	1.759	22.78	40.76	269	1500
	R ₅	2.881	0.993	1.888	2.107	1.712	22.89	41.88	255	1400
	R ₆	2.782	0.984	1.898	2.119	1.712	20.85	31.36	263	1300
II	Y _{1A}	2.821	0.669	2.252	2.281	0.527	17.79	35.16	207	1400
	Y _{1B}	2.861	0.636	2.225	2.240	0.493	17.76	33.15	207	1350
	Y _{1C}	2.761	0.505	2.256	2.241	0.436	14.52	26.43	197	1300
	Y _{2A}	2.864	0.734	2.130	2.221	0.940	19.42	34.96	229	1320
	Y _{2B}	2.881	0.734	2.147	2.186	0.974	20.78	34.96	229	1370
	Y _{2C}	2.843	0.769	2.074	2.212	1.009	21.58	35.36	255	1420
III	X _{2A}	2.926	0.803	2.123	1.708	0.699	21.50	34.49	229	1420
	X _{2B}	2.990	0.708	2.282	1.715	0.757	20.60	36.66	229	1370
	X _{2C}	2.928	0.645	2.283	1.652	0.699	19.03	31.13	217	1320
	X _{3A}	2.943	0.837	2.106	1.725	1.112	23.15	38.08	229	1420
	X _{3B}	2.945	0.782	2.163	1.725	1.032	22.01	36.06	229	1360
	X _{3C}	2.994	0.682	2.312	1.689	1.066	20.25	33.82	229	1320

前者より劣り寫眞の如く菊目狀の黒鉛が出て居るが尙處々に共晶黒鉛、遊離セメントタイトが出て居る地質は矢張り微密な粗粒吐一波來土よりなつて居る。両者は殆んど同じ様な性質を示して居るので只冷却の有様が變るだけである。

硫黄 0.016~0.033% 磷 0.13~0.16%

II. 種類 炭素 2.8%, 硅素 2.2%

この範圍では 1,400°C の注湯温度の時に抗張力、屈曲力共に最高レコードを示して居る。其の内でも滿俺の多い Y_{2A}, Y_{2B}, Y_{2C} の方が良好である。顯微鏡寫眞を見るに（後出）矢張り大洲田の晶形の邊境に共晶黒鉛が發達して居る。而して Y_{1A}, Y_{1B}, Y_{1C} の様に滿俺が少ないと地鐵が出て来て黒鉛も稍片狀の太いものが交つて来て機械的性質も劣つて来る。故に滿俺は 0.5% 以下ではいかん、少なくとも 0.7~0.8% を撰ぶ可きである。

III. 種類 炭素 2.9%, 硅素 1.7%

この範圍でも 1,400°C の注湯温度の時に機械的性質は最高レコードを示し滿俺の多い方が良成績である、顯微鏡寫眞（後出）を見るに矢張り大洲田の晶形を取り圍んで共晶黒鉛が出て居る多少片狀黒鉛も交り遊離セメントタイトも點在して居る。

以上を要するに

1. この範圍の波來土鑄鐵の適當の注湯温度は 1,400°C である。
2. この範圍の注湯温度では甚しき機械的性質の變化はない。故に初熱度さへ高ければ 1,350°C 以上を以て實際の注入温度と見做す。

圖面省略

3. 此の範圍の波來土鑄鐵の特徴として大洲田の晶形が判然と残り其の邊境を共晶黒鉛が取り圍んで居る、或ひは共晶黒鉛と渦狀黒鉛とが交錯して出て居る。然して地質は極く細かい波來土や粗粒吐狀になつて居る。尤も冷却の模様及び成分によつては思はぬ結果となる事があるが次に示す。

IV. V 種類

種類 V は極く軟かい鑄鐵であつて其の組織は片狀黒鉛と多少の共晶黒鉛を出し地鐵がすばらしく發達して居る、然して其機械的性質は極く弱

第 18 表 注入溫度と機械的性質 (其 2)

種類	イ-7	全炭素	化炭素	黒鉛	硅素	滿俺	抗強力 kg/cm ²	圧縮力 kg/cm ²	引張 kg/cm ²	延率 %
	PIA	2.742	0.586	2.165	2.506	0.304	15.62	3068	163	1400
IV	PIB	2.716	0.431	2.285	2.515	0.386	12.00	2352	156	1360
	PIC	2.721	0.377	2.344	2.468	0.244	11.80	2643	156	1300
	WIA	3.497	0.407	3.090	2.216	0.331	11.86	2643	156	1400
V	WIB	3.400	0.340	3.060	2.283	0.331	11.56	2777	143	1350
	WIC	3.246	0.320	2.926	2.296	0.320	10.76	2531	143	1300

硫黄 0.03~0.05% 磷 0.12~0.18%

種類 IV は炭素 2.7% の低炭素でありながら硅素が多量であるのと滿俺が少ないために其組織は全くフェリチック パーライトになつて機械的性質も非常に悪く IV 種の普通の鑄鐵と何等變りがない、試験方法

は何等變つた事ないが、全く之れだけ硅素の多く滿俺が極く少ない地金に對しては冷却速度は緩やかに過ぎるものと思ふ。

此の章の決論並に前章に述べた (SS 26, SS 21, SS 33... 後出寫眞参照)、組織及び顯微鏡寫眞より判斷する時は低炭素、高硅素の波來土鑄鐵の組織上の特長は共晶黒鉛の發達し易い、殊に大洲田の晶形が丸味を帯びて残り其の邊境を共晶黒鉛或ひは渦狀黒鉛と共晶黒鉛とが交錯して發達して居る點である之れに就いては未だ充分の學理的研究は完了してないが次に大約を説明して見る。

共晶黒鉛の成生原因につき濱住博士の研究によれば炭素量が共晶點以下なる時は初晶大洲田は齒狀に晶出し而かも其の縁邊は高溫度に於ける表面張力に由つて丸味を帯ぶ次いで共晶溫度に達すると齒狀晶の間に大洲田及びセメントイトの共晶を成生す。而して初晶大洲田の大きさ結晶數は組成同一なる時は單に融體の冷却速度のみに依つて定まる。冷却速度小なる時は良く發達せる大なる結晶を得べく冷却速度大なる時は無数の不規則なる小結晶を得べし、従つて後の場合に於ては結晶はよく均一に分布す、これ共晶黒鉛を得るに必要な條件であると言はれて居る。ヴェスト氏及びペターソン氏の研究した結果によれば鑄鐵に硅素が加はると共晶組成の炭素量は次第に減じ 3.0% を加へると炭素 3.4% になる。又本多、村上兩博士⁽²⁴⁾の研究された結果によれば硅素 2% 加はれば共晶組成の炭素量は 3.5% 共晶溫度 1,130°C となり硅素が増加するにつれてこの傾向は増して居る。即ち鐵-炭素平衡圖に於てセメントイト溶解度曲線と大洲田溶解曲線との交點は左方に (鋼の組成の方) の上方 (1,130°C) へ移動し従つて亞共晶鑄鐵では凝固點と共晶點とが接近する關係上かゝる鑄鐵が凝固する際には共晶點附近は比較的急冷される事になり初晶共晶何れも微細な組織となる。以上の諸研究より波來土鑄鐵の場合を考ふる時は (炭素 3.1% 以下、硅素 2.0% 前後) 普通の鑄鐵より共晶點附近が急冷されて微細

な初晶及び之れを取り圍む不規則な共晶を生成す而して共晶セメントは黒鉛と鐵に分解し、この鐵は黒鉛或ひはセメントを熔解して再び大洲田となり冷却後丸味を帯びた太洲田晶形の地質の邊緣に共晶黒鉛が發達する組織となる（寫眞 SS 21, SS, 26, R₁ R₂ 等）又共晶黒鉛の附近に地鐵が出てくるのは冷却速度が稍遅い時は小さい黒鉛と太洲田との接觸面が廣いために之れが核となつて太洲田より黒鉛を析出し易く容易に炭素少ない太洲田となり冷却後其の附近は化合炭素（波來土）が少なくなり密集した共晶黒鉛の周りに地鐵を出すのである。（寫眞 Y1A, Y1B, Y1C 等）即ち共晶點附近の冷却速度の緩急により渦狀となり共晶となり又點狀ともなり、然して A_{R1} 點迄及び其の附近の冷却速度によつて波來土が美しき層狀に發達するもの又は粗粒吐—波來土になつたものをうると云ふ事になるものと考へる。更らに滿俺が多量に加はる時は特に地質を粗粒吐—波來土に出し易い傾向がある。近來はハンソン氏⁽²⁵⁾ 又は西村博士⁽²⁶⁾ の所説の如く鐵—炭素—硅素の3元素より此の黒鉛化の現象を説明し様と試みる事も新しい研究方法と信するが更らに銅合金に於ける亜鉛平衡の如く硅素に對する滿俺平衡と云つた様な或る關係が必ず生れるものと考へて居る。

之れを要するに鑄鐵に於ける初熱度を出來る丈け高めると云ふ事は上述の如く大事の事であると同時に鑄物をする上に次の諸利益を數へ得る。

1. 高熱の下に熔鉄爐で熔解をなす時は瓦斯分少ないのと硅素分比較的多い點と一所になつて湯足が長くなる關係上多數の小さい型に注入する場合に最後迄よい熱の湯が供給し得る事。
2. 高熱熔解では注湯溫度の選擇が容易である。

故に自分は鑄鐵特に低炭素、高硅素波來土鑄鐵に於ては爐熱を高めて初速度を出來る丈け高める事が緊要であると信する。

(6) 波來土鑄鐵の鑄造法

波來土鑄鐵の鑄造をする時には大約次の特殊の注意を要する。

1. 初熱度を高くする事即ち高熱熔解をなす事。
2. 適度の注湯溫度で注入する事。

この事は一般鑄鐵に於ても同じであるが波來土鑄鐵では特に必要である事は前章に述べたから茲では略す高、熱熔解に對する熔鉄爐の設計及び操業法等議論のある處であるが他日に譲る。上述の如く波來土鑄鐵の鑄造に際しては地金性質上、高溫で注入する必要がある従つて製型上の特別の注意を要する。

- (1) 低炭素を得るために鋼屑を多量に使用する關係上熔融點が高まる従つて鑄型に注入した場合に急冷される結果固まるのが早くて真から出た瓦斯が充分に上る暇なく途中に残されてブローホールを造る怖れがある。
- (2) 又湯先或ひは途中にある埃が途中に止められて鑄巢を造くり。
- (3) 高熱のために黒味が熔かされ或ひは高熱のために鑄肌を急熱する關係上部分的に鑄物砂の急

膨脹を來し所謂スクワレの原因をなす。

等の原因で不良鑄物を造くる傾向が普通の鑄鐵の場合より烈しいから製型材料即ち、鑄物砂、粘土、黒鉛を吟味し其の配合割合も研究する必要があつて、最も注意すべきは之れ等材料の耐火度である。特に2吋以上の肉厚の品物又は3吋も4吋もある部分に接する鑄肌が耐火度が低い材質だと熔融して土が離れなくなり、眞だと更らに困難を來すから充分に撰擇しなくてはならぬ。次に湯口の付け方切り開の切り方等種々議論のある處であるが自分としては、

1. 高熱の地金を注入するのだから型の中で瓦斯、熔滓を造くる傾向があるが其の暇を與へない様早く湯を廻はす事。
 2. 夫れでも尙生じた瓦斯、熔滓が浮び上がる迄凝固せぬ丈けの餘裕のあること、
- の2條件を考慮し品物の重量を計算して注入し終る迄の時間を測定する、然して切り開を附す可き個所により其の寸法を定める様にして居る。

斯くの如く早く湯を入れるために鑄型内に起こる壓力（内より外に向ふ壓力）俗に云ふ張りは非常に強くなるから、鑄型の締め付け道具を完備する事並びに湯口前の土を強力にして置く事勿論である。

當工場に於ける湯口の切り方で最も普遍的に行つてゐる方法及び湯の速さは次の通りである。

I. 落し湯口

この湯口は品物の最上分に附するもので當工場の例では下から押し上げて來た湯が悪くなるのを補熱して瓦斯熔滓の代りをよくしてやるのが主要な目的であつてこの速さは品物により異なるが大體湯口の平方時に付き1秒間に10 kg. の割で入れて居る普通3番湯口と云つて居る。

II. 中央湯口

之れは型は中央部にとる湯口で、フランヂ等に附す場合が多い、目的は1番の押上げの湯の悪くなるを補熱し瓦斯熔滓を途中で止めず上部に押し上げる目的であつて速さは毎平方時に就き1秒間8.3 kg. の割である。之れは普通2番湯口と稱して居る。

III. 押し上げ湯口

之れは型の最低部に注入するもので最も早く湯が悪くなるから2番、3番で補熱してやる必要がある。この湯口は最下部に附するために常に湯溜めから距離遠いから余り太くして速力早いと鑄肌を荒すから比較的緩るく湯を昇す様にして2番3番で早く補熱してやる必要がある。注入速力は毎平方時に付き1秒間に6.6 kg. である。

1番2番3番の湯口（品物によりては各1本より4本の間採る）は湯溜めの中でヴァルヴで閉鎖して置き、順序にヴァルヴを開けるのであるがこの各ヴァルヴの間隔について一言すると、1番湯口で型の最低部に湯を入れて底から少し上つた時に2番を開き、湯が2番湯口のせきの少し上に來た時に上から落し込む様にして勢ひよく、湯を充滿せしめ、鑄肌に熔滓の附着せぬ様、又瓦斯が途中で止められぬ様にするが目的であるがともすると兩者何れか残り中々思ふ様にはゆかぬ、殊に波來土鑄鐵の様

に熔滓が高温で流動性がないと一寸鑄肌に着いたものが中々とれないから、余程研究する必要がある、又勢をつけて押し上げて來た瓦斯を上型で抜くために特くに瓦斯抜きを造つてやらぬと型の最上部の凹所に瓦斯が残る事があり更らにこの瓦斯が壓力を増して外に出ずに内部に向つて突入し所謂針穴式の鑄巢又はキラセの巢を形成するから油斷がならぬ。

次に當工場で現在鑄造してゐる波來土鑄鐵の實例を示す。當工場で波來土鑄鐵を使用する範圍は

1. 耐熱性を必要とし熱膨脹を嫌ふもの
 ディーゼル機關の入籠、汽笛蓋の吸鑄等
2. 硬度を必要とするもの
 機關車の汽笛、汽笛蓋、蒸氣關の入籠、吸鑄、衛帶環等。
3. 水壓高きもの
 壓縮機汽笛、入籠、吸鑄、衛帶環等。
4. 強力を必要とするもの
 タービンダイヤフラム、ペルトン水車のバケツト、タービンケーシング、其他

實例、1.

耐熱、高壓を要するもの 水壓 1,000 ポンド
三菱ピッカーズ 920 馬力ディーゼル機關用汽笛

高壓に面する方を下にし底壓側を上型にとる、肉の厚薄が烈しく高壓で高熱にさらされるから鑄物も困難であるが材質を特に吟味する事が必要である。全炭 2.8%、硅素 1.8%、以下滿俺 1.5% 位のものを要す。

湯口の寸法、鑄込速度は次の如し、

1 番、湯口棒、2 $\frac{1}{4}$ 吋徑 1 本を下底に下ろし 1 $\frac{1}{8}$ 吋徑の湯口で排氣穴の側へ $\frac{3}{8} \times 2\frac{1}{2}$ の湯口 4ヶ所を切り押し上ぐ

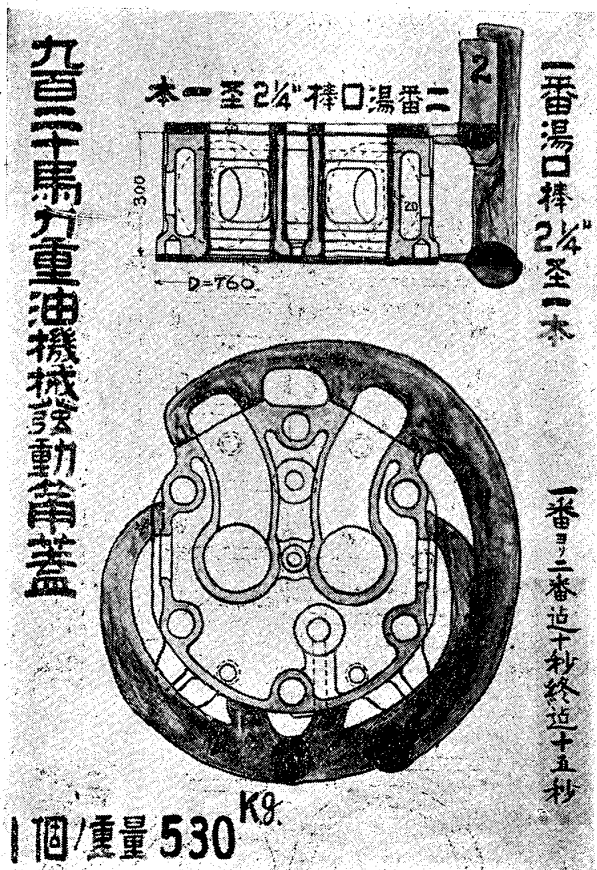
2 番、湯口棒 2 $\frac{1}{4}$ 吋徑 1 本を上部にとり廻して $\frac{1}{2} \times 2''$ 湯口 2ヶ所 1'' \times 2'' 湯口 2ヶ所より上部へ注入し補熱してやる。

鑄込時間 1 番より 2 番迄 10 秒終り迄 15 秒

實例、2

高壓、硬度、耐熱、強力を要するもの。

水壓 高壓側 1,200 ポンド 底壓側 3,000 ポンド

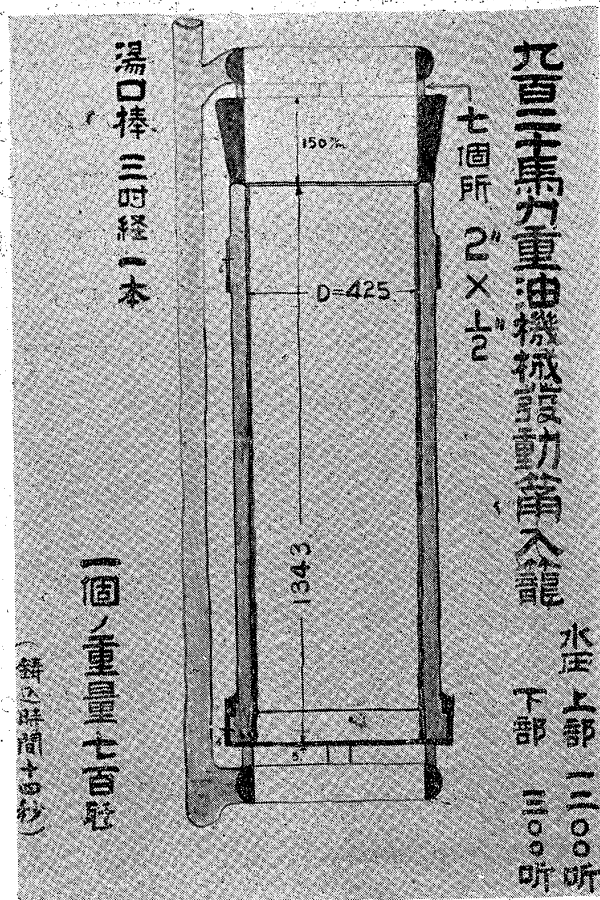


三菱ピカース 920 馬力ディゼル機關用ライナー

形は簡單であるが高壓、高熱にさらされて外面は冷却水に接觸してるから、腐蝕及び磨耗が起こる怖れがある、従つて材質に特に吟味せねばならぬ。然して仕上り肉は約1吋であるから、極端に硬いものは用ひられぬ、炭素 2.8%、硅素 1.8%、滿俺 1.5% 位が最も適當と信じて居る、即ち内面は絶體に鑄巢のない事は勿論緻密で硬度は常に高い事と云ふ條件に當てはまる。然して簡單なものほど鑄物が存外困難である。湯口寸法及び鑄込時間は次の如し、湯口棒 3 吋徑を下底に下ろし 1 1/2 吋徑の湯口川を上、下の幅木に廻はし上 7ヶ所、下 7ヶ所に 2×1 1/2" の湯口を切り、下から押し上げて上から補熱する様に注入する、鑄込時間 14 秒

實例、3. 硬度を要するもの

C-50 型汽關車汽筒



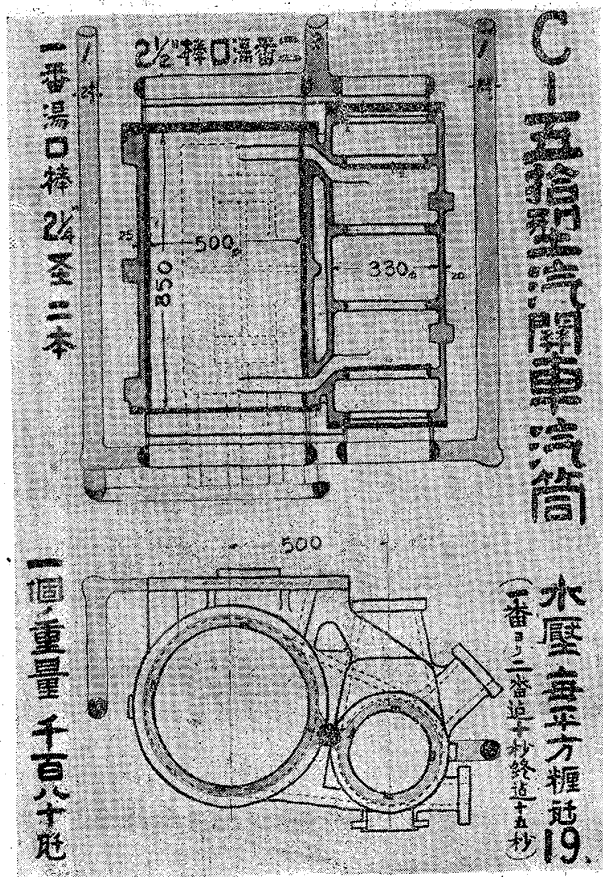
- 規格 1. 水壓 230 封度/吋²
- 2. 抗張力 18~24 kg/cm²
- 3. 仕上後内面の硬度シヨアー 34~35.

18,900 型汽關車汽筒も同様の規格で同様の方法である。

從來最も問題とされてたのは汽筒内面の硬度を高くすると云ふ事で工場によつては眞に冷し金を一面に當てて硬度を保たしめる處もあるが當工場では何等特別の方法なしに波來土鑄鐵で容易に規格を通つて居り抗張力等は規格の極限を突破するので 30 mm 徑の丸棒の代りに 1/2 吋徑の試験棒を附して居る。

湯口は寫眞の如く 1 番で下方より押し上げ 2 番で補熱する様にして居る、ポートの下側の上端には巢溜をつけて置く事大切である。

1 番湯口棒、2 1/4 吋徑 2 本、同 1 本に就き湯口川 1 5/8" 半徑、同湯口 1 1/2"×2" 4ヶ所宛合計 8ヶ所。



2 番、湯口棒 $2\frac{1}{2}$ 吋徑、1 本に就き湯口川の $1\frac{1}{4}$ 吋半徑で兩方へ廻はし $\frac{3}{4}$ " \times $1\frac{3}{4}$ " の湯口を 8 ケ所に附す。

鑄入時間 1 番より 2 番迄 10 秒終り迄 15 秒

實例、4

水壓高く、硬度、強力を要するもの、

6 段式混成瓦斯壓縮機第 3 段汽筒、

水 壓 { 水套部 85 ポンド
 外套部 782 ポンド

1 個重量 3,180 kg.

水壓の高さに於ては更らに高いものもあるが形が複雑であり肉の不同の多いために最も困難な鑄物である、従つて湯は高熱で注入する必要があり鑄物砂其他の材質の撰擇も亦忽に出來ぬ、地金は第 8 表の N3-1 に一例を示して居るが優秀の材料を必要とする注入温度は $1,350\sim 1,400^{\circ}\text{C}$ をよしとして居る。1 番湯口で下底から押し上げ下に湯が少したまつた時に 2 番湯口で内部の肉の部分で落とし込み 3 番で補熱する。

速さ及び寸法は次の通り

1 番、湯口棒 $2\frac{1}{2}$ 吋徑 1 本で下底に下ろし湯口川の $1\frac{1}{4}$ 吋半徑で兩方へ廻はし湯口 $\frac{3}{8}$ " \times $2\frac{1}{2}$ " のもの 6 ケ所で外肉へ注入する。

2 番、湯口棒、 $3\frac{1}{2}$ 吋徑 1 本で送湯し $1\frac{3}{4}$ 吋半徑の湯口川で中央の眞の周圍を廻はし湯口 $1\frac{1}{4}$ " \times 2 " 4 ケ所で外套部内面の肉へ注入する。

3 番、湯口棒、2 吋徑 2 本で上部フランジの半圓へ夫れ夫れ $1\frac{1}{2}$ 吋半徑湯口川で廻はし $1\frac{1}{4}$ " \times $1\frac{1}{4}$ " の湯口を各 2 ケ所計 4 ケ所切つて注入する。

鑄込時間 1 番より 2 番迄 5 秒 3 番迄 15 秒終り迄 20 秒

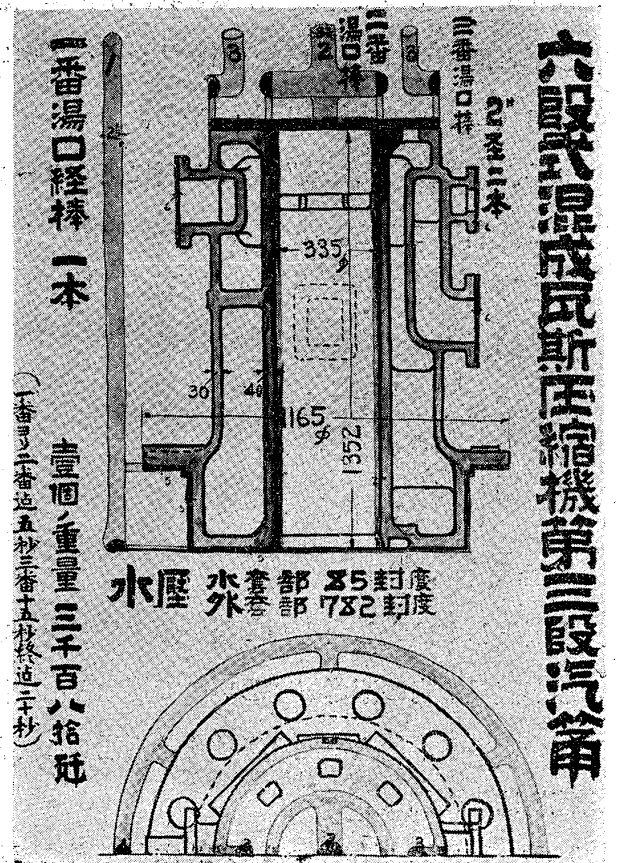
實例、5

水壓、硬度、強力を要するもの

水壓 213 ポンド

6 段式混成瓦斯壓縮機、1 段 2 段側ピストン。

ピストンであるために總磨ぎであり大形で複雑であるために困難である、削り代巢溜は寫眞通り押し湯上りは不要である。



湯口の寸法注入速度は次の如し。

1 番、湯口棒 2¹/₂ 吋徑 1 本で下底に下ろし最底部に 1¹/₄ 吋半徑の湯口川を兩側へ廻はし 3³/₈" × 3" の湯口 6ヶ所に切つて押し上げると共に中段に支線を少し下と同様湯口を切り最上部フランジへ 2" × 2¹/₂" の湯口 (1 本) の支線を出してやる。

2 番、湯口棒 1" × 2¹/₄" を 4ヶ所にとりリーブに落して補熱してやる。

鑄込時間 1 番より 2 番迄 5 秒 終り迄 18 秒

實例、6

高壓で強力を要するもの。

水 壓 { 水套部 85 ポンド
 外套部 213 ポンド

1 個重量 5,070 kg.

水壓としては大したものではないが圖體が大きいのと形が複雑で肉の厚薄が甚しいので鑄物として困難なものである。注入溫度 1,350°C 附近湯口の寸法注入速度は次の知し。

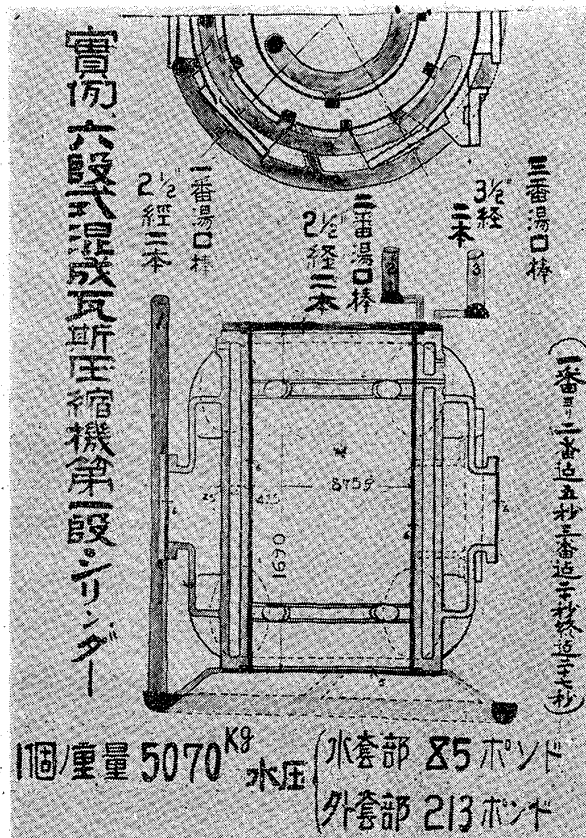
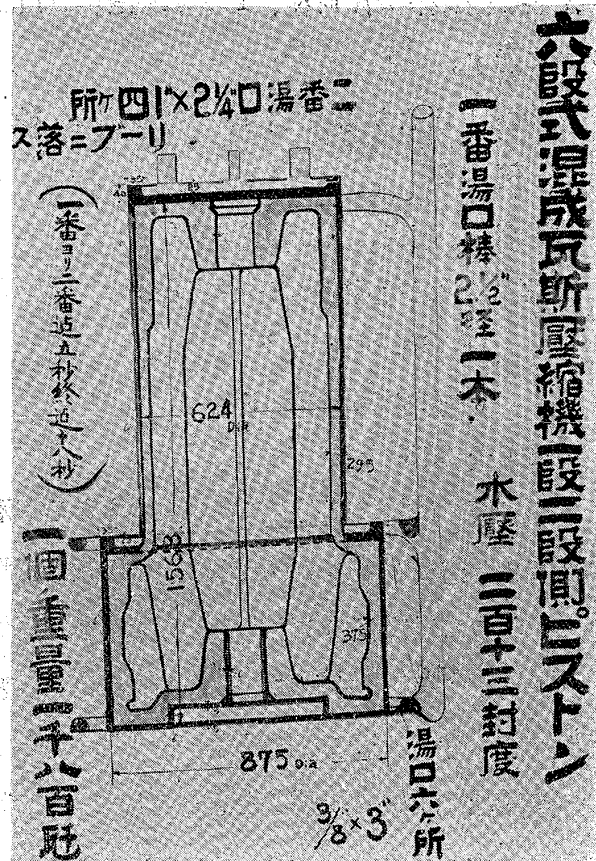
1 番、湯口棒 2¹/₄ 吋のもの 2 本を下底に下ろし 1³/₄" 半徑の湯口川で廻はし 1¹/₂" × 2¹/₂" の湯口を各 4ヶ所計 8ヶ所で押し上げる。

2 番、湯口棒 2¹/₂ 吋徑のものを 2 本切り中央の眞の周圍を 1³/₄ 吋半徑の湯口川で廻はし 1¹/₄" × 2¹/₂" の湯口各 2ヶ所計 4ヶ所に切つて水套内部の肉の上から落す。

3 番、湯口棒 3¹/₂ 吋徑のもの 2 本造り上部フランジに 2¹/₂ 吋半徑の湯口川で廻はし 1¹/₄" × 2" の湯口を各 2ヶ所計 4ヶ所で補熱してやる。

鑄込時間 1 番より 2 番迄 5 秒、3 番迄 20 秒 終り迄 27 秒

以上甚だ不揃ひのデータながら現場の仕事を主題とし報告し他日理論的研究を發表する機會を希ふ



ものである。最後にこの長い月日の間顯微鏡の分析機械的試験に就いて材料試験場の丸山、石橋、福井諸氏の多大なる御盡力を深謝する。

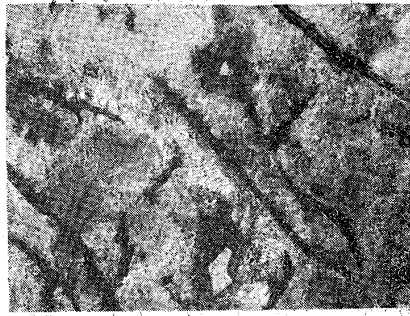
(7) 文 献

- (1) Diefentahler P. 454, June 7, 1923. The Foundry Trade Journal.
- (2) Wüst; The Foundry Trade Journal, p. 410. Nov. 15, 1923.
- (3) David Maclain; The Foundry Trade Journal, p. 110. Aug. 10, 1923.
- (4) Schlüz. Gießerei—Die Giesserei, p. 735, 1927.
- (5) F. Wüst; Foundry Trade Journal, p. 410. Nov. 15, 1923.
- (6) Corsalli's Process; The Foundry Trade Journal, p. 563, Dec. 30, 1926.
- (7) Howe; The Metallurgy of Steel and Iron.
- (8) A-J. Richman—The Foundry Trade Journal, p. 449, Nov. 26, 1925.
- (9) Diefentahler—The Foundry Trade Journal, p. 186, Aug. 30, 1920.
- (10) 濱住博士—金屬の研究 第一卷 p. 247.
- (11) Thyssen Eunucl; Stahl und Eisen, 1926; The Foundry Trade Journal, p. 255, 1924.
- (12) Diefentahler; The Foundry Journal, p. 406, May 15, 1924.
- (13) Mauel's Diagram.
- (13') J.E. Fletchier; The Foundry Trade Journal, p. 69, July 21, 1927.
- (13'') Macrae Smith; The Foundry Trade Journal, p. 270, 1923.
- (14) Prof. A. Champion; The Foundry Trade Journal, p. 476, 1924.
- (15) W.H. Hatfield; Recent Research of Cast Iron.
- (16) J.W. Donaldson; The Foundry Trade Journal, 1925.
- (17) Wüst; Iron and Steel Institute, vol. 11, 1910.
- (18) Coe; Metallurgie, Jan. 8, 1909.
- (19) 松浦春吉; 機械學會雜誌, 第廿九卷第百六號.
- (20) 機械學會雜誌 22 (1909).
- (21) 濱住博士, 金屬の研究第一卷 257.
- (22) 石原博士, 金屬の研究第二卷 620.
- (23) E. Piwowarsky; Stahl und Eisen, p. 1455, 1925; Gieperi p. 255, 1927.
- (24) 本多博士, 金屬の研究 第二卷 614.
- (25) D. Hanson; The Foundry Trade Journal p. 277, Sep. 29, 1927.
- (26) 西村博士, 水曜會雜誌 第五卷 第七號.

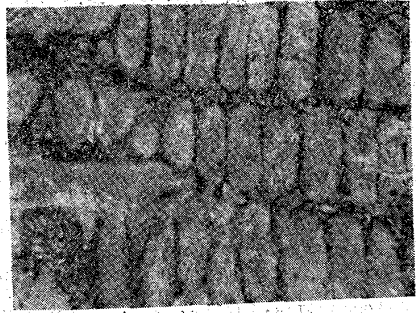
13. 約×170



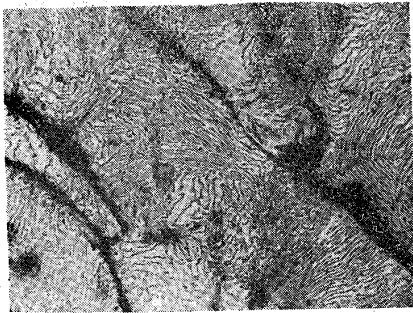
SS 44 B 約×170



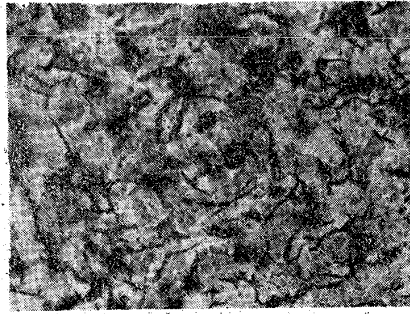
SS. 6 ×100



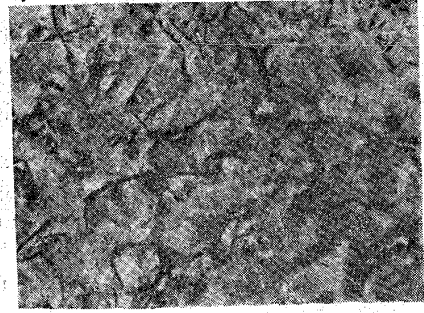
13. A 約×170



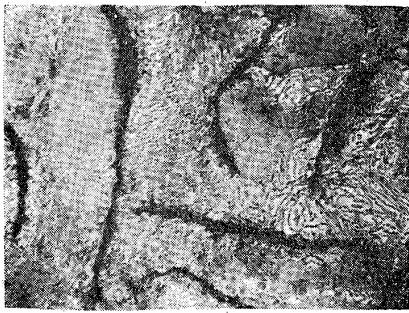
SS. 7 ×100



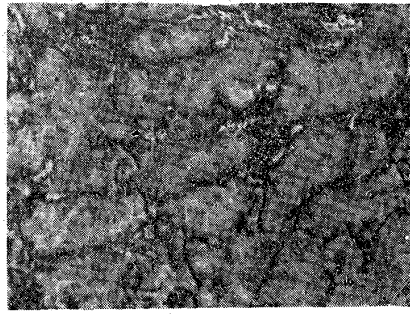
SS. 19 ×100



13. B 約×170



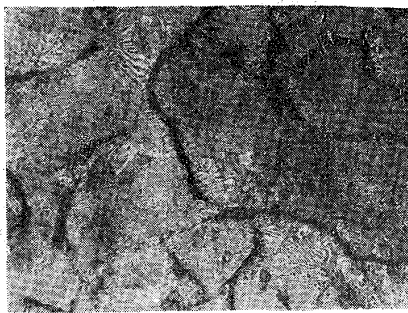
65. ×100



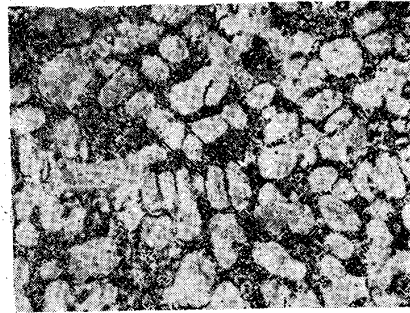
H. 2 ×100



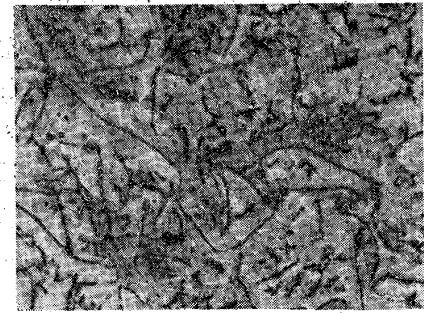
SS. 44 約×170



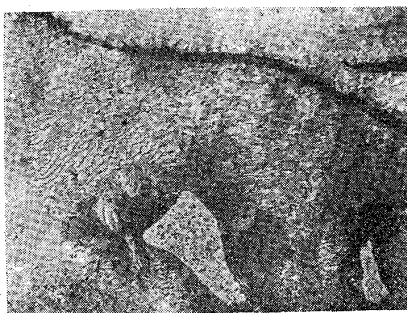
SS. 21 ×100



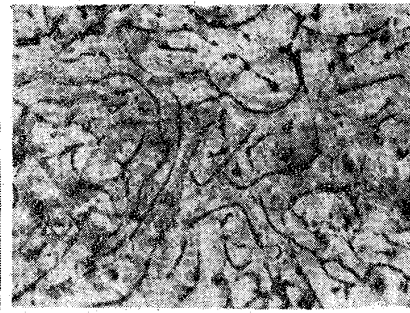
SS. 38 ×100



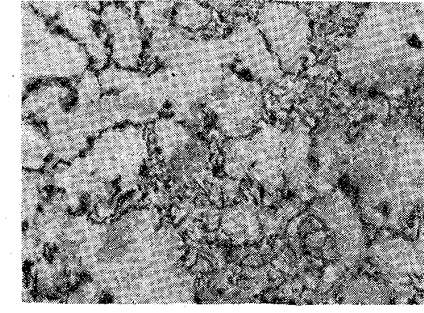
SS 44 A 約×170



SS. 26 ×100

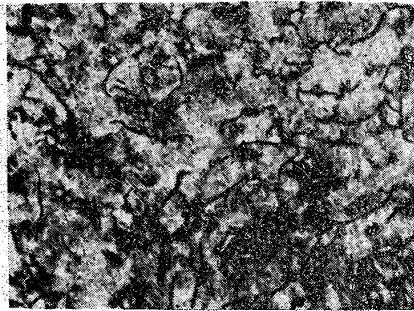


SS. 33 ×100



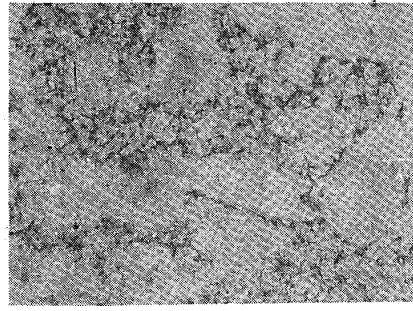
SS. 40

×100



C 3

約×170



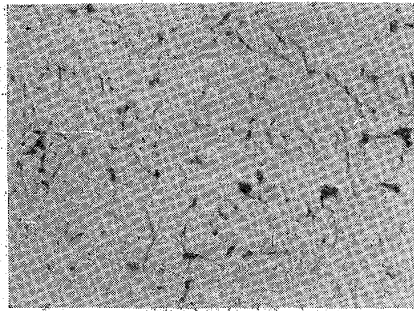
N 1-1

約×170



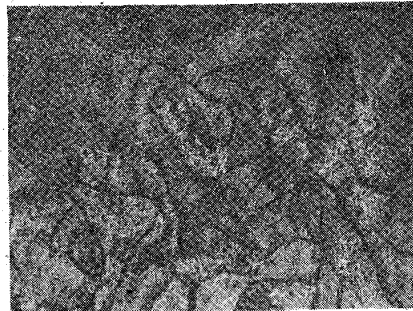
N 2-3

×100



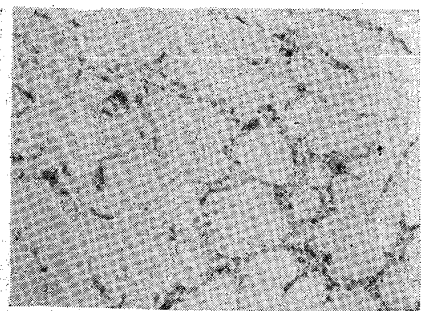
N 3-1

約×170



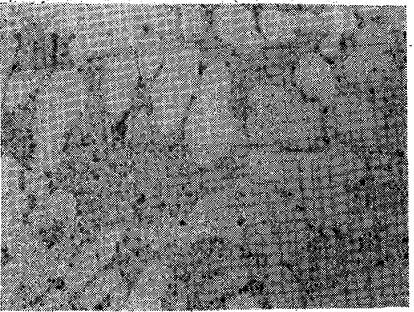
R 1

×100 1,500°Cにて注入



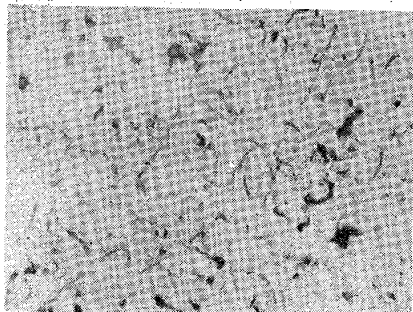
C 3

×100



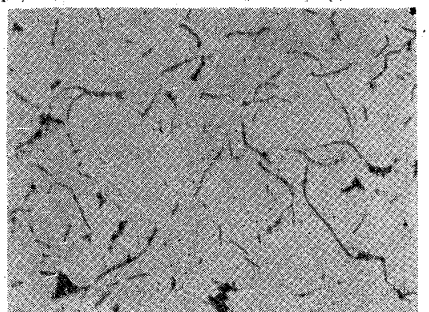
86 A-2

×100



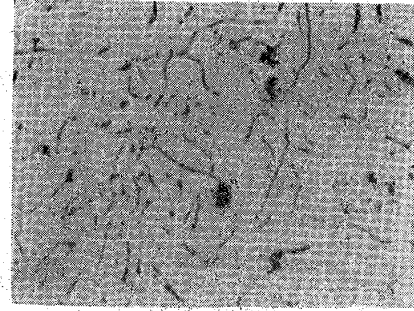
R 2

×100 1,400°Cにて注入



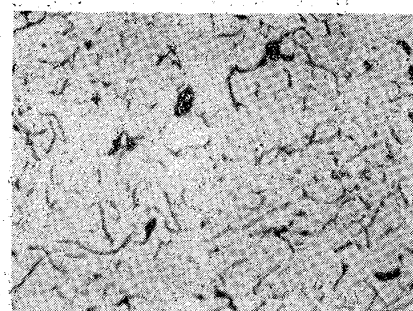
N 3-1

×100



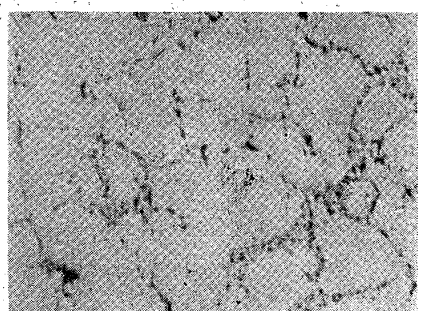
N 1-1

×100



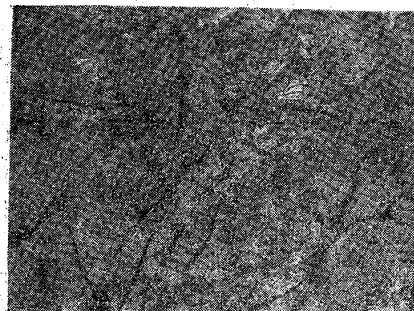
R 3

×100 1,300°Cにて注入



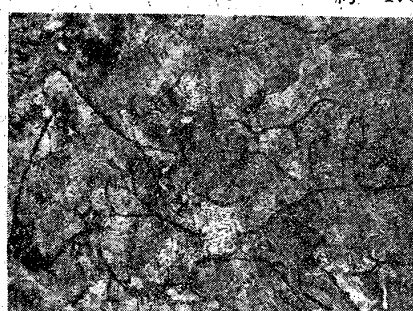
N 2-3

約×170



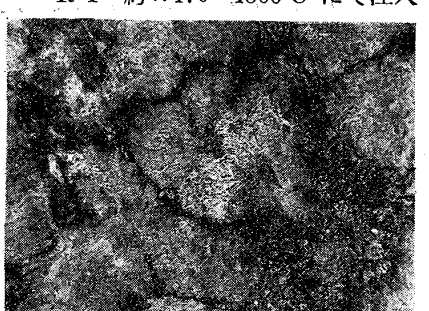
86 A-2

約×170

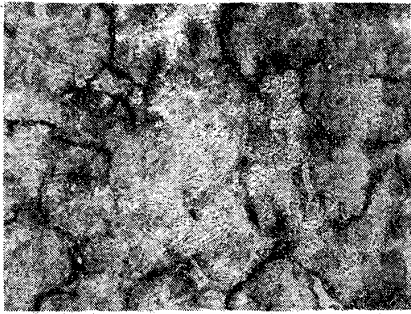


R 1

約×170 1500°Cにて注入



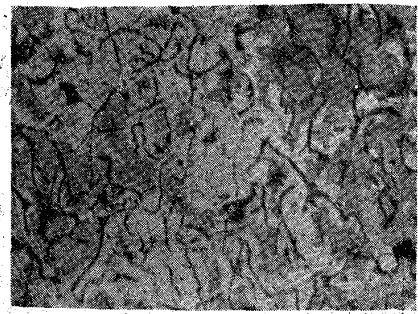
R 2 約×170 1,400°C にて注入



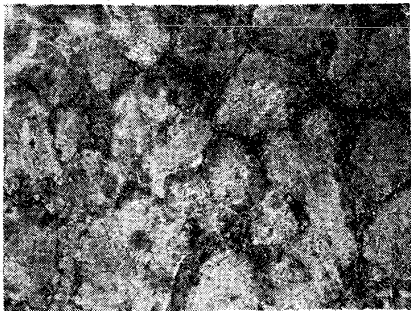
R 4 約×170 1,500°C にて注入



W1C ×100 1,300°C にて注入



R 3 約×170 1,300°C にて注入



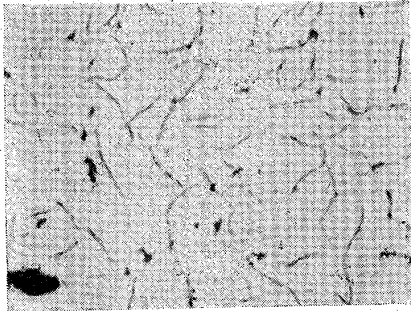
R 5 約×170 1,400°C にて注入



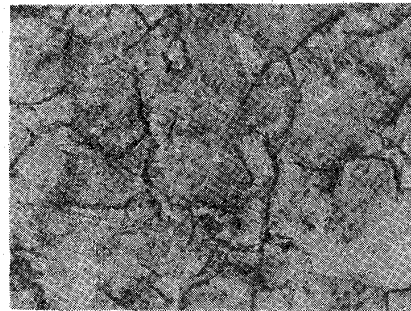
PIA ×100 1,400°C にて注入



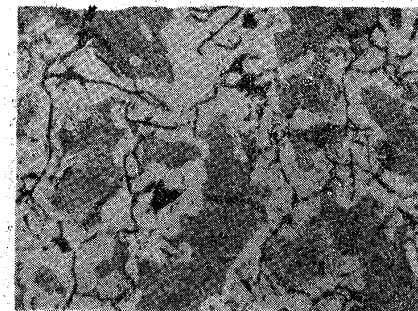
R 4 ×100 1,500°C にて注入



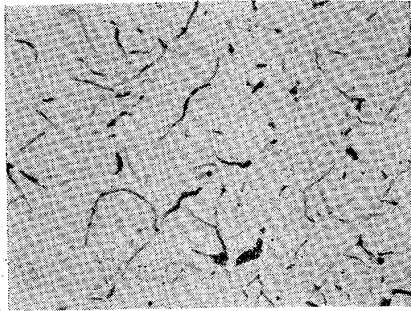
R 6 約×170 1,300°C にて注入



PIB ×100 1,360°C にて注入



R 5 ×100 1,400°C にて注入



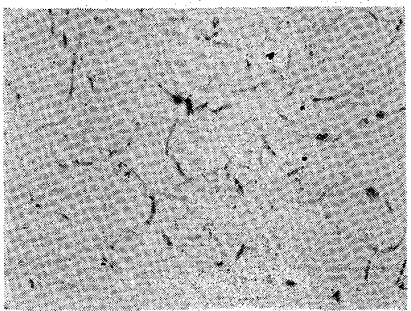
W1A ×100 1,400°C にて注入



PIC ×100 1,300°C にて注入



R 6 ×100 1,300°C にて注入



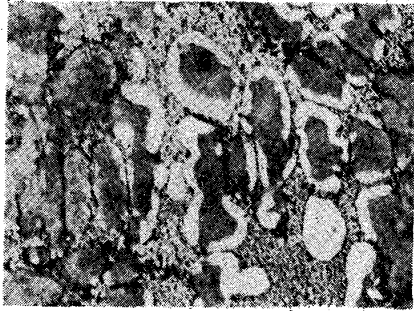
W1B ×100 1,350°C にて注入



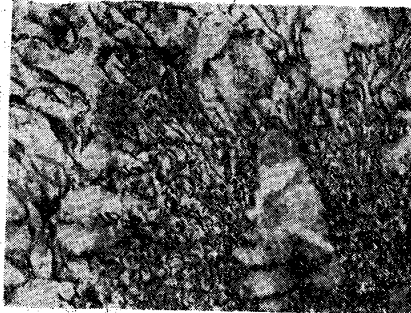
Y1A ×100 1,400°C にて注入



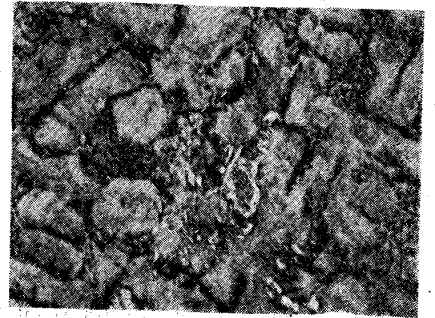
Y1B ×100 1,350°C にて注入



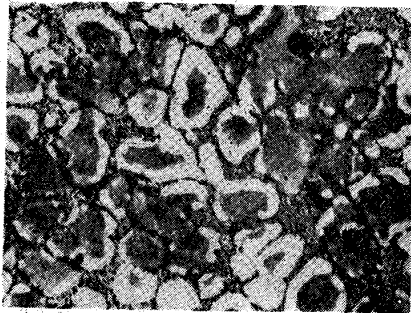
Y2C ×100 1,320°C にて注入



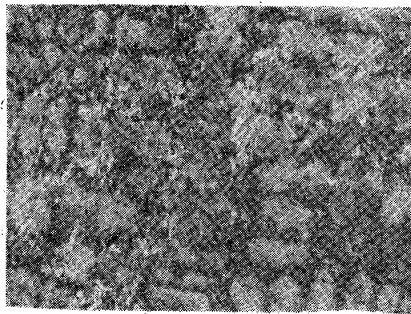
Y3A ×100 1,420°C にて注入



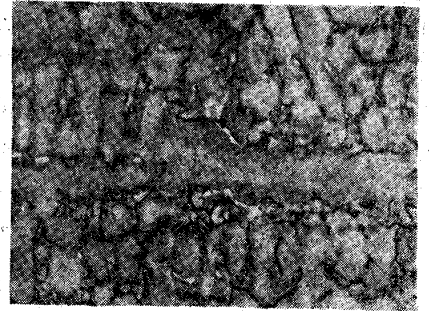
Y1C ×100 1,300°C にて注入



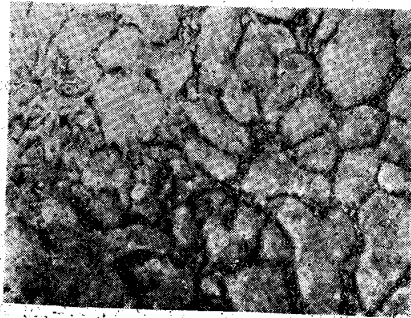
×2A ×100 1,420°C にて注入



Y3B ×100 1,360°C にて注入



Y2A ×100 1,420°C にて注入



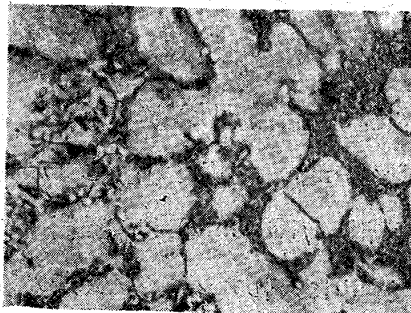
×2B ×100 1,370°C にて注入



Y3C ×100 1,330°C にて注入



Y2B ×100 1,360°C にて注入



×2C ×100 1,330°C にて注入

