

Al が鑄鋼の機械的性質および熱間龜裂に及ぼす影響

(昭和 28 年 10 月本會講演大會にて講演)

長 島 英 夫*

EFFECT OF THE QUANTITY OF ALUMINIUM AS
DEOXIDIZER ON STEEL CASTINGS

Hideo Nagashima

Synopsis:

In January 1952, many large castings failed by pin-holes in a plane carbon steel casting shop, (Mito Steel Works, Hitachi, Ltd.) To meet these accidents deoxidizing aluminium was increased from 0.03% to 0.06% for the purpose of decreasing the gas pressure in molten steel. This action made decreased pin-holes, while hot tears had been increased so that aluminium addition was changed to the initial quantity, and in its place the quantity of Fe-Si was increased.

Then the effect of aluminium on the mechanical properties was traced up to hot tears. It was confirmed that the quantity of aluminium as deoxidizer had little effect on the mechanical properties and the tendency to hot tears was increased. These were, however, limited in heavy steel castings of dry-sand moulding. It was suggested that the case of a green sand moulding or small casting was out of question.

I. 緒 言

1952 年 1 月ピンホール事故が普通鑄鋼に続出し、その対策として、溶鋼のガス圧を下げる目的で脱酸用 Al の配合を、0.03% から 0.06% に上げた。

この結果ピンホール防止には効果があつたが、龜裂の発生を助長する傾向があつたために Al 配合量をもとに戻し、Fe-Si の配合を増加することにした。

今回の調査では鑄鋼の機械的性質には Al の増減の影響はなかつたが、龜裂傾向の助成は認められる。ただしこれは乾燥型による大物の場合であつて、生型または小物品には問題とならないであろう。

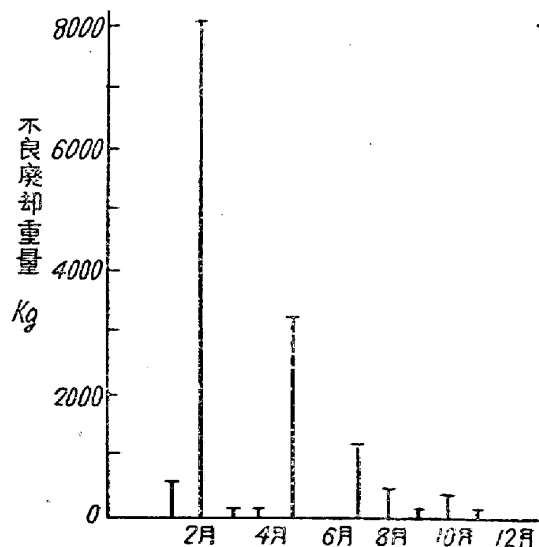
II. 作業対策の経過

1. ピンホールの成因

ピンホールの成因については確定した説はないが、Simo と Zappe¹⁾ の溶解ガス説が最も有力で、これに対する反論もあるが、その発生機構には原則的に変化はない。すなわち注湯途中で鑄型表面から発生したガスが溶鋼中に入り鑄型に接する溶鋼の鑄肌近くの部分でガス圧が高まり、この部分における拡散速度は凝固速度より早いために、表皮直下に脱酸不良のガス放出と同じ原理で気泡をつくつてピンホールを形成するというのである。

2. 作業経過

昭和 27 年 1 月大物鑄鋼品にピンホール事故が発生、その対策に苦心し (第 1 図参照)、ついに前述の原因に対する対策として、脱酸用 Al 配合量を 0.03% から 0.06% に上げ注湯前にすでに溶解ガスの圧力を下げて、鑄型から注湯時にガスが侵入してもピンホール生成までガス圧が高くならぬような方法をとつた。



第1圖 ピンホール発生事故統計 (昭和27年)

* 日立製作所水戸製鋼部

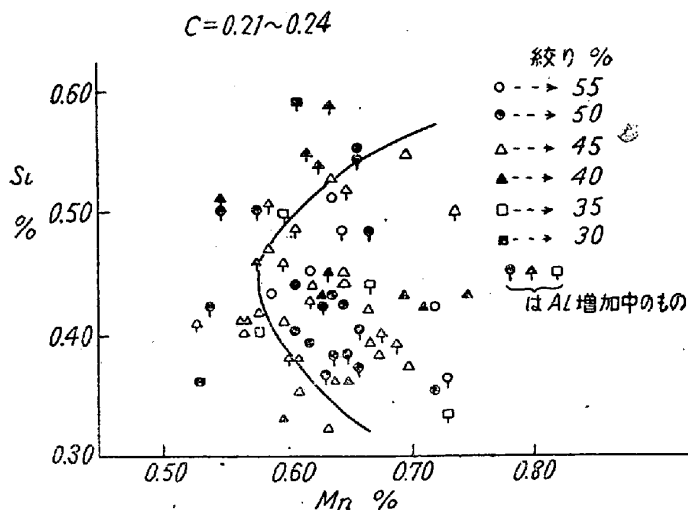
この方法と湯口の特別な乾燥法とにより、その後の大物鑄鋼品のピンホール事故は非常に少なくなったが、龜裂の発生が多くなり、その原因が Al 配合量の増加によるものと經驗的に推定される傾向が見出されたので、Al 配合量をもとに戻して、その代わりに Fe-Si 配合を変更して従来の 0.25~0.40% の目標を 0.35~0.45% とした。この Al をもとに戻したのは溶鋼中の S 量が増加した時に、Al 0.04~0.06% の間において、靱性が劣下するとの文献²⁾に基き、この間の Al 使用量を下げたものである。

今回この期間の作業資料をそろえ、この作業経過の是非を論じてみた。

III. 資料とその結果

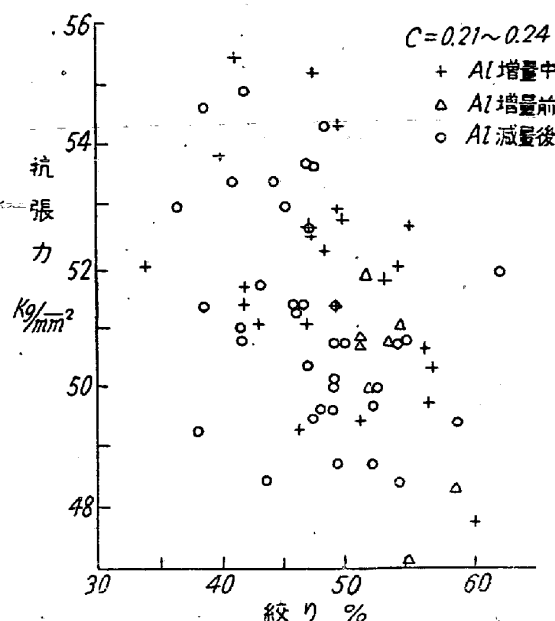
1. 機械的性質について

昭和 27 年 1 月 30 日から同年 11 月末日までの当工場第 1 溶鋼工場のエル式 5T 電気炉、および 10T 炉 2 基の溶解から、合計 146 チャージの普通炭素鋼溶解を選び、化学分析結果と材料試験結果につき Al 増加中と減量中との比較を行つた。その結果を第 1 表に示す。Al 増加後と復元後の硬度を除く機械的性質に就て、夫々有意差検定を行つたが、各炉ともに差を見出すことができなかつた。



第 2 圖 Si と Mn の織りの関係

第 2 図は $C=0.21\sim0.24\%$ の範囲の資料を集め、Si と Mn の関係に於て織りをみたものである。大体曲線に示すような関係があるらしく、曲線の左側では悪く、その右側で良い。これを整理すると第 2 表のようになる。これで見ると曲線の左側も右側も Al 配合を増量した時と減量した時の比率 b/a は、62% 前後で特に差は認められない。第 3 図は Al 増量前、増量中及び減量



第 3 圖 抗張力と織りの関係

後の比較を抗張力と織りとの関係に於て行つた。抗張力と織りは変動があるけれども、ほぼ直線的な関係をもっている。しかし Al 増量中とその他の場合において検定の結果有意差を認めることができなかつた。

2. 龜裂について

昭和 28 年 5 月既に Al 増量のためと推定される龜裂が製品に発生するのをみるに至つたのと、鑄鋼品検査に従事する検査員から龜裂漸増の傾向があるとの意見がでたので、検討の結果 Al 減量に方針を決定した。

今回は同年 11 月龜裂に対する造型方式変更までの資料中、詳細な記録の残っているものに対して検討を行つた。すなわち検討の方法として、1 品に現われた龜裂の長さ全部を集計し、又龜裂の員数を数えた。製品鑄放重量を図面上から推定されるその製品の平均肉厚で割り、その製品の表面積（表面積の約 1/2）に相当する数値（以下表面積として表示する）を求め、龜裂の全長および員数を割つて、単位面積当りに発生した龜裂を求めた。この結果を第 3 表に示す。第 4 図は第 3 表中の単位面積当りの龜裂の員数と長さの関係

を示し、両者が密接な関係のあることを表わしているがこれからは Al 増量中の特別な関係を見出すことはできなかつた。

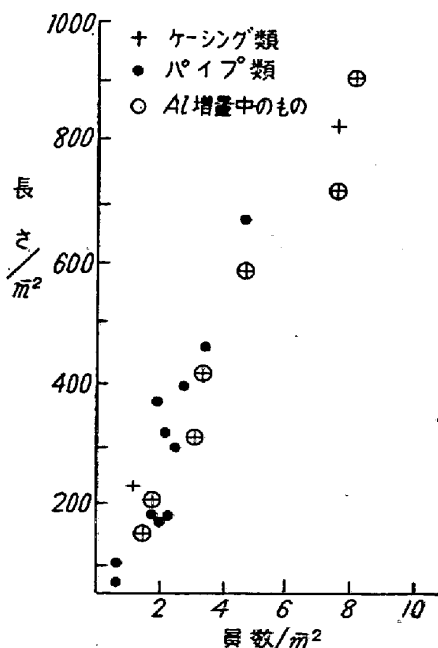
第 5 図は第 3 表の資料を溶解順序に時期的に並べたもので、ここでは Al 増量中と減量後に差が見出される。検定の結果龜裂の長さには有意差が認められないけれども、員数に 5% の危険で有意差のあることが明らかになつた。

第 1 表 資料の成分および機械的性質〔() 内は分散を示す〕

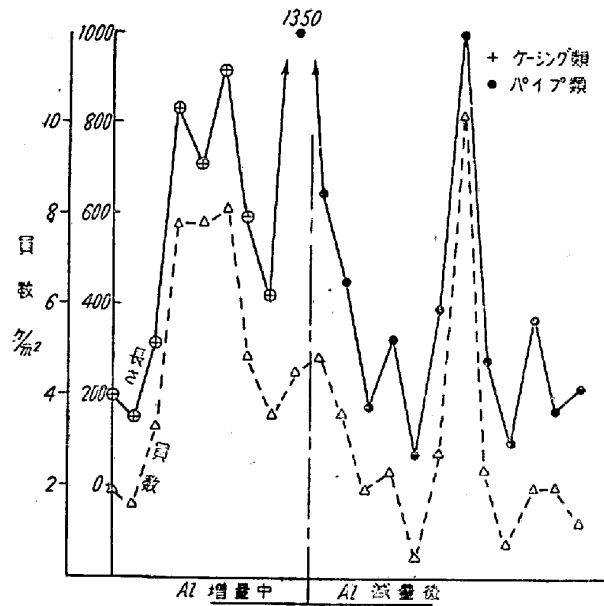
爐 No.	資料数	化 學 成 分 (%)					抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸び %	絞り %	硬さ B	摘 要
		C	Si	Mn	P	S						
#5	11	0.22	0.36	0.65	0.014	0.012	49.9	30.3	32.2	51.9	143	Al 増加前
	16	0.24	0.37	0.62	0.014	0.013	52.8 (5.1)	33.2 (3.6)	30.2 (5.1)	47.6 (29)	150	増加後
	15	0.24	0.43	0.59	0.013	0.012	51.5 (3.0)	30.0 (4.8)	32.0 (4.2)	47.3 (14)	146	Al量復元後
#6	6	0.22	0.33	0.64	0.019	0.014	49.0	30.1	33.6	53.4	141	Al 増加前
	23	0.22	0.38	0.65	0.014	0.012	51.4 (4.8)	31.1 (3.3)	32.0 (3.2)	49.9 (27.1)	144	増加後
	27	0.23	0.40	0.64	0.012	0.014	51.0 (4.7)	30.1 (4.3)	31.2 (5.1)	48.1 (35.1)	144	Al量復元後
#7	2	0.19	0.29	0.64	0.015	0.011	47.7	29.2	33.3	54.0	142	Al 増加前
	20	0.21	0.33	0.63	0.015	0.013	50.6 (8.3)	30.2 (5.8)	31.8 (8.7)	49.9 (61.7)	144	増加後
	25	0.23	0.40	0.65	0.016	0.013	51.1 (3.7)	30.1 (5.9)	31.5 (5.0)	47.8 (32.4)	145	Al 量復元後

第 2 表 第 2 圖の検討

紋り %	第 2 圖曲線左側		第 2 圖曲線右側		合 計	
	Al 增量中	Al 減量中	Al 增量中	Al 減量中	Al 增量中	Al 減量中
>55	1ヶ	—	3ヶ	4ヶ	4ヶ	4ヶ
>50	5ヶ	1ヶ	10ヶ	5ヶ	15ヶ	6ヶ
>45	3ヶ	7ヶ	10ヶ	6ヶ	13ヶ	13ヶ
>40	6ヶ	1ヶ	3ヶ	2ヶ	9ヶ	3ヶ
>35	1ヶ	1ヶ	2ヶ	—	3ヶ	1ヶ
>30	1ヶ	1ヶ	—	—	1ヶ	1ヶ
合計	17ヶ(a)	11ヶ(b)	28ヶ(a)	17ヶ(b)	45ヶ(a)	28ヶ(b)
b/a	0.65		0.61		0.62	



第 4 圖 單位面積中の龜裂の長さと同数



第 5 圖 龜裂の時期的變化

IV. 考 察

1. 機械的性質

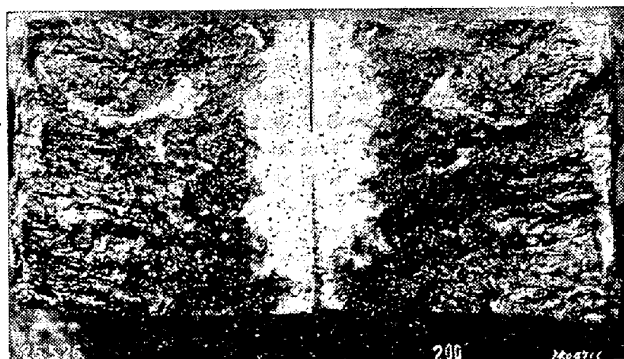
Al の增量に依つて結晶粒の微細化を来すことは定説であり、これによつて機械的性質の變化がある³⁾ 等であるが、本研究においてその差を見出すことは遂にできなかった。これは Al 増減の巾が微小なためと、P, S の量が少かつたのよると考えられる。

2. 龜裂に對する影響

ここで述べるのは勿論熱間龜裂である。Al を增量すれば湯面の酸化膜の生成が促進される等である。Al のみに限らず Mn もこの傾向をもち、1.2~1.5% Mn の

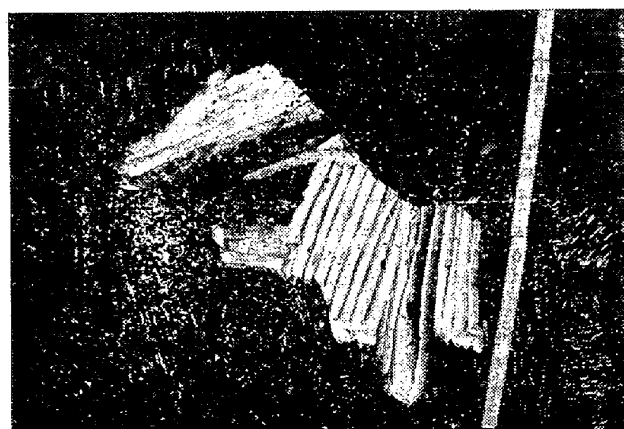
第3表 龜裂資料

試料番	料號	熔解番號	品名	鑄放重量 kg	平均肉厚 mm	表面積 m ²	龜裂全長 mm	員數ヶ	單位面積當り		Al 增量 0 印
									割れ長さ mm/m ²	割れ員數ヶ/m ²	
K550	70704	タービンケーシング	13·800	70	22·4	4·397	43	197	1·9	0	
53	60075	タービンケーシング	4·900	47	13·35	1·890	20	142	1·5	0	
561	60078	タービンケーシング	13·100	70	24·0	7·430	78	310	3·25	0	
580	51785	タービンケーシング	625	28	2·86	2·365	22	827	7·7	0	
583	60081	タービンケーシング	1·850	50	4·74	3·340	36	704	7·7	0	
597	70711	タービンケーシング	4·900	47	13·35	12·065	108	903	8·1	0	
602	51835	タービンケーシング	3·600	47	9·81	5·675	47	578	4·8	0	
621	60098	タービンケーシング	2·500	47	6·82	2·809	24	412	3·5	0	
630	51841	タービンケーシング	1·950	40	6·24	8·345	28	1·350	4·5	0	
643	70742	タービンケーシング	3·010	49	7·87	5·175	38	657	4·8	0	
645	60126	分岐管	2·050	38	6·91	3·134	25	454	3·6	0	
660	60127	分岐管	1·950	40	6·24	2·045	14	328	2·25	0	
695	51931	分岐管	2·050	38	6·91	2·725	19	395	2·75	0	
713	51949	分岐管	3·010	49	7·87	7·885	80	1·002	10·2	0	
723	51959	分岐管	3·400	32	13·62	3·855	33	283	2·4	0	
777	70798	分岐管	6·400	39	21·60	2·160	15	100	0·7	0	
781	60180	分岐管	6·400	39	21·60	3·705	42	171	1·95	0	
799	30023	分岐管	2·135	32	8·55	1·520	17	172	2·0	0	
860	60281	分岐管	2·050	38	6·91	495	5	69	0·7	0	
803	51941	タービンケーシング	10·040	75	17·80	4·000	21	225	1·2	0	
867	30039	タービンケーシング	1·100	28	5·04	1·860	10	369	2·0	0	



第6圖

中 Mn 鋼の押湯脇に見出された異状破面



第7圖

遅い注湯速度で鑄造された鑄物に現れた異状龜裂

中 Mn 鋼は普通炭素鑄鋼に比較して龜裂が多く、予想外の場所にまで発生する。普通炭素鋼において注湯速度が著しく遅い時に、この種の酸化膜による龜裂の発生がみられる。この実例を夫々第6図および第7図に示した。これらの破面は明らかにいわゆる Rock Candy Fractureで、Lorig及びElsea両氏⁴⁾の発表する処によれば N₂ の影響であり、沖氏⁵⁾も同様な結果を発表している。熱間龜裂の発生機構は偏析と密接な関係があり、粒界析出物による融点の降下が基因であることは既に説えられた所⁶⁾であるが、今回の Al に関連する龜裂が総て Rock Candy Fracture であるとは限らず、この外に酸化膜の再溶解から生ずる酸素富化の影響、酸化膜自身の機械的作用（ただし龜裂と直接の関連は顕微鏡的に認められない）が考えられる。これらの諸原因中の何れが最も確かであるかについてはまだ把握するに到らない。

第5図の結果から龜裂が Al 減量期を境として減少していることは明らかである。残念ではあるが、Al 増量中と Al 減量後との製品が異なり、Al 増量中にパイプ類のデータが1件しかなく、しかもこれが異常に大きな数字を示していることは、龜裂員數に有意差ありとの検定の解釈を不安定にするものであるが、ケーシング類とパイプ類の形状を比較するとき龜裂発生傾向の強いパ

イブ類において亀裂減少の結果の出たことは、検定結果をさらに強化するともいえるし、またその後においても亀裂の減少傾向を明らかに認めることができる。亀裂の長さにおいて有意差がないというものの、第4図に示すように亀裂の長さとも員数は密接な関連をもっている。すなわち Al 減量後において減少はしているが、5% の危険率では有意差ありといえないことである。したがって員数の減少に有意差のあることは、長さよりも員数の減少の大きいことを意味し、小さい割疵の少くなったことを意味する。

以上は湯面酸化の機会が多い乾燥型に依る大物作業についての話であつて、湯面上昇速度の比較的早い小物、特に鑄型内が注湯時に環元雰囲気に近い状態になり易い生型、および油中子による組立型においては、この傾向が著しく減殺されるものと推定される。

V. 結 論

昭和 27 年 2 月から 6 月までピンホール対策として脱酸用 Al 配合量を増加し、0.03% から 0.06% に引上げたが、これによつて熱間亀裂が増加する傾向がみえたのでこれを中止し、Al を再び 0.03% に戻して Si を増加した。この Al の影響を調査した結果次のことが判明した。

(1) Al の機械的性質に及ぼす結果はこの資料では明かでない。

(2) Al の減少によつて熱間亀裂は減少している。特に細い亀裂が減少した。

(3) これは Al の減少によつて湯面酸化の傾向が減少し、これによつて熱間亀裂が減少したものと考えられるが、酸化膜と亀裂との関係の実証は把握されていない。

(4) この種の傾向は乾燥型による大物鑄造作業に限られるものと推定される。

本件解決に有力な助言を賜つた水戸製鋼検査課の各位と、方針検討に参画された鑄造課の各位に深甚の謝意を表す。(昭和 28 年 12 月寄稿)

文 献

- 1) Sims and Zappe: Metallurgy of Steel Casting 1946, p.127.
- 2) Sims and Dahle: ib., 1946, p. 146.
- 3) W. Kock: St. u. Ei., Okt. 9, 1952.
- 4) Lorig and Elsea: A.F.S. 1947 (合本) p.160.
- 5) 沖 進, 八幡鍊: 金屬學會誌, 1952, 9 月 p. 517 及び 1953, 5 月, p. 243.
- 6) W. L. Pellini: Foundry, Nov. 1952, p. 125.

Herty 法による高窒素鋼中酸素の定量について

(AlN の分析値に及ぼす影響及びこれが除去に関する実験)

(昭和 28 年 10 月本会講演大会にて講演)

桐 山 静 男*・岸 俊 也*

DETERMINATION OF OXYGEN IN STEEL BY HERTY'S METHOD

Shizuo Kiriyama and Toshiya Kishi

Synopsis:

It was experimented to see whether the AlN affected the results and to find a method of eliminating its effect, when the oxygen in high-nitrogen steel was determined. By this research, the following facts were found:

(1) It was observed that when the oxygen was analysed in the sample of steel, whose N₂ content was high (N₂ content over 0.010%), by the ordinary Herty's method, a certain quantity of AlN remained together with Al₂O₃, due to its difficulty of being solved in acid; and that

* 住友金屬製鋼所技術部研究課