

無ニツケル鋼鋼塊の偏析

鹽澤正一*

SEGREGATION OF NON-NICKEL STEEL INGOTS

Masakazu Shiozawa

Synopsis: This study aimed at finding out the degree of segregation which might arise in Cr-Mo steel, Cr-Mn steel and Si-Mn-Cr steel ingots, as compared with that of C-steel and Ni-Cr steel ingots, and at working out comparisons.

To summarize, though depending upon their compositions, the author has noted that the degree of segregation in Cr-Mo steel ingot and Cr-Mn steel ingot are generally about 4 times that of C-Steel or Ni-Cr steel ingots, and also that of Si-Cr-Mn steel ingot 3 times.

I. 緒言

従来自動車用鋼材としては諸外國は勿論本邦に於ても大部分ニツケル・クロム鋼が使用されて満足な結果を得て来たのであるが、昭和 12 年以來その主要合金元素たるニツケルの輸入が杜絶し、これが使用は不可能となつた爲め、最非ともニツケル・クロム鋼に代る可き鋼種を採用しなければならない状態に立ち至つた。この點に關しては既に歐米各國特にニツケル資材の不足を痛感する諸國に於てニツケル節減の意味で考慮され來つた問題であるが、結局その代用としてはクロム・モリブデン鋼が材質的には最適であるとの結論に達していた。然るにその素材たる鋼塊に關しては、従來のニツケル・クロム鋼と同一の優秀性を保持させることが出來ない、即ち鋼塊の偏析は種々の條件により左右されるが、その最も大きく影響する因子は鋼塊の大きさと化學成分であつて、ニツケル・クロム鋼に於てはニツケルが偏析を緩和する作用を有する爲め、その偏析の程度は僅少で、炭素鋼々塊と大差ないが、反之モリブデンはそれ自身著しく偏析を起すばかりでなく同時に他成分の偏析を助長すると言われニツケルの好作用に對して却つて著しく悪影響を示すものである。依つて本研究に於てはニツケル・クロム鋼に代るべきクロム・モリブデン鋼を熔製し、代用特殊鋼製品を製造せんとする場合に、その鋼塊偏析が如何なる程度に在るかを調査して、従來のニツケル・クロム鋼及び炭素鋼々塊と比較すると共に、併せて今後造るべき自動車用クロム・モリブデン鋼々塊の大きさを規定し、造塊作業規格決定上の参考資料を得んとしたのである。

さて以上の如き材質的理由によつて、自動車用ニツケ

ル・クロム鋼の代用鋼としては一應このクロム・モリブデン鋼が採用されることに決したが、モリブデンも亦本邦には其産出極めて僅少であり、且當時外國よりの輸入も望めないで遠からず涸渇する運命にあるものとして更にモリブデンを節減した鋼種で、而もクロム・モリブデン鋼に匹敵し得る機械的性質を有するものとしてクロム・マンガン鋼が考慮されるに至つた。一方資源の關係により同じく代用強靱構造用鋼として研究されていた珪素マンガンクロム鋼も亦自動車用鋼として考慮すべき必要が生じた爲め、著者は更にこれらクロム・マンガン鋼及び珪素マンガン・クロム鋼の二鋼種に就ても上記クロム・モリブデン鋼々塊と同様現場にて造塊した鋼塊について多數の化學分析を行つて、それらの偏析状態を調査し、且つそれ等の結果とニツケル・クロム鋼及び炭素鋼々塊と比較検討した。

II. 研究方法

本研究に供した試料は 480~850kg の鹽基性電氣爐鋼塊で、大同製鋼所、神戸製鋼所及び特殊製鋼株式會社の熔製に係るもので、それ等の造塊記録は第 1 表に示す如くである。

試料採取方法は先ず鋼塊を中心線に沿うて縦割し、次に上中下の 3ヶ所に於て更にこれ等を水平に切斷して厚さ 40mm の板とし、第 1 圖に示す如くそれ等の各々の底邊に等距離の 9 點を求め穿孔して削屑を分析に供した。

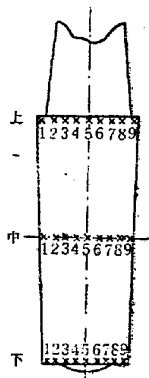
分析の方法は概ね JES によつたが、この鋼種の成分が特殊で、且つ分析に高等の精密が要求せられるのに鑑

* 早稻田大學第一理工學部金屬工學科教室、工博

第1表 造塊記録

鋼塊 番 號	鋼 種	化 學 成 分						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
I	Cr-Mo	0.18	0.26	0.60	0.008	0.021	1.14	0.21
II	〃	0.32	0.27	0.57	0.008	0.016	1.20	0.24
III	〃	0.30	0.26	0.52	0.014	0.007	1.23	0.27
IV	〃	0.37	0.30	0.53	0.013	0.005	1.14	0.28
V	〃	0.37	0.31	0.41	0.014	0.014	1.10	0.22
VI	〃	0.22	0.37	0.63	0.014	0.014	1.10	0.26
VII	〃	0.18	0.36	0.70	0.015	0.014	1.24	0.21
VIII	Cr-Mn	0.31	0.28	0.69	0.013	0.009	1.20	
IX	〃	0.40	0.34	0.66	0.013	0.012	1.53	
X	〃	0.18	0.25	0.64	0.007	0.016	0.86	
XI	〃	0.22	0.27	0.59	0.007	0.015	0.78	
XII	Si-Mn-Cr							

鋼塊 番 號	鋼 塊 本 體				押 湯				鑄 型 重 量 kg	鑄 込 温 度 °C	鑄 込 速 度 kg/min	鎮 静 時 間
	高 mm	頭 部 mm	底 部 mm	重 量 kg	高 mm	頭 部 mm	底 部 mm	重 量 kg				
I	833	331	286	480	310	245	295	100	710	1528	923	6'-0''
II	833	331	286	480	280	245	295	90	710	1534	694	12'-0''
III	1090	287	360	510	370	180	280	105	—	1558	436	3'-30''
IV	1160	350	295	850	430	200	290	270	—	1535	654	3'-30''
V	587	325	275	482	260	135	295	112	640	1430	407	—
VI	587	325	275	496	260	175	295	127	640	1450	416	—
VII	587	325	275	497	260	175	295	126	640	1440	408	—
VIII	833	331	286	480	300	245	295	95	710	1523	945	9'-10''
IX	887	315	335	830	300	240	350	170	1400	1528	1290	16'-0''
X	833	331	286	480	310	245	295	105	710	1533	723	4'-0''
XI	833	331	286	480	300	245	295	95	710	1413	600	5'-0''
XII	835	330	286	500								



第 1 圖

み幾分特別の工夫を施した点もある。例えば Mn の分析に對して JES には含有する Cr を疎め亜鉛華乳によつて鐵と共に沈澱せしめ、Mn と分離する方法が採用されて居るが、上澄液中の Mn 含有量と、沈澱を懸垂する液中のそれとが全く同じであると見ることは必ずしも正確と稱し得ない、故に本研究に於ては Cr 存在の儘、蒼鉛酸ソーダで Mn を酸化する方法を採り、その場合 Cr が酸化するのを避けるため液温を 10°C 以下に嚴守した。(JES の炭素鋼分析に於ては 25°C 以下) 又過マ

ンガン酸加里溶液による滴定の際も檢液と同一 Cr 含有量を有する液を以て白試験を行い、Cr の酸化に對する補正を施した。

Mo の分析に對しても JES は $PbMoO_4$ として秤量する方法を採つて居るが、この沈澱は灼熱中稍々もすれば還元して鉛を生ずる傾向があり、極めて細心の注意と相當の熟練を以つて行わなければ結果の正確は期し難い。依て本研究に於ては Jones 還元装置を使用して亜鉛アマルガムにより Mo を III 價に還元し、第二鐵鹽保護の下に標準過マンガン酸加里溶液で滴定することにした。

その他の成分の分析についても種々の狀況により、臨機處置を講ずる點のあつたことは勿論である。

偏析の量を數的に表わし、これを比較するために“偏析度”を使用した。これは分析値中の最高と最低の差を分析の平均値で除したものを百分率で示したものである。

III. 實驗結果及び偏析の考察

分析の結果を一括し、尙偏析度を求めると第 2 表の如

第 2 表

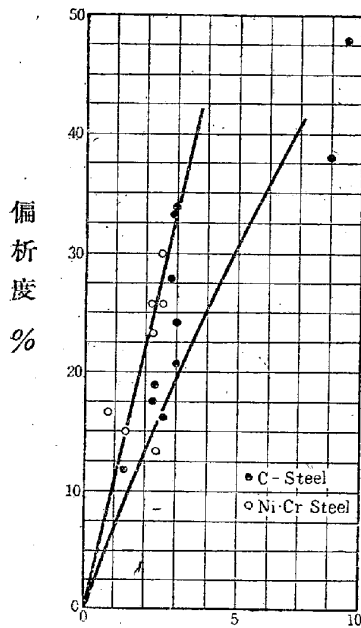
元 素	鋼塊番號													
	分析値%			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
C	上平均	0.186	0.335	0.309	0.375	0.350	0.219	0.209	0.303	0.399	0.181	0.246	0.372	
	中平均	0.175	0.328	0.306	0.371	0.353	0.210	0.192	0.301	0.395	0.177	0.228	0.373	
	下平均	0.173	0.331	0.309	0.371	0.353	0.202	0.200	0.301	0.399	0.178	0.277	0.372	
	總平均	0.178	0.331	0.308	0.372	0.352	0.210	0.200	0.302	0.392	0.178	0.233	0.372	
	最高	0.199	0.360	0.329	0.396	0.364	0.230	0.218	0.320	0.416	0.200	0.259	0.374	
	最低	0.164	0.312	0.287	0.350	0.342	0.199	0.186	0.282	0.369	0.167	0.217	0.370	
	差度	0.035	0.048	0.042	0.046	0.022	0.031	0.032	0.038	0.047	0.033	0.042	0.004	
偏析度	19.7	14.5	13.6	12.4	6.0	14.8	16.0	12.6	11.9	18.4	18.0	1.1		
Si	上平均	0.256	0.284	0.253	0.270	0.327	0.381	0.387	0.289	0.327	0.248	0.274	0.938	
	中平均	0.254	0.280	0.240	0.271	0.325	0.376	0.386	0.288	0.328	0.236	0.277	0.926	
	下平均	0.259	0.281	0.235	0.262	0.296	0.377	0.380	0.289	0.324	0.254	0.276	0.935	
	總平均	0.256	0.282	0.243	0.267	0.305	0.378	0.384	0.289	0.326	0.246	0.276	0.933	
	最高	0.263	0.297	0.262	0.279	0.327	0.389	0.398	0.296	0.338	0.265	0.288	0.962	
	最低	0.250	0.272	0.221	0.247	0.288	0.370	0.364	0.278	0.310	0.233	0.255	0.911	
	差度	0.013	0.025	0.041	0.032	0.039	0.019	0.034	0.018	0.028	0.032	0.033	0.051	
偏析度	5.1	9.9	16.9	11.9	12.8	5.0	8.9	6.2	8.2	13.0	11.9	5.4		
Mn	上平均	0.485	0.578	0.522	0.533	0.412	0.688	0.656	0.726	0.689	0.758	0.570	1.018	
	中平均	0.491	0.567	0.506	0.508	0.395	0.723	0.662	0.666	0.691	0.760	0.584	0.994	
	下平均	0.485	0.570	0.533	0.535	0.396	0.688	0.673	0.690	0.684	0.753	0.589	1.028	
	總平均	0.487	0.572	0.520	0.525	0.401	0.699	0.662	0.694	0.688	0.757	0.581	1.013	
	最高	0.513	0.595	0.560	0.557	0.417	0.758	0.699	0.776	0.707	0.776	0.607	1.047	
	最低	0.473	0.535	0.477	0.480	0.377	0.656	0.610	0.632	0.655	0.726	0.535	0.975	
	差度	0.040	0.060	0.073	0.077	0.040	0.102	0.089	0.144	0.052	0.050	0.072	0.072	
偏析度	8.2	10.5	14.0	9.1	10.0	14.6	13.4	20.8	7.6	6.6	12.4	7.1		
P	上平均	0.0119	0.0116	0.0157	0.0165	0.0164	0.0158	0.0170	0.0172	0.0162	0.0132	0.0144	0.020	
	中平均	0.0096	0.0106	0.0150	0.0150	0.0162	0.0147	0.0172	0.0179	0.0161	0.0130	0.0122	0.022	
	下平均	0.0084	0.0120	0.0161	0.0153	0.0154	0.0154	0.0153	0.0169	0.0159	0.0139	0.0108	0.022	
	總平均	0.0099	0.0114	0.0156	0.0156	0.0160	0.0154	0.0165	0.0173	0.0161	0.0133	0.0115	0.021	
	最高	0.015	0.014	0.018	0.019	0.019	0.018	0.019	0.020	0.018	0.016	0.014	0.027	
	最低	0.008	0.008	0.013	0.013	0.014	0.012	0.014	0.013	0.013	0.010	0.009	0.017	
	差度	0.007	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.007	0.005	0.006	0.005	0.010	
偏析度	70.7	52.6	32.1	38.5	31.4	39.0	30.3	40.5	31.1	45.1	43.5	47.6		
S	上平均	0.0222	0.0163	0.0096	0.0081	0.0173	0.0162	0.0161	0.0098	0.0140	0.0181	0.0161	0.029	
	中平均	0.0220	0.0154	0.0093	0.0071	0.0160	0.0150	0.0152	0.0103	0.0134	0.0173	0.0149	0.028	
	下平均	0.0213	0.0143	0.0091	0.0068	0.0159	0.0151	0.0141	0.0091	0.0123	0.0187	0.0141	0.029	
	總平均	0.0216	0.0153	0.0093	0.0073	0.0164	0.0154	0.0151	0.0097	0.0132	0.0180	0.0150	0.029	
	最高	0.027	0.018	0.012	0.010	0.019	0.019	0.018	0.013	0.016	0.021	0.018	0.032	
	最低	0.017	0.013	0.007	0.006	0.015	0.013	0.012	0.007	0.010	0.014	0.013	0.025	
	差度	0.010	0.005	0.005	0.004	0.004	0.006	0.006	0.006	0.006	0.007	0.005	0.007	
偏析度	46.3	32.7	53.8	54.8	24.3	34.0	39.7	61.9	45.5	38.9	33.3	24.1		
Cr	上平均	1.139	1.257	1.215	1.042	1.057	0.992	1.201	1.103	1.306	0.850	0.791	0.870	
	中平均	1.165	1.227	1.216	1.061	1.049	1.055	1.194	1.014	1.279	0.849	0.789	0.841	
	下平均	1.152	1.216	1.208	1.059	1.045	1.053	1.198	1.079	1.307	0.865	0.791	0.867	
	總平均	1.152	1.233	1.213	1.054	1.049	1.033	1.198	1.066	1.297	0.855	0.790	0.859	
	最高	1.242	1.297	1.242	1.078	1.068	1.087	1.260	1.161	1.322	0.878	0.807	0.876	
	最低	1.085	1.172	1.188	1.037	1.039	0.924	1.191	0.944	1.247	0.833	0.775	0.831	
	差度	0.157	0.125	0.054	0.041	0.029	0.163	0.015	0.217	0.075	0.046	0.032	0.045	
偏析度	13.7	10.1	4.5	3.9	2.8	15.7	1.3	20.4	5.8	5.4	4.1	4.9		
Mo	上平均	0.207	0.243	0.277	0.274	0.219	0.257	0.218						
	中平均	0.202	0.239	0.268	0.271	0.216	0.250	0.214						
	下平均	0.190	0.234	0.270	0.264	0.214	0.241	0.207						
	總平均	0.199	0.239	0.272	0.269	0.216	0.249	0.213						
	最高	0.253	0.273	0.299	0.297	0.247	0.278	0.242						
	最低	0.162	0.198	0.247	0.241	0.190	0.212	0.190						
	差度	0.091	0.075	0.052	0.056	0.057	0.066	0.052						
偏析度	46.7	31.3	19.1	20.8	26.4	26.5	24.4							

くである。

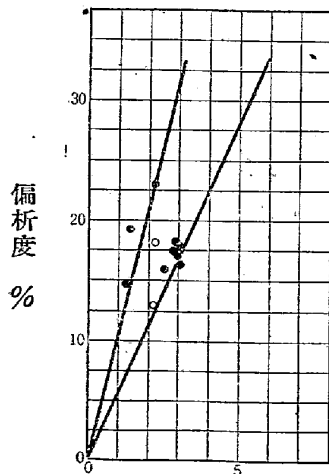
偏析の問題に関しては鐵と鋼第20年第9號附録¹⁾に炭素鋼々塊に就いて二、三記載されてある。又英國鐵鋼協會に於て委員會を設け炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊に就て小は 750kg より大は 119t に及ぶ鋼塊の偏析状態を調査し“Report on the Heterogeneity of Steel Ingots”なる報告書²⁾ 7卷が公表されてある。今此報告書中より丸型及び角型キルド鋼塊の分析値より偏析度を求めると第2~7圖に示すような偏析傾向がある。(圖中2本の直線は大略のその範圍を示すものである。)次に本研究の偏析度とこれ等の結果とを比較検討すると次の如くなる。

(1) Cr-Mo 鋼々塊

i) 炭素 C の偏析度中鋼塊 I が特に大いことは後述する如く鑄込速度の早いことにあると考える、依つてこれを除外すれば平均偏析度 12.9% となる。これを第



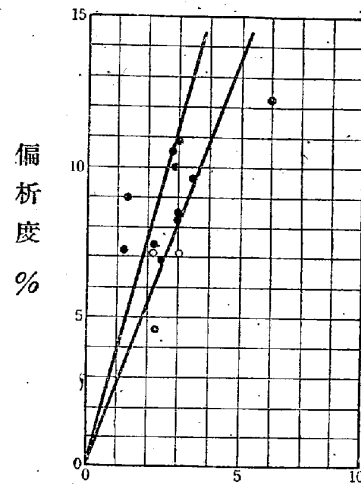
第2圖 Carbon 鋼塊重量 (t)



第3圖 Silicon 鋼塊重量 (t)

2圖の炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊の偏析度と比較すれば 500kg Cr-Mo 鋼々塊で前者の 1.2~1.9t に相當する即ち炭素鋼の 3~4 倍の偏析を起すことになる。

ii) 珪素 Si は Fe-Si 系状態圖の示す如く凝固區間が狭いので偏析も僅少であることが想像される。又 Stead³⁾ に依つても珪素の偏析が著しくないことが發表されてある。Cr-Mo 鋼々塊に於ても他の元素に比べて小さく平均偏析度 10.1% であるから炭素鋼の 1.0~1.8t 程度即ち 2~3 倍の偏析度となる。

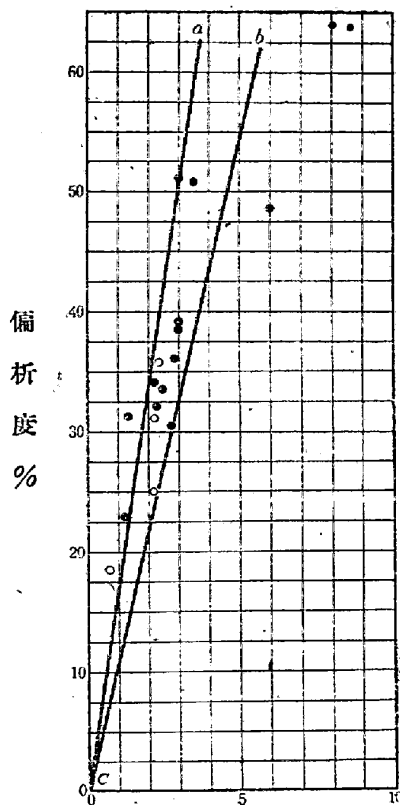


第4圖 Manganese 鋼塊重量 (t)

iii) マンガン Mn も Si 同様著しい偏析を起さないことは Stead⁴⁾, Wüst and Feiser⁵⁾ 等の發表があり、又英國鐵鋼協會の報告から偏析度を求めれば 6~10t の如き大鋼塊でも 12~13% に過ぎない。然るに Cr-Mo 鋼々塊に於ては平均 10.9% で、これを炭素鋼々塊に比べれば 3~4t 程度即ち 6~8 倍と言う著しい相異を生じて居る。

iv) 磷 P が S と共に著しい偏析を起すことは Stead⁶⁾, Howe⁷⁾, Knight⁸⁾, Wüst & Feiser⁹⁾, Heyn & Bauer¹⁰⁾, Smart¹¹⁾ 等により明かにされ、又鋼材にゴーストラインとして現われる磷及び硫黃の偏析に基く缺陷も屢々見ることである。炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊の偏析度は第5圖に示す如く、鋼塊の大きさに従て 20%より 70% に達する。Cr-Mo 鋼々塊に於ては鋼塊 I II の如く特に著しいものがあるが大體 30~40% の範圍にあり、平均 33.5% となる。鋼塊各個の偏析状態は何れも鋼塊頭部に於て著しいことは炭素鋼の場合と同じである。要するに P は S に次いで良く偏析を起すものであつて、Cr-Mo 鋼々塊の場合 500kg 鋼塊で炭素鋼々塊の 2~3t に相當するものとなる。

v) 硫黃 S は鋼の所謂五元素中最も著しい偏析を起すことは磷の偏析と共に Stead⁶⁾, Howe⁷⁾ 等の發表

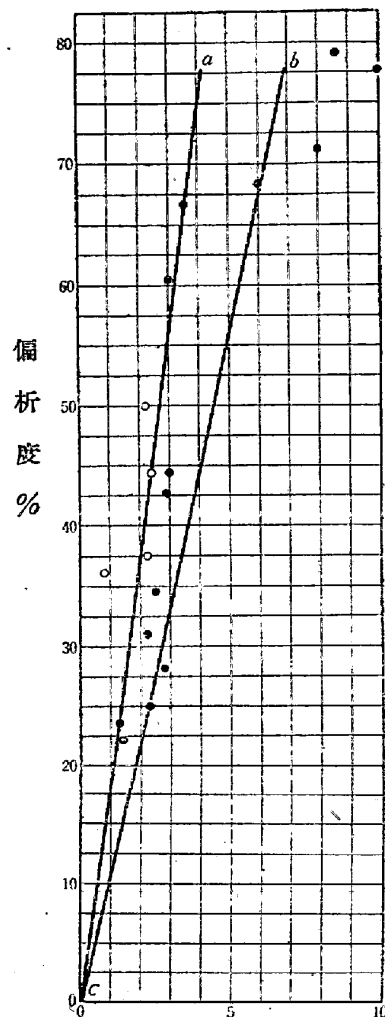


第5圖 Phosphorus 鋼塊重量 (t)

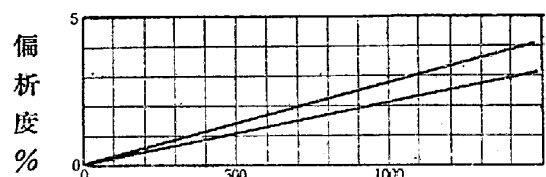
がある。S の偏析の大きいことは MnS-FeS 状態圖に於て MnS に富む MnS-FeS 固溶體の凝固區間が広いことによつても想像されるが、炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊に於ては第6圖に示す如く鋼塊の大きさに従つて 22~80% に及ぶ。Cr-Mo 鋼々塊に於ては 24~50% 平均 40.8% 即ち 500kg 鋼塊で炭素鋼々塊の 2.2~3.6t 程度 の偏析度となる。

vi) クロム Cr は Si, Mn 等と共に Fe-Cr 系状態圖が示す如く、凝固區間が狭いから偏析の少ないことが想像される。Ni-Cr 鋼々塊に於ては資料不足で確實のことは求められないが、偏析は鋼塊の大きさに従て増大する。故に 2.5t 鋼塊の偏析度 5.3% であるから若し偏析が鋼塊の大きさに比例するものとすれば 50t 鋼塊で 10.6%, 119t 鋼塊で 25.3% となり、實例 (英國鐵鋼協會の調査中より求む) の 50t 鋼塊で 12.7%, 119t 鋼塊で 28.1% に近い數字となる。勿論この 50t 及び 119t 鋼塊は八角型であるから多少丸型鋼塊と異なるであろうがこれによれば Ni-Cr 鋼々塊の Cr の偏析度は第7圖に示すような傾向となる。Cr-Mo 鋼々塊の偏析度は平均 7.4% となり、Ni-Cr 鋼々塊の 2~3 倍となる。

vii) モリブデン Mo の偏析に関する資料がないので他の鋼種と比較することは出来ないが Cr-Mo 鋼に於



第6圖 Sulphur 鋼塊重量 (t)



第7圖 Chromium 鋼塊重量 (t)

ては鋼塊 I のような特別の場合を除けば、その偏析度平均 24.8% となり、硫黄、磷に次いで大きい偏析度を起す。

viii) 結論 鋼塊の偏析は鋼の成分、冷却速度、鑄込温度、鑄込速度等によつて異なるものであるが、本研究に用いた鋼塊は製鋼所を異にするため造塊條件が一定でない。従つて各元素共偏析度に大きな開きを生じ、正確な數字を擧げることは出来ないが、500kg 程度の Cr-Mo 鋼々塊の偏析度と炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊の偏析度とを比較して相當鋼塊重量を求めると第3表の如くなる。

(2) Cr-Mn 鋼々塊

Cr-Mn 鋼の偏析度は第2表に示す如くである。即ち

第 3 表

元 素	Cr-Mo 鋼々塊の偏析度、		500kg Cr-Mo 鋼々塊の炭素鋼及 Ni-Cr 鋼々塊 に対する相当鋼塊重量 (t)
	範 圍	平 均*	
C	6.0~18.4	12.9	1.2~1.9
Si	5.1~16.9	10.1	1.0~1.8
Mn	8.2~14.6	10.9	3.0~4.0
P	30.3~70.7	33.5	2.0~3.0
S	24.1~61.9	40.8	2.2~3.8
Cr	2.8~20.4	7.4	1.0~1.5
Mo	19.1~46.7	24.8	—

* 平均値は後述する理由により特別の場合を除いたものとす。

C は 11.9~18.4% 平均 15.2%、Si は 6.2~13.0%、平均 9.9%、Mn は鋼塊Ⅲが特に著しいが、これは鑄込速度の早いのに歸因すると考えるので、これを除外すれば 6.6~12.4% 平均 8.9% となる

P は 31.1~45.1% 平均 40%、S は Mn 同様鋼塊Ⅲが 61.9% と言う大きな値となつたが、これを除けば 33.3~45.5% 平均 40.8% となる。Cr も S 同様鋼塊Ⅲを除けば 4.1~5.8% 平均 5.1% となり、これ等の値からして Cr-Mo 鋼々塊の場合と同じように炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊と比較すれば第 4 表の如くである。

この種の鋼塊に於ては Cr、Mn 共に Fe と固溶體を造りその凝固區間は狭く且つ比重また Fe と大差なく、しかも Mo の如き偏析を助長する元素を含まないから偏析度は炭素鋼々塊 Ni-Cr 鋼々塊と著しい相異のないことが想像される。しかるに本試験の結果に依れば Cr-Mo 鋼々塊と殆んど等しい偏析度を示し、又鋼塊Ⅲの如きは特に大きな開きを現わしたが、これは熔解作業及び造塊作業の缺陷に基くものとする。従て若し是等の作業が適當に行われれば更に良い結果が現われることと思ふ。

(3) Si-Mn-Cr 鋼

本種の鋼塊に就ての試験は僅か 1 本であるから、その優劣を論ずることは不穩當であるが、この 1 本の鋼塊に關する限りは第 5 表の如くである。

第 5 表

元素	Si-Mn-Cr 鋼々塊の偏析度	500kg Si-Mn-Cr 鋼々塊の炭素鋼々塊に対する相当鋼塊重量 (t)
C	1.1	0.1~0.15
Si	5.4	0.5~1.0
Mn	7.1	1.9~2.6
P	47.6	2.8~4.3
S	24.1	1.3~2.2
Cr	4.9	1.6~2.3

本鋼塊に於ては何等偏析を緩和する元素もなく、又逆に助長するが如き元素も含まない。従てその偏析度は炭素鋼々塊と同じ程度となる筈である。しかるに其偏析度は第 2 表に示す如く C の偏析は殆んど無いが Si、Mn、S 等はかなり高く、これを Cr-Mo 鋼々塊に比べれば低いのを認めるが、なお炭素鋼々塊に比べれば著しく高い。殊に P が高いのは熔解及び造塊作業の不慣れに依つて起つたものとする。

第 4 表

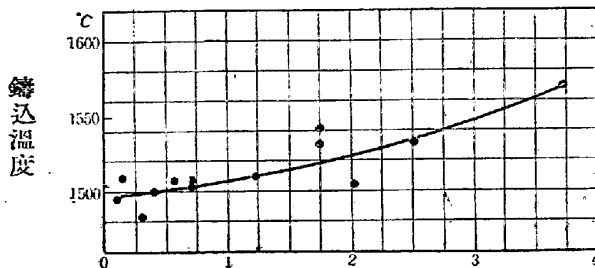
元 素	クロム・マンガン鋼鋼塊偏析度		500kg クロム・マンガン鋼鋼塊の炭素鋼々塊 に対する相当鋼塊重量 (t)
	範 圍	平 均	
C	11.9~18.4	15.2	1.2~2.0
Si	6.2~13.6	9.9	0.9~1.7
Mn	6.6~12.4	8.9	2.3~3.3
P	31.1~43.5	40.0	2.4~3.7
S	33.3~45.5	39.1	2.1~3.5
Cr	4.1~5.8	5.1	1.0 (Ni-Cr 鋼)

IV. 總括

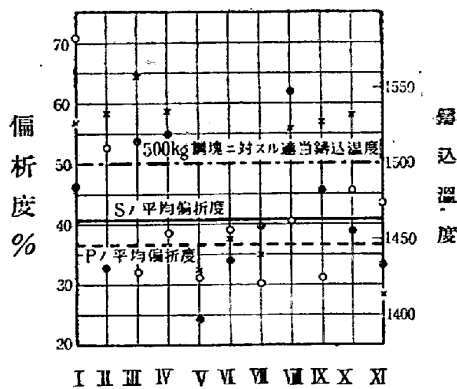
鋼塊の偏析は鋼塊の大小、形状、高さとの割合、鑄型の肉厚及び傾斜、鋼塊本体の重量と押湯重量との割合等により異なるが、歸するところ鋼の成分、鋼塊の冷却速度、鑄込温度、鑄込速度等により左右される。

鋼の成分の影響は Si, Mn, Cr 等の如き Fe と合金を造る場合凝固区間の狭くなるものは偏析少なく、C, P, S 等の如く凝固区間の廣くなるものはこれに反する。又 Ni が偏析を緩和し、Mo, W 等が、これを助長することは既に述べた如くである。冷却速度の影響については鋼塊の大きさに従て偏析の増大することは Howe¹⁴⁾, Oberhoffer¹⁵⁾ 等の報告及び第 2~7 圖の實例により明らかである。

鑄込温度に就て Stead¹⁶⁾ は鑄込温度の高い程、偏析が著しいと言う。Ni-Cr 鋼々塊の鑄込温度に關しては 4t 以下の鋼塊では第 8 圖¹⁷⁾の如き關係がある。本研究の結果から見ると、この傾向は P 及び S に特に強く現われて居る。第 9 圖は鑄込温度と偏析度(第 2 表による)との關係を表わしたもので S に就ては鋼塊 II 及び X は此傾向と逆になるが他はこれに従う即ち 82% は鑄込温度の影響が認められ、又 P は鋼塊 III, K, XI の三つがこの傾向に反し 73% はこれに従う。



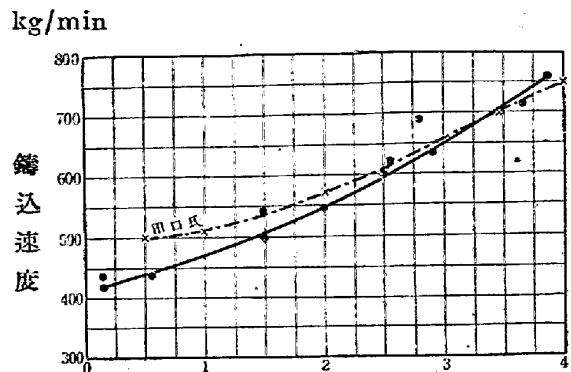
第 8 圖 鋼塊重量 (t)



I II III IV V VI VII VIII IX X XI

第 9 圖 鋼塊番號

× 鑄込温度、• 硫黄の偏析度、o 磷の偏析度



第 10 圖 鋼塊重量 (t)

鑄込温度は鋼塊の大きさにより第 10 圖¹⁵⁾に示すが如きを適當とすると考える。本研究による鋼塊Ⅱ及びⅢの偏析度の特に著しいのは鑄込速度の早いのが主な原因であろう。即ち 500kg 鋼塊の鑄込速度は 450kg/min を適當とするが、これに對し鋼塊Ⅱが 945kg/min であり、又 830kg 鋼塊に於ては 460kg/min を適當とするのに鋼塊Ⅲが 1290kg/min で鑄込れてあることに依て明かであろう。又 Si の偏析状態は一般に斑であつたが鋼塊 I に於て特に甚しかつたのは Si の多くが介在物として分布するためと考える。介在物は熔解作業に於て脱炭速度が早いと多量となり、且つ微細な状態で鋼中に散在する。脱炭速度に關しては日本學術振興會第 19 小委員會の調査によると 3~5t 鹽基性エール爐に於て 0.003~0.004% C/min を適當とする、しかるに鋼塊 I の脱炭速度は 0.00863% C/min であり、その Si の偏析状態が斑であるのは脱炭速度の影響と考える。

以上の如く本研究に用いた鋼塊には熔解作業及び造塊作業に幾多の考慮すべき點があるため、正確な數字を擧げることが出来ないが、炭素鋼及び Ni-Cr 鋼々塊と比較すると第 3~5 表に掲げた如くである。要するに Cr-Mo 鋼々塊と Cr-Mn 鋼々塊とは殆んど等しく炭素鋼々塊又は Ni-Cr 鋼々塊の約 4 倍の偏析度となり Si-Cr-Mn 鋼々塊に於て約 3 倍の偏析度となる。

本研究は舊陸軍技術研究所の委託によるもので、研究試料を提供された大同製鋼所、神戸製鋼所及び特殊製鋼株式会社並に研究を援助された早稻田大學助教授川合幸晴君、同長谷川正義君に對し深厚なる謝意を表す。

(昭和 25 年 8 月寄稿)

文獻

- 1) 鐵と鋼, 第 20 年第 9 號附録, 昭和 9 年 9 月 23 日發行
- 2) Report on the Heterogeneity of Steel Ingots, Journal of Iron and Steel Institute.

- 3, 4) J. E. Stead: J. of Iron and Steel Inst., 1906 No. 1 467.
 5) F. Wüst & H. L. Feiser, Metallurgie 1910 Vol. II 363.
 6) J. E. Stead: 前出.
 7) H. M. Howe: Trans of Am. Inst. of Mining Eng., 1909 Vol. XL, 644.
 8) S. S. Knight: Iron Trade Review, 1910 Vol. XLVI 475.
 9) F. Wüst & H. L. Feiser: 前出.
 10) E. Heyn & D. Bauer: Stahl u. Eisen 1912 Vol. XXXII 406.
 11) G. A. Smart: Heat Treating and Forging, 1931 Vol. 17, 762.
 12) J. E. Stead 前出
 13) H. M. Howe: 前出.
 14) H. M. Howe: Trans. A. I. M. E., 1909 Vol. XL, 644.
 15) P. Oberhoffer, Stahl u. Eisen 1934 Vol. 47 1782.
 16) I. E. Stead: 前出.
 17) 日本學術振興會第 19 小委員會報告 X, 190 昭和 15 年 7 月.
 18) 同 上

特殊鑄鋼の研究(III)

(特殊鑄鋼の鑄造組織に就て)

(昭和 24 年 10 月本會講演大會にて講演)

三ヶ島 秀 雄*

RESEARCHES ON THE SPECIAL CAST STEEL (III)

(ON THE CASTING STRUCTURE OF SPECIAL CAST STEEL)

Hideo Mikashima

Synopsis: The author studied on the cast structures of some special cast steels which were made to add Ca-Si, Ni or Mn in Cr-Mo cast steel, and Cr, W, V, Ti or Al in Cr-Mn-Si cast steel as follows.

Special cast steel, two types of cast structures are disintegrated, that is, the network structures and the dendritic ones. The network structures are formed with Si, Ni or W. But even in each case if these elements are not adequately used for the network formation, the dendritic ones appear.

There exist two cases in dendritic structures, one refined by the addition of Si, Cr, V or W, the other not refined by Ni or Mn.

I. 緒 言

著者は第 I 報¹⁾に於て Cr-Mo 強靱鑄鋼鑄造組織と C 及び Si 含量 (Fe-Si の形で添加) との関係並びに焼鈍に依る樹枝状品の擴散現象に就て述べたが、今回は之に引き続き Si を珪化カルシウムの形で添加した場合並に Cr-Mo 鑄鋼に對する Ni, Mn の影響及 Cr-Mn-Si 鑄鋼に對する Cr, W, V, Ti 及び Al 等の諸元素を添加した場合の鑄造組織生成の形態に就て試験した結果を報告し、鑄造組織生成の機構に關しては第 4 報に報告す

る。

鑄造組織に關する從來の文献に依れば、C は樹晶の發達を助長し Si は粗大化すと云われている²⁾³⁾。太田⁴⁾氏は Si 0.2% 以下では樹晶は外圍のみに限られ内部は粒狀品となるが、Si 0.25% 以上になれば全部樹枝狀品になると報じている。併し太田氏の取扱つた鋼は C 含量が高いこと (C 0.4%) Si 含量が脱酸劑程度に過少なこと (Si 0.17~0.33%) 及び之が普通鑄鋼である事等から、

* 九州工業大學金屬工學教室, 工博