

Table 3. Chemical composition of inclusions extracted from the center of ingots and blooms.

Mark	Part of samples	Samples (g)	Extracted inclusions		Composition of extracted inclusions %					Rolled %
			mg	%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	FeO	Total	
0	Top	21.1	1.0	0.0046	14.0	20.2	45.5	13.8	93.0	Ingot
	Middle	21.8	1.4	0.0064	17.4	15.6	36.8	15.2	85.0	
	Bottom	21.3	5.0	0.0237	17.6	12.7	31.7	28.2	90.2	
0—1	Top	22.4	1.4	0.0062	19.5	10.0	49.0	10.3	88.8	33.1
	Middle	19.9	1.6	0.0080	18.6	14.9	40.5	8.2	83.2	
	Bottom	21.2	6.0	0.0283	15.8	18.7	40.5	13.5	88.5	
0—2	Top	21.7	1.2	0.0055	20.1	10.4	44.4	8.5	83.4	42.3
	Middle	19.9	2.5	0.0125	18.3	17.5	40.8	11.6	87.4	
	Bottom	20.9	4.5	0.0215	19.5	17.8	38.8	13.1	89.2	
0—3	Top	23.4	1.0	0.0042	20.0	11.7	48.0	10.5	90.2	78.8
	Middle	18.8	1.3	0.0069	19.1	13.8	45.8	11.2	84.9	
	Bottom	19.8	3.1	0.0156	18.7	15.1	44.1	10.2	88.1	
0—4	Top	22.0	0.8	0.0036	18.8	10.6	43.7	9.3	82.1	85.4
	Middle	18.7	1.0	0.0053	16.6	18.4	41.6	10.1	86.6	
	Bottom	20.0	1.8	0.0090	19.5	17.6	40.2	11.3	87.8	

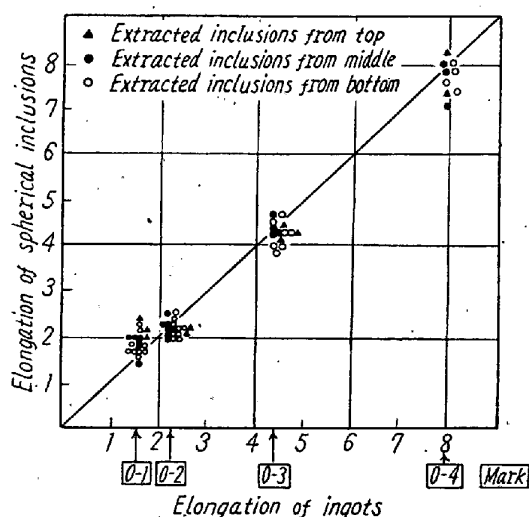


Fig. 1. Relation between elongation of spherical inclusions and elongation of ingots in blooming.

の組成は、鋼塊より抽出された介在物と同じであり、いずれも MnO を主成分とするものである。これらの抽出介在物はX線回折でも同じく Mn_2SiO_4 と Fe_2SiO_4 がその主要構成物質となつている。したがつて分塊圧延による非金属介在物の組成変化は見られない。

圧延材から抽出した介在物の重量は圧延率 33.1% の bottom では 0.028% であるが、42.3% では 0.021%, 78.8% では 0.015 % となり、85.4% のスラブでは 0.009% となつている。すなわち鋼材の圧延比が大きくなると非金属介在物は分散し同一重量の試料から抽出される非金属介在物の量は少なくなつている。また鋼塊の

位置ではいずれも bottom 側に多い。

塩素化法では大きさの全範囲のものが抽出される。(分析値略)

IV. 結 言

リムド鋼塊の分塊圧延時における非金属介在物の挙動を介在物を抽出することにより、しらべた結果つぎのことが明らかとなつた。

1. リムド鋼塊中の球状介在物は分塊圧延により伸ばされる。その伸び方と鋼塊の伸びとはほぼ直線的関係を有する。
2. 鋼塊の球状介在物は圧延率にしたがつて伸びている。すなわち抽出介在物は球状から、楕円体 (圧延率 33.1%) となり、つぎに細長い楕円体 (42.3%) さらに竹葉状 (98.8%) となり、最終のスラブではさらに薄く長い竹葉状 (85.4%) と、圧延率にしたがつて介在物の形態が変化している。
3. 圧延材の抽出介在物の組成は鋼塊より抽出した介在物と同じで、いずれも Mn_2SiO_4 , Fe_2SiO_4 を主成分とするものであり、分塊圧延による組成の変化は見られない。

(147) 高周波焼入の焼割感受性に対する非金属介在物の影響について

日立製作所電有工場 本 間 八 郎

Effect of Non-Metallic Inclusions on Induction-Hardening Crackability.

Hachiro Homma.

I. 緒 言

高周波焼入は、局部の急熱急冷による硬化法であるため、焼入途中において、普通焼入と異なつた内部応力が発生し、使用鋼材、被焼入面の形状および焼入方法のいかんによつては非常に焼割れを生じ易い。

鋼材の焼割れ感受性については、従来主として、化学成分を中心に調べられたものが多く、鋼中の欠陥、すなわち、非金属介在物や砂疵などの影響については、実際には問題とされながら漠然としており、研究結果も非常に少ない。そこで、高周波焼入適性材料を選択する研究の一かんとし、主題の実験を 2, 3 行なつたので報告する次第である。

II. 試料および実験方法

1) 試料：焼割れに対する非金属介在物の影響は、焼入時に発生する内部応力に対して切欠効果を与え、また特に結晶粒界に連鎖状に集まっていると、そこから破断され易くなると考えられる。そこで従来の介在物の成因に関する研究¹⁾²⁾を利用して、介在物の形状および分布を種々に変えた鑄鋼試料を熔製し、これによつて実験を行なつた。試料の熔解には、50 kg 高周波誘導炉を用い、Table 1 のごとき目標成分の湯を 25 kg ずつ出湯した。特に清浄度の悪い試料を得る目的で出湯温度を 1560°C とし鋼浴の過剰の酸化をねらつた。Al は各熔湯に対して 5 本の鑄型内に 0~0.1% 当量をしき、炉中であらかじめ Fe-Si および Fe-Mn で脱酸した湯を注入した。なお、熔解 No. 3 および No. 4 は、S 0.03 および 0.06% 当量の FeS を加えた。鑄型は、実体部 50φ×300mm の乾燥砂型を用いた。鑄込んだ 20 本の鋼棒は、押湯部を取除いた後、全試料 950°C×4h 緩徐冷(600°C まで 10°C/h, 以下自然炉冷)の高温焼鈍を行ない、焼入(850°C×1h 油冷)、焼戻(600°C×2h 油冷)を行なつた。この前処理後、各鋼棒の頂部、中央部、底部より 5~6 箇の焼割れ試験片に機械仕上げし、さらにその中から 1 箇所ずつを介在物の検鏡試料に供した。顕微鏡写真の一部を講演会当日提示する。観察された各種の硫化物、酸化物および珪酸塩を、その形状と分布からつぎの 3 群に分類した。

1 群 一次晶粒界に連鎖状に現われた共晶型硫化物

Table 1. Aimed compositions of heats.

Ch. No.	C	Si	Mn	S
1	0.50	0.10	0.30	<0.020
2	〃	0.30	0.50	<0.020
3	0.70	0.50	0.60	0.030
4	〃	0.50	0.80	0.060

(Sims らの type II 硫化物¹⁾)

2 群 分散した球状または多角形硫化物 (Sims らの type I または III 硫化物¹⁾)

3 群 分散したアルミナおよび珪酸塩類

試料の清浄度測定は学振第 3 法(点算法)により、これら各群の介在物について、おのおの視野数 30 で面積率を求めた。

2) 焼割れ感受性判定方法：CHAPMAN および JOMINY³⁾は偏心リング状試料を用いて、薄肉部に生ずる焼割れと鋼材の化学成分および Ms 点との関係を求めている。これは普通焼入の場合であるが、高周波焼入の実験としては、総合科学技術委員会の高周波部会において、繰返し焼入による割れ発生にいたる回数を尺度とすることが提案された。この方法は試料内部の膨脹収縮の繰返しによる疲労試験のごときのものであり、この機構をしらべるために、三谷、広瀬、小林氏⁴⁾は、0.42% C 炭素鋼の 30φ×16φ×4mm のリング状試料を用いて高周波繰返し焼入における歪、硬度分布および内部応力の変化を求めている。CHAPMAN らの方法³⁾は、高周波焼入に適用する場合、加熱の点で問題がある。介在物は応力集中や局部の延性低下として影響すると考えられるので、疲労試験に似た繰返し焼入には、介在物の影響が明瞭にあらわれるであろう。また焼割れ感受性の指数が与えられるのでデーターの取扱いに便利である。この二つの点から、本研究には後者を採用することにした。

3) 高周波焼入実験：高周波焼入は 430kC 75kW の真空管発振式を用い、Table 2 に示すごとき条件で回転定置焼入を行なつた。1 回焼入ごとに螢光浸透磁気探傷で焼割れを綿密にしらべ、割れを生じなかつたものはさらに同一条件で焼入れた。このようにして割れ発生までの焼入回数を求めた。この焼入回数より、Table 3 のごとき順位をきめ、この数値をもつて焼割れ感受性の指数とした。

III. 実験結果および考察

1) 試料の性状：全試料について化学成分、清浄度およびオーステナイト結晶粒度をしらべた。オーステナイト結晶粒度は学振の浸炭法(浸炭 925°C×6h 徐冷)によつた。これらの結果の一部を Table 4 に示す。

2) Al 増加量と清浄度との関係：全介在物の面積率と Al 増加量との関係を求めたものは講演会当日明示するが、この結果によれば各熔解とも、清浄度と Al 添加量との関係は明らかでなく、また試料の採取位置との関係も明確でない。しかし、全般に No.1 から No.4 になるほど、清浄度が悪くなつていくことが認められる。

Table 2. Induction-hardening condition.

Instrument	Heating				Air-cool.	Spray water quench.	
	Plate voltage	Plate current	Grid current	Heating time		Time	Temp.
430kC 75kW Bulb type	kV 4.5	A 1.7	A 0.32	S 7.2	S 1.2	S 5.0	19°C

Table 3. Crackability index

Number of quenching times to cracking	Crackability index
1	5
2	4
3	3
4	2
5	1
above 5	0

つぎに共晶型硫化物（1群介在物—SIMS らの type II 硫化物）の面積率と Al 増加量との関係を求めた。この種の硫化物は熔解 No.3 (S0.045%) および熔解 No.4 (S0.062%) のみにあらわれ、特に No.4 はかなり多く認められた。これらの結果は Fig. 1 のごとくで、No.3, No.4 とともに Al 0~0.03% にあらわれ、それ以上 Al 増加量を増すと急減している。この関係は合金成分特に C 量によって変化するようで、これらは SIMS および DAHLE の実験結果とよく一致した。

3) 清浄度と焼割感受性との関係：全試料について求めた高周波繰返し焼入における焼割指数を一括して、Table 5 に示す。焼割感受性は影響する因子が多く、清

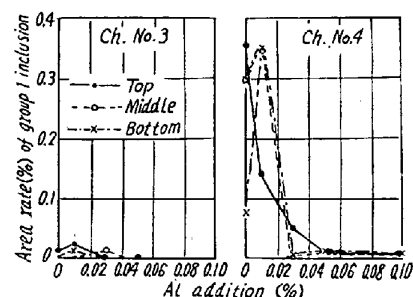


Fig. 1. Relation between area rate (%) of group I inclusion and Al addition (%).

浄度との関係を一義的に求めることは困難である。例えば、熔解 No.1 の計料では、試料数が少ないが、すべて指数 0 であり、すなわち、5 回以上焼入れても割れを生じなかった。この場合は、清浄度の影響は考えられず、化学成分の影響と考えられる。すなわち、No.3, No.4 にくらべて C 量低く、また Si は他の試料より極端に低い。Mn 量の低いことも、本試料の焼割感受性を小ならしめた原因と考えられる。そこで各熔解ごとに清浄度と焼割指数との関係を求めた。No.1 および No.2 については清浄度との関係は認められない。No.3 および

Table 4. Chemical composition, cleanliness and γ grain size for Ch. No. 4 heats.

Chemical composition		Al add. (%)	Top		Middle		Bottom	
			Cleanliness*	γ grain size	Cleanliness*	γ grain size	Cleanliness*	γ grain size
C 0.72% Si 0.53 Mn 0.82 P 0.011 S 0.062		0	I = 0.358 II = 0.175 III = 0.550	2.5	= 0.292 = 0.125 = 0.242		= 0.075 = 0.142 = 0.567	
		0.01	I = 0.142 II = 0.117 III = 0.108	{1.0(60%) + 4.0(40%)}	= 0.342 = 0.100 = 0.250		= 0.350 = 0.105 = 0.228	
		0.03	I = 0.050 II = 0.383 III = 0.416	7.0	= 0 = 0.459 = 0.083		= 0 = 0.533 = 0.675	
		0.05	I = 0.008 II = 0.467 III = 0.658	{7.0(83%) + 5.0(71%)}	= 0.008 = 0.308 = 0.092		= 0.008 = 0.308 = 0.117	
		0.10	I = 0.008 II = 0.275 III = 0.383	6.5	= 0.007 = 0.368 = 0.233		= 0.008 = 0.300 = 0.142	

* By point-accounting method

I = Group inclusions (Eutectic type sulphide)

II = Group inclusions (Spherical sulphide)

III = Group inclusions (Al_2O_3 and silicate)

Table 5. Crackability index of all specimens.

Ch. No.	Al addition(%)	Top	Middle	Bottom
No. 1	0			0 0 0
C 0.57	0.01			0 0 0 0
Si 0.06	0.03			0 0 0 0 0
Mn 0.25	0.05			0 0
P 0.018	0.10			0 0 0
S 0.011				
No. 2	0	5 5	5 5 5 5 5	5 5 5
C 0.50	0.01	0 0 0	0 0 4 0	
Si 0.29	0.03	0 0 0	0 0 0 0 0 0	0
Mn 0.54	0.05	0 0 0	0 0 0 0 0 0	0
P 0.013	0.10	0 0 0	0 0 0 0 0 0	
S 0.019				
No. 3	0	5 3 5 5	5 3 2 0	3 1 0 0
C 0.77	0.01	0 0 2 3	3 0 0	3 4 0 0 0
Si 0.49	0.03	3 0 3 0	2 2 3 1	0 0 0 4 3
Mn 0.64	0.05	2 3 1 3	4 1 4 3	5 5 5 5 5
P 0.013	0.10	4 4 3	5 4 3 4	0 5 5 5 3
S 0.045				
No. 4	0	2 3 4	4 4 2 4	4 0
C 0.72	0.01	4 4 2 3	4 4 2 3	4 4
Si 0.53	0.03	2 0 0 0	1 0 2 0 1	0 2 2 0
Mn 0.82	0.05	0 0 4 0	5 2 3 1 0	4 0 0 3
P 0.010	0.10	3 3 1	3 0 1 1 0	4 0 0 0
S 0.062				

No. 4 についても測定結果が分散して、有意差が認められない。すなわち、清浄度の非常に悪い試料でも、比較的焼割感受性の低いものもあり、またこれと反対のものもある。Fig. 2 は 1 群介在物すなわち粒界の共晶型硫化物のみを選び、これの面積率と焼割指数との関係とを求めると、No. 3 はこの種の介在物が少ないので明らかでないが、熔解 No. 4 は明らかに介在物の影響が認められる。面積率約 0.1% 以上から焼割指数が増大し、0.4% 程度になると約 4 になる。これは 2 回の焼入で割れることを意味する。非金属介在物の焼割感受性に対する影響は、結晶粒界に連鎖状または共晶状にあらわれる介在物が大きく、その他の微細に分散したものはあまり影響がないことが認められた。この試験で生じた焼割れは、端面から円周方向に走っていた。そして割れの生ずる時期は焼入直後ないしは数分後であり、マルテン化の膨脹にもとづく変態応力によるものと思われた。なお、焼割れ付近の組織を光学顕微鏡で観察したが、割目が介在物の間を縫っているものもかなり認められた。

IV. 結 言

以上、高周波焼入における鋼の焼割感受性について、非金属介在物を中心にしらべたが、これのみでは説明のつかぬ結果も多い。しかし、熔解 No. 4 のものは明らかに介在物の影響が認められ、一次晶粒界にあらわれる共晶型硫化物が面積率 0.1% 以上存在すると、焼割感受性が増大した。その他、試料の偏析、オーステナイト結晶粒度もあわせて検討したので、これらについて報告

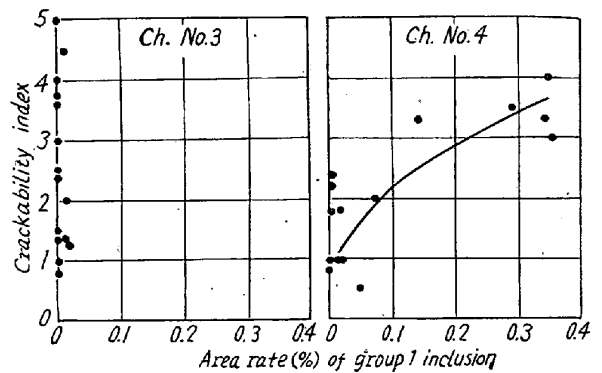


Fig. 2. Relation between area rate (%) of group I inclusion and crackability.

する次第である。

文 献

- 1) SIMS C. E. and F. B. DAHLE: Trans. Am. Foundrymen's Assoc., 46 (1953)
- 2) S. L. CASE. and K. R. VAN HORN: Aluminum in Iron and Steel (1953)
- 3) R. D. CHAPMAN, and W. E. JOMINY: Metal Progress, (1953) Sept.
- 4) 三谷, 広瀬, 小林: 大阪府工業奨励館報告, No. 4~2, (1952)

(148) 各種バネ鋼線の比較調査

(ステンレスばね鋼線の研究—I)

大同製鋼研究所

○藤原 達雄・本宮 泰雄

Comparative Test on Spring Wires of Different Stainless Steels.

(Study on spring wires of stainless steels—I)

Tatsuo Fujihara and Yasuo Motomiya.

I. 緒 言

現在実用に供されているステンレスばね鋼線は Table 1 に示すように 18Cr-8Ni のオーステナイト系 17Cr-7Ni-1Al の析出硬化型 (17-7PH) および Cr 系マルテンサイト鋼の 3 種類に大別される。この中析出硬化型の 17-7PH は優秀な機械的性質および耐蝕性を有しているにもかかわらず高価なためにその使用範囲が制限されている。また Cr 系マルテンサイト鋼線は安価ではあるが AISI 431 (16Cr-2Ni...SSRI) を除いて他の 2 鋼種は (AISI 414, 420) 耐食性があまり良好ではなく加うるに熱処理の困難性からあまり広範囲には使用されていない。

その結果現在まで主としてばね用鋼線としては線引加