

IV. 考察並びに総括

1) 顕微鏡的に介在物の同定を行ない、介在物の分布、形態の調査、およびこの確認のため X 線マイクロアナライザー、電解分離残渣の X 線回折を行なった。また各鋼について清浄度を測定しその結果と X 線回折結果と比較した。この結果 Mo, S, C, の各元素のおよぼす効果は大體一致し同一傾向が見られた。

2) 本研究の X 線回折、X 線マイクロアナライザーの実験結果から見て Mo の硫化物および介在物中での濃縮は観察されなかつたが FeS の析出条件を変えて MnS を主体にする介在物に変化する相互作用が認められた。

3) S 含有量の高い T-4 では介在物の浮上傾向が大きく、かつ従来云われているように網状に析出していない。これは S 含量の増加が O₂ 含量に若干の影響をおよぼしていることなどのためではないかと思われる。

4) C 含量の高い T-6 においては FeS が粒界に網状に発達している。これは C 含量が大になると溶鋼中の S の活量がとなり、溶解度が減少することと、また C の増加により δ-鉄区域もほとんどなくなり、溶鋼の熔融温度が低下して、Mn の拡散が若干おくれ、かつ凝固時の残液中に S が濃縮されるなどにより Fe+S=FeS の析出反応が促進し粒界に FeS が網状に発達するものと思われる。

669,14,018,252,2=669,15,26-194,3,620
(109) 高クロム鋼中に生成する快削性

非金属介在物の挙動について: 546,221

(快削性非金属介在物に関する研究—II)

金属材料技術研究所 工博○荒 木 透
東京大学工学部 工博 松 下 幸 雄
金属材料技術研究所 平 井 春 彦
山陽特殊製鋼 烏 谷 徹

On the Behavior of Free-Cutting Inclusions Formed in High Chromium Steel.

(Study on free-cutting inclusions in steel—II)

Dr. Tooru ARAKI, Dr. Yukio MATUSHITA, Haruhiko HIRAI and Tooru KARASUDANI.

I. 緒 言 1463~1466

ステンレス鋼、ダイス鋼などの快削鋼のベースとなる快削性元素 S, Seなどを含有する5~10%Cr, Mo<10%鋼を大気中および真空中にて溶製した。この鋼種に S, Se, Zrなどを添加した効果並びに Mo の影響、および鋼の酸化脱酸状態が介在物の組成、分布に与える影響を検討し、更に試料の鍛造加工による介在物の変形などについて試験を行つたのでその結果を取まとめて報告する。

II. 試料の溶解

10kg 高周波溶解炉および真空溶解炉を用い溶解した。原料として S45C, 電解鉄にスエーデン鉄または炭素鋼を用い、金属 Mo, 金属 Cr を添加し約 1550°C にて

Table 1. Aimed or analytical composition of sulphide contained samples.

Condition	Element Group	Element								
		C	Si	Mn	Cr	Mo	S	Al	Zr	
Air melting	A — 1	(0.11) 0.121	(0.40) 0.39	(0.65) 0.43	(10.0) 10.40	(0.3) 0.41	(0.33) 0.344	(0.02) 0.015	—	
	A — 2	(//) 0.130	(//) 0.15	(//) 0.40	(//) 10.67	(//) 2.88	(//) 0.307	(//) 0.011	—	
	A — 3	(//) 0.130	(//) 0.19	(//) 0.45	(//) 7.58	(//) 9.55	(//) 0.312	(//) 0.012	—	
	A — 4	(//) 0.130	(//) 0.31	(//) 0.69	(//) 10.67	(//) 0.31	(//) 0.380	(//) 0.023	(0.15) 0.15	
	A' — 1	(//) 0.105	(//) 0.44	(//) 0.56	(//) 12.52	(//) 0.3	(//) 0.354	(//) 0.024	—	
	A' — 2	(//) 0.078	(//) 0.40	(//) 0.53	(//) 12.46	(//) 2.97	(//) 0.336	(//) 0.009	—	
	A' — 3	(//) 0.071	(//) 0.40	(//) 0.51	(//) 5.51	(//) 10.40	(//) 0.322	(//) 0.011	—	
	Vacuum melting	V° — 1	(//) 0.06	(0.35) 0.53	(0.50) 0.42	(10.0) 10.00	(0.3) 0.38	(//) 0.202	—	—
		V° — 2	(//) 0.07	(//) 0.56	(//) 0.44	(//) 10.07	(//) 3.05	(//) 0.218	—	—
		V° — 3	(//) 0.08	(//) 0.50	(//) 0.41	(//) 7.13	(//) 9.54	(//) 0.390	—	—
V — 1		(//) 0.07	(//) 0.43	(//) 0.43	(10.0) 10.00	(0.3) 0.31	(//) 0.281	—	—	
A — 2		(//) 0.054	(//) 0.40	(//) 0.40	(//) 10.11	(//) 3.18	(//) 0.294	—	—	
V — 3		(//) 0.07	(//) 0.42	(//) 0.39	(//) 7.13	(//) 10.20	(//) 0.202	—	—	

Note: (//) = Aimed composition

Table 2. Aimed or analytical composition of selenium contained samples.

Condition	Group	Element							
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Se	Al	S
Air melting	A _{Se} — 1	(0.11) 0.08	(0.40) 0.19	(0.65) 0.54	(10.00) 9.5	(0.3) 0.3	(0.3) 0.49	(0.02) 0.023	0.052
	A _{Se} — 2	(//) 0.130	(//) 0.40	(//) 0.43	(//) 10.8	(3.0) 2.9	(//) 0.29	(//) 0.016	0.041
Vacuum melting	V ^o Se — 1	(//) 0.08	(0.35) 0.40	(0.50) 0.43	(//) 10.25	(0.3) 0.31	(//) 0.19	—	0.028
	V ^o Se — 2	(//) 0.05	(//) 0.42	(//) 0.42	(//) 10.08	(3.0) 3.02	(//) 0.34	—	0.039

Aimed composition = ()

FeS₂ を添加後, Si, Mn, Al を投入し (Zr, Se は脱酸後投入) 1500°C にて 鑄込んだ. 真空溶解の場合には成分調整後炉に Ar 1 気圧を封入してから酸化鉄, FeS₂ などを添加後金型に鑄込んだ. 大気溶解試料 A グループ (比較的湯の酸化度の高いもの), A' グループ, V^o グループ (真空溶解後酸化鉄を添加したもの), V グループの化学組成を Table 1 に示す. 鋼塊は 70~75 φ × 130 mm 約 7 kg で 検鏡試片は鋼塊の中央部より採取し, また鍛造試料は鋼塊の下半部を用いて鍛造比 4 および 16 に

鍛造した. 鍛造は 1150°C に均熱し, 950°C 以上にて終了するように行なつた. なお A, A' グループでは何れも Al 脱酸を行なつているが, V^o, V グループでは Si, Mn のみ添加し Al を添加していない. A グループは溶湯の酸化度の高いもので, A' グループは順当な Al 脱酸の行なわれたものである. また V^o グループは V グループに比べ酸化度の高いものである.

また快削性元素として Se を添加したグループについても大気中および真空中溶解を行なつた. その組成を Table 2 に示す.

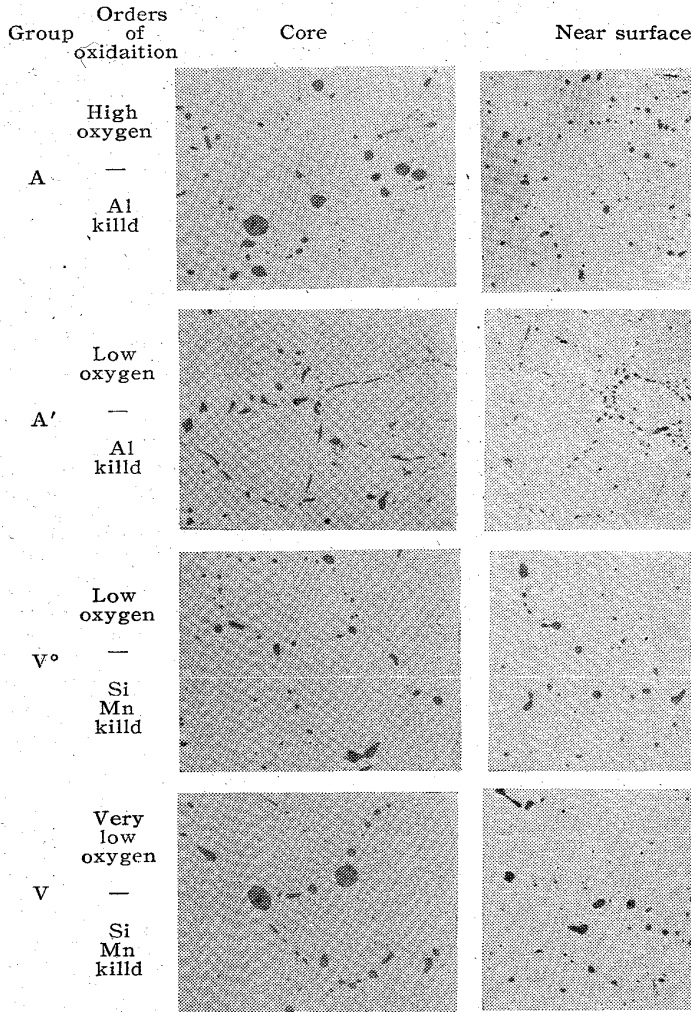


Photo. 1. Microphotograph of distribution of sulfide inclusions in each group. (×250 non-etch)

III. 各種の試験および結果

(1) 鋼塊のマクロ観察

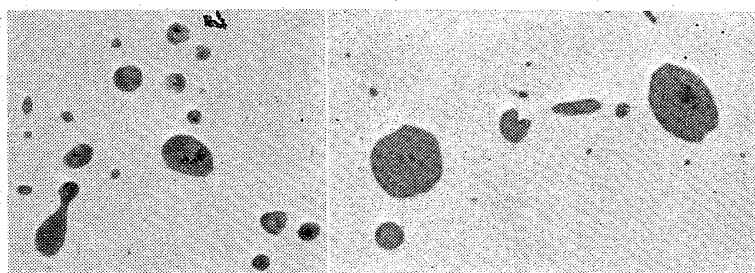
S. Print 法により鋼塊中心部について S の偏析を調査したが著るしいマクロ偏析は観察されなかつた.

(2) 快削性介在物の顕微鏡的観察

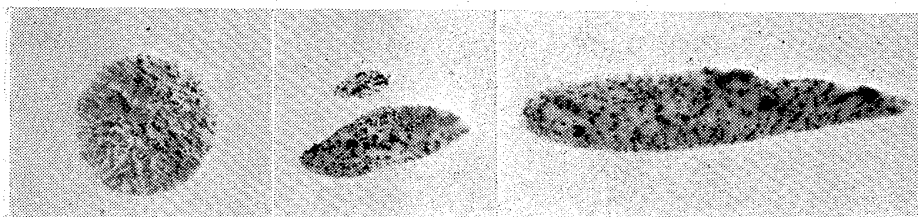
試料鋼塊の中央部より検鏡試料を採取し縦断面を検鏡した. この結果鋼塊の中心部と表面部では析出介在物の大きさに定量的な差異のあることを認めた. (図省略) このため介在物の検鏡はすべて表面部と中心部の二カ所で行なつた. その as cast での結果を各グループ別の 1 例として Photo. 1 に示す. この結果より見ると A グループは硫化物中に酸化物の核を有するものが多く, かつ粒内に硫化物が分散している傾向にある. この 1 例を Photo. 2 に示す. またこの A グループのうち Mo 含有量が増加しても余り大きな変化は見受けられない. 次に A' グループのものは粒界に鎖状に硫化物の分布しているのが認められた. また V グループでは V^o グループに比べさらに大きな鎖状分布が見られた.

また鍛造試料についての検鏡結果であるが, A グループは A' グループに比べ可塑性が大であり, V^o グループは V グループに比べ可塑性が小であるように見られた. 以上の検鏡結果を取まとめると Table 3 に示すようになる.

次に A_{Se} グループの介在物は色は硫化物と余り変わらないが, 形状は球状ないし楕円状であつた. その 1 例も Photo. 2 に示す. V^oSe グループは A_{Se} グループに比べ介在物分布の点では相違を観察できなかつた.



A-1 ×2000 (2/5) V-2 ×3000 (2/5)
(a) Sulfide inclusions in as cast state.



as cast after forging (f.r. 4) after forging (f.r. 16)
(b) Selenide inclusions in A_{Se}-2 steel ×3000 (2/5)

Photo. 2. Microphotograph of sulfide and selenide inclusions.

(3) X線マイクロアナライザーによる介在物の同定
前報と同様のX線マイクロアナライザーを用い、A-1、A-4、A'-1、V^o-3、V-1、A_{Se}-1、A_{Se}^o-1の各試料についてFe、Mn、Mo、Crについて同定を行なった。その結果A、A'グループの試料の計測値はMn:Cr=1:1.1~1:2.3で、またV、V^oグループではMn:Cr=1:1~1:3を示し、またMoは試料によつて多少検出されたが大部分の試料ではほとんど検出されなかつた。またFeは試料によりかなりの相違を示し一定の傾向が認められなかつた。以上の結果よりS系介在物について

はMnS、Cr sulphideがその主体をなしているものと思われる。またA_{Se}、A^o_{Se}グループではMn:Cr=1:0.75~1:0.6で何れもSeが相当量検出されている。Moは極く少量検出されたにすぎずまたFeは多少含有されていることがわかつた。これらの結果よりSe含有試料中ではMnおよびCrのselenideの存在が予想される。またMoの硫化物存在の確率は少い。
(4) 電解分離残渣のX線回折による同定
前報と同様の装置を用いクエン酸ソーダ法により電解を行なった。まず高クロム鋼についての適当条件を見出すためA-1について電解液組成、電流密度、pHを変えて(Cr、Mn)Sの溶解度について検討し、最終的には0.5N HCl+5%Na-Citrate+1%KBγ+KOCNを用い電解しX線回折に供した。その結果、Aグループ(A-1、A-2)ではα-MnS、Cr sulphideの析出が認められ、またA'グループ(A'-1、A'-2)ではα-MnSが多く生成し、Cr sulphideはほとんど存在しない。これらの結果はアナライザーの結果とも定性的に一致する。V^o、Vグループでもα-MnS、Cr sulphideの二相が認められるが後者はAグループに比べれば少ない。またV_{Se}グループではCrを固溶すると考えられるMnSeが生成し、FeSe、CrSeなどの

Table 3. Result obtained from microscopic examination in sulfide inclusions.

		1 Mo=0.3%	2 Mo=3.0%	3 Mo=10.0%	4 Mo=0.3% Zr=0.15%
A	a	I ₄₀ +I _{lc} 60	I ₄₅ +I _{lc} 55	I ₄₀ +I _{lc} 60	I ₃₅ +I _{lc} 65
	b	3.2	3.6	3.9	3.8
	c	30% Spinel.	35% Spinel.	30% Spinel.	10~20% Spinel.
	p	0.15	0.10	0.08	0.12
A'	a	I _{le} 95	I _{lc} 100	I _{le} 90	
	b	2.6	1.8	3.2	
	c	none	none	none	
	p	0.03	0.02	0.05	
V ^o	a	I _{lc} 90	I _{lc} 90	I _{lc} 90	
	b	3.4	3.3	3.9	
	c	50% Silicate.	20% Silicate.	20% Silicate.	
	p	0.05	0.06	0.05	
V	a	I _{lc} 95	I _{lc} 95	I _{lc} 95	
	b	3.6	3.6	4.0	
	c	30% Silicate.	5% Silicate.	5% Silicate.	
	p	0.13	0.14	0.09	

a : Precipitation type b : Average size of sulfide (in μ) c : Oxide observed in sulfide

p : Plasticity of sulfide in forged material (f.r=16)=b'A₂^{3/2}/a'A₁^{3/2}

I_x : Dispersed sulfide in primary grain (x=%) I_c x : Chain type sulfide on boundary (/)

I_{le} x : Eutectic type sulfide on boundary (/) A₁/A₂ : Forging ratio

a' : Minor axis of inclusions b' : Major axis of inclusions

析出は起っていない。この結果より見て Se と S はかなり類似した挙動をとることがわかる。(図省略)

IV. 総 括

(1) 高クロム鋼中の硫化物およびセレン化物の挙動について検鏡並びに X 線マイクロアナライザー、電解分離残渣の X 線回折により同定を行なった。

(2) 鋼塊中の硫化物の分布状態は溶解時の鋼中酸素含有量および脱酸条件により影響をかなり受けることがわかった。またこの分布状態は凝固時の酸化物の種類、大きさ、量によりかなり左右され、リムド鋼における従来の報告結果とは異なつた挙動であるが前報とは異なり Mo については顕著な影響は認められない。

(3) Al 脱酸の順当な場合に生成する微粒共晶型硫化物は熱間加工の塑性が低いが、比較的大粒のものは切断を起す傾向がある。

(4) Se は S と類似した性質を有し、本鋼種においては Cr を含んだ MnSe を形成する。さらにこの selenide は sulfide に比較して可塑性が低く熱間加工で糸状に伸びがたい。

(110) Si-Mn 系低合金鋼の機械的性質 におよぼす非金属介在物の影響に 関する一実験

富士製鉄中央研究所

工博 小池与作・小泉真人・古川 敬

An Experimental Study on Influences of Nonmetallic Inclusions on Mechanical Properties of a Low Si-Mn Alloy Steel.

Dr. Yosaku KOIKE, Mahito KOIZUMI
and Takashi HURUKAWA.

I. 緒 言

非金属介在物と鋼の機械的性質との関係については報文も多いが、定量的に十分解明されていない。その一因は、機械的試験の破断箇所での介在物の真の存在状態が認定され難い点である。この観点から、下記の方法で人工的に介在物を含む試料を製作し、その存在状態を確認して、機械的性質と介在物条件との関連をできるだけ明確ならしめようと試みた。

II. 実 験 方 法

この法の要旨は、2 個の鋼片間に所望の介在物粉末を挿み、熱間圧接して試料を得ることである。Table 1 に、鋼材および介在物の各供試素材を掲げ、Fig. 1 に、試験片製造法および介在物存在量測定法を示す。試験鋼種は Si-Mn 系低合金鋼で、学振第 3 法による清浄度は 0.062 であつた。

試験介在物は、 Al_2O_3 、MnS·MnO 混合物、および

Table 1. Materials and preparation for samples.

Steel	C : 0.17, Si : 0.38, Mn : 1.47, P : 0.01, S : 0.01, Cu : 0.11, Al : 0.006 % respectively.				
Inclusion materials	Nominal	Al_2O_3 Powder	MnS·MnO Powder	Mn-silicate powder	
	Composition*	α Al_2O_3	α MnS:56%, MnO:44%	MnO·2.3(SiO ₂)	
Sample preparation	Inclusion materials	Sample No.	Original inclusion particle size, mean diameter (μ)	Distribution of inclusion particles on planes to be press-welded**	
	Al_2O_3	1	5	Relatively dense rough	
		2			
		3	50		dense rough
		4			
	MnS·MnO	5	5	dense rough	
		6			
		7	50		dense rough
		8			
	Mn-silicate	9	5	dense rough	
		10			
		11	50		dense rough
12					

* Determined by X-ray diffractions and chemical analyses.

** Particles were distributed homogeneously in every case.