溶接部ならびに鋳物の透過X線写真にあらわれる影（第1報）*

—影の形態とその特長—

渡 辺 統 市**

The mottling Appeared on Radiograph of Weldments and Castings (1st Report.)*

—Appearances and Characters of the Mottling—

by Toichi Watanabe**

Abstract

The mottled appearance frequently observed in radiograph of austenitic stainless steel weldments and castings has been investigated. The results may be summarized as follows.

1. It has been established that the X-ray diffraction causes the mottling. Diffraction theory (Bragg's law), however, does not explain the whole phenomena. 2. The relation between the incident beam angle and the mottling was obtained. 3. It was observed that the mottling was more pronounced on radiograph taken with a low voltage than on one taken with high voltage. 4. Solution treatment does not affect the mottling. 5. The mottling disappeared when the specimen was recrystallized.

I. 緒 言

オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の透過X線写真にあらわれるまだら模様は影と呼ばれ、数年前から多数の関心を集めてきた。特に日本溶接協会化学機械溶接委員会ならびに日本非破壊検査協会ではこの問題に関する討論がしばしば行なわれ、多くの研究成果が発表されている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

いっぽう溶接金属と類似した凝固組織を示す鋳物についても、その透過X線写真には影のあらわれることが古くから知られており、そこでも影の発生原因をめぐって討論が行なわれてきた⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

現在までに提出されている影の発生機構としては次のものがある。その1つは粗大結晶粒によるX線の回折によって影があらわれるというものである。この説は影の特長すなわち影は柱状晶をかたちどってあらわれるということならびに影はしばしば黒と白の模様が対になってあらわれるという現象を説明しやすいことから多くの研究者によって支持されてきた^{3), 4), 8), 9), 10), 11)}。これに対し影は成分元素の偏析によって生ずるという考え方がある。柱状晶内でミクロの偏析があれば、各元素によってX線の吸収率が異なるので、フィルム上で濃淡つまり影となってあらわれるというものである²⁾。以上に述べた2つの機構はいずれも健全な結晶粒から影が発生してい

るとするものであるが、これに対し凝固組織の粒界についても影との関連において追及してみる必要があるように思われる^{5), 6)}。影は鍛造材にはあらわれず、凝固組織をもつものについてのみあらわれるといわれているからである。溶接金属あるいは鋳造材の粒界には凝固の際低融点の不純物が集まりやすく、またときには空孔ないしボイドの発生することも知られている。こういったものが粒界にあれば透過X線写真では影となってあらわれることが考えられるわけである。

現在までに提出された影の発生機構としてはこれら3つのものが代表的なものであるようにみうけられる。しかしながらここでこれら3つの機構を比較してみた場合そのいずれの間にも共通性がなく、またいずれの説もまだ現象をじゅうぶん説明するにいたっていないように思われる。影の原因はまだ未解決のまま残されている。この研究は影の原因を追及する目的で行なったものであり、この報告ではまず影の形態ならびにその特長について述べる。

II. 実験ならびに考察

A. 影の形態

オーステナイト系ステンレス鋼溶接部ならびに鋳物の透過X線写真にあらわれる影の代表的なものを第1図に示す。aはサブマーゲドアーク溶接部にあらわれた影であり、両側の母材部から溶接中央部に向かって発達した影が中央部で突合わさった形となっている。図でみられ

*原稿受付 昭和47年1月14日（46年度秋季講演会にて発表）

**正 員 名古屋工業大学 Member, Nagoya Institute of Technology

Fig. 1 Typical appearances of the mottling. Columnar appearance is remarkable. (a), (b) and (c) show mottlings appearing on radiographs of austenitic stainless steel weldments. (a) submerged arc weld. base metal 304L, 12.7mm in thickness, wire 316L, 4.8mm in diameter. welding current 700 amps, welding voltage 34 volts, traveler speed 36 cm/min. (b) submerged arc weld. base metal 316L, 12 mm in thickness, wire 316L, 4 mm in diameter. 500 amps, 35volts, 30 cm/min. (c) TIG weld. base metal 304L, 6 mm in thickness. wire 316 L, 4 mm in diameter. 280 amps, 13 volts, 9 cm/min. (d) a mottling appearing on radiograph of the weld joint of a boiler made of austenitic stainless steel plates. (e) a mottling appearing on radiograph of an 18:8 type stainless steel casting.

るように影はマクロ組織をかたちどってあらわれるという特長がある。影のいま1つの特長は黒と白の模様がいばしば対になってあらわれることである。この図でも柱状晶をかたちどってあらわれた黒い影のすぐそばに黒い影とよく似た形の白い模様がところどころに認められる。この現象は試片がうすい場合たとえば後に示す第3図特に第3図cの写真ではより明瞭に認められる。bは別のサブマーグドアーク溶接部にあらわれたまた異った形の影を示す。この場合は溶接中央部に斑点状の影があらわれている。cはTIG溶接部にあらわれた影である。この場合は中央部にみられる線状の影が特長的である。dは溶接構造物の透過X線検査で発見された影である。2本の溶接線がまじわった付近の溶接部中央に明瞭な線状の影がみられる。eはステンレス鋳物にあらわれた影を示したものである。鋳物についても溶接金属の場合と同様に影はマクロ組織をかたちどってあらわれることならびに黒と白の影が対になってあらわれるという現象がみられる。

ここでどういった溶接条件の場合影がよく発生するのかということについては、まだじゅうぶんあきらかにされていない。影はほとんどすべての溶接方法にわたって発生しており、また溶接材料についてもオーステナイト系ステンレス鋼に限らず、高純度アルミニウム、炭素鋼、マグネシウムといったものについても認められている。

B. 影と X 線の回折

影の特長の1つである黒と白の影が対になってあらわれるということから、ただちに考えられることは、X線

が何らかの理由によって回折されて影となるのではないかということである。黒い影は回折したX線によるものであり、白い影はそこにくるはずのX線が回折されてよそに行ったため、X線が到達しなかったところであると考えることができる。

第1図cに示した溶接部から第2図に示すように試片(21×18×3.8 mm)を切り出し、この試片を用いてX線がどのように回折されて影となるのかしらべてみた。この試片(試片の一端にGというマークを付してあるのでこの報告ではG試片と呼ぶことにする)では第1図cでみられるように影が溶接中央部で線状にあらわれているものであり、この線状の影に注目していくことによって実験中に影を見失うことがないと考えたためである。なおこの試片では溶接部の裏面から表面に達する巾約0.8 mmの柱状晶が第2図に示すように発達しており、線状の影はこの柱状晶部から発生している。いっぽう母材部から溶接中央部に向かって発達した影は類似した形のものが多数並んでおり、かつその一つ一つがこまかいため

Fig. 2 Preparation of a specimen. A specimen, 3.8 mm in thickness, was machined of an austenitic stainless steel weldment shown in Fig. 1, (c).

Fig. 3 X-ray diffraction and a resulting linear mottling.

(a) method of taking radiograph. (b) resulting radiograph, $d=0\text{mm}$.
 (c) $d=4\text{mm}$ (d) $d=10\text{mm}$. (e) $d=20\text{mm}$. (f) $d=30\text{mm}$. target:
 tungsten, voltage: 30.000, thickness of the specimen (t): 0.5 mm.

実験途中で相互に混同しあるいは見失うおそれがある。

X線が回折して影が生じたのであるかどうかをしらべる目的で第3図aに示すように試片とフィルムの間隔を順次あけて透過X線写真を撮影してみた。この場合の試料厚さは0.5 mmであり、X線源と試料間の位置関係は一定に保ってある。以下の実験で用いたX線源は特にことわりのないかぎりウエルテス60（嶋津製作所製）でありフィルムは工業用X線フィルムRR型である。またX線源と試片の距離は約250 mmであった。

得られた写真をb～fに示す。線状の影は試片とフィルム間の距離が大きくなるにつれて中央部からはなれていくことがわかる。いっぽう試片の中央部には残された白い線状の影が認められ、この白い影と動く線状の黒い影

は対になっているものと考えられる。この写真から影はX線が試片によって曲げられて発生するものであることがわかる。なおこの実験では溶接中央部にあらわれた線状の影についてX線回折の様子をみたのであるが、母材部から溶接中央部に向って発達した影についても第4図で示すように同様の回折現象がみられる。影を明瞭に示す目的で、b図に示すように試片の1部を鉛板で覆って撮影した。

C. X線照射角と影の関係

溶接部の透過X線写真撮影において、X線照射角を変えてゆくと影のうちの1部のものが消滅してゆくいっぽうまた別に新しい影が発生することが知られている。このことから影はX線照射角の影響をうけるものであることがわかる。しかしながらその精細についてはまだ明らかでない。この研究では前述したG試片を用い第5図aに示すようにX線照射角を変えて透過X線写真を撮影し、照射X線角と影の関係をしらべてみた。まず試片を表にむけ、 α (α は水平面上で試片を回転した場合の回転角)を 0° に保ったまま、照射角 θ を $+15^\circ \sim -15^\circ$ の範囲にわたって変えて撮影したのち、ついで試片をb図に示すように裏むけて同様の撮影を行なった。表裏の各場合いずれもGマークが図中に示したように右側にあるように設置した。用いた試片は最初板厚3.8 mmであったが、順次研磨してうすくしていき、各板厚においてそれぞれ撮影を行なった。試片の厚さ0.5 mmの場合試片の裏側からX線を照射して得られた写真をc～lに示す。図でみうけられるように照射角 θ が $+15^\circ \sim +10^\circ$

Fig. 4 An example of the mottling that reveals columnar crystals. In order to isolate the mottling from the direct image, a portion of the specimen was covered with a strip of lead and radiographed as shown in (b). tungsten, $V=27.000$, $d=5\text{mm}$, $t=0.5\text{mm}$.

Fig. 5 Effect of the incident beam angle on the mottling. With the change of incident beam angle, the linear mottling, on one occasion, appears at the left side in the radiograph and it appears, on another occasion, at the right side. (a) representation of incident beam angle in the test. (b) the specimen radiographed from opposite directions. The specimen, 0.5mm in thickness, was radiographed from the back side of the weld and some pictures obtained are shown in (c)-(l). tungsten, $V=30.000$, $d=10\text{mm}$, $\alpha=0^\circ$. (c) $\theta=+15^\circ$ (d) $\theta=+12^\circ$ (e) $\theta=+10^\circ$ (f) $\theta=+7^\circ$ (g) $\theta=+6^\circ$ (h) $\theta=+4^\circ$ (i) $\theta=+3^\circ$ (j) $\theta=0^\circ$ (k) $\theta=-10^\circ$ (l) $\theta=-14^\circ$

Fig. 6 Effect of a minute change in incident beam angle on the mottling. The specimen, 1.2mm in thickness, was radiographed from the surface of the weld. The linear mottling appeared on a radiograph taken with an incident beam angle of $\theta=+8^\circ30'$, but it does not in the case of $\theta=+8^\circ24'$. tungsten, $V=60.000$, $d=20\text{mm}$, $\alpha=0^\circ$. (a) $\theta=8^\circ12'$ (b) $\theta=8^\circ24'$ (c) $\theta=8^\circ30'$ (d) $\theta=8^\circ36'$ (e) $\theta=8^\circ42'$.

の範囲では影は溶接中央部を界にしてGマーク（写真の右下隅にみえる）と反対側に、かつ溶接中央部からほとんど等しい位置にあらわれた。照射角が $+7^\circ$ 、 $+6^\circ$ では影はいったん消滅したのち $+4^\circ \sim 0^\circ$ の範囲では今度はGマークの側にあらわれた。ここでも溶接中央部から影までの距離は変っていない。なおGマークの反対側にあらわれた影とGマークの側にあらわれた影は溶接中央部を界にしてほぼ対称的な位置にある。さらに角度を変えると -10° で影は再びGマークと反対側にあらわ

れ、ついで消滅する。第6図は照射角を微細に変化して得られた写真を示す。この場合の板厚は1.2 mmでありX線は試片の表面から照射した。照射角 θ が $-8^\circ 24'$ まで線状の影は認められないが、 θ が $-8^\circ 30'$ になると影が突然あらわれる。わずかの角度変化によって影があらわれたりあるいは消滅することがわかる。なお実験中に時として影が溶接部の両側にあるいはどちらか片側に2本の線となってあらわれることがあった。影が片側に2本の線となってあらわれた例を第7図aに示す。この

Fig. 7 An example of the mottling that reveals two linear mottlings.
(a) ordinary radiograph. In order to isolate the two linear mottlings from the direct image, a half of the specimen was covered with a strip of lead and radiographed as shown in (b) and resulting radiograph is shown in (c). tungsten, $V=60,000$, $d=20\text{mm}$, $\theta=0^\circ$, $\alpha=0^\circ$, $t=2.1\text{mm}$

Table 1 Summary of the relation between the incident beam angle and the mottling.

θ°	-15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15+		
$t, \text{ mm}$																																	
3.8	○		○	○	○	○	○	○	○	○		△	△	△	△	△																	
2.1	○		○	○		○	○	×	×	△	△	<u>△</u>	△		△	△	×	×	×	×	×	×	△	×	○	×	×	×	×	×	×	×	
1.7 (S)	×	×	×	○	○	○	○	×	×	×	×		△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×	△	△		×	×	×	×	×	×	
1.2	×	○	○	○	○	○	○	○	×	×	△	△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	×	○	×	×	×	
0.2	○	○	○	○	×	×	×	△	×	△	×	×	×	△	×	×	△	△	△	△	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	
3.8																○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	<u>△</u>	<u>△</u>
2.1	○		△				×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	△	△	△	△	<u>△</u>	<u>△</u>	<u>△</u>	<u>△</u>	
1.7 (B)		×	×		△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	×	
1.2	○	○	×	×	△	△	△	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	△	△	<u>△</u>	<u>△</u>	△	△	△	△	△	△	△	
0.5	×	×	×	×	×	△		△		○		△	△		○		○	○	○	×	×	×	×	×	△	△	△	△	△	△	△	△	
0.2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	×	○	○	○	×	×	×	×	△	△	×	△	△	△	△	△	×	×	

△ : the linear mottling appearing at the left side on the radiograph.

○ : the linear mottling appearing at the right side on the radiograph.

△△ : two linear mottlings appearing at one side on the radiograph.

△△ : the linear mottling appearing at both sides on the radiograph.

t : thickness of the specimen.

θ : incident beam angle. ($\alpha=0^\circ$)

(S) : radiographed from the surface of the weld.

(B) : radiographed from the back of the weld.

場合影をより明瞭に示す目的で試片の1部をb図に示すように鉛で覆って撮影した写真をcに示す。

第1表はG試片を3.8 mm から0.2 mm まで順次薄くしていった場合、各段階の板厚におけるX線照射角と影の関係を一括して示したものである。表中で○印は影がGマークの側に、また△印はGマークと反対側にそれぞれあらわれたことを示し、×印は影があらわれなかったことを示す。△は両側に影があらわれたことを示し、△はGマークと反対側に2本の線となってあらわれたことを示す。なおSは試料表面から、Bは裏面からそれぞれX線を照射した場合である。いずれの板厚の場合も類似した関係がみられる。

第8、9図は第1表に示した影とX線入射角の関係を板厚1.2 mm の場合について説明的に示したものである。第8図は試片の表面からX線を照射した場合である。A(+13°)から入射したX線は結晶による回折という立場からみれば試片中の仮想面aによって回折されてA'の方向に進む。ここで回折角は約4°である。またBからのX線は仮想面bで回折されB'の方向に進む。この場合の回折角も約4°である。A~Bの間の角

度で入射したX線は、a面~b面の間にある仮想面群のうち、回折角が4°となる面によって回折されて、A'~B'の間の方向にそれぞれ進行する。入射X線がB~Cの間であれば影はあらわれず、C~Dで再びあらわれるようになる。この場合入射X線はc面とd面の間の傾きをもった仮想面群によってそれぞれ回折されてC'~D'の間の方向に進む。この場合の回折角もやはり約4°である。入射角がD~Eの間のものは影があらわれずE~Fで三度影があらわれる。この場合はe面~f面の間にある仮想面によって回折角約4°で回折されてそれぞれE'~F'の間の方向に進む。ここでc面とe面、d面とf面は図面ではほとんど一致している。そこで仮に2つの面群を同じものであるとみるならば、この1群の面によって入射角がC~Dの間のX線は図上で左側に、またE~F間の入射X線は右側にそれぞれ回折されたことになる。

第9図は試片の裏からX線を照射した場合の説明図である。この場合も試片の表からX線を照射したのと同様の現象がみられる。

さて影はその回折角が約4°で試片の一端から他端に

Fig. 8 A diagram showing the diffraction of incident X-ray beams by the specimen. Radiographed from the surface of the specimen. If the incident beam angle is between A and B, for example, the diffracted beam lies between B' and A'. The diffraction angle remained nearly constant.

Fig. 9 A diagram showing the diffraction of incident X-ray beams by the specimen. Radiographed from the back of the specimen. If the incident beam angle is between G and H, the diffracted beam lies between H' and G'. The diffraction angle again remained nearly constant.

まで達する線としてまたある角度範囲にわたり連続してあらわれるという特徴がある。影がいわゆる結晶面によるX線回折によって起こるという立場でこういった条件を満足するためには、試片中央部の巾約0.8mmの柱状晶部に特定の結晶面がある角度範囲にわたって連続して存在し、かつこれらが試片の端から端まで切れ目なく続いていることが必要である。しかも第8、9図からもわかるようにこういった条件をみたす面群が少なくとも2つ必要なわけであり、G試片の場合そういった面群の1つは $+17^{\circ} \sim +10^{\circ}$ の間の傾きをもった面群と $-3^{\circ} \sim -10^{\circ}$ の間の傾きをもった面群であるということになる。こういったことから考えて、単なる結晶面によるX線の回折という立場だけで影の現象をを説明するのは困難であるように思われる。

この実験中に影がときとして両側にあるいは片側に2本の線になってあらわれたことについてはすでに述べた通りである。こういった現象は照射角との微妙な関係に

Fig. 10 An appearance of the mottling. In order to isolate the mottling from the direct image, the specimen, except the central area of the weld, was covered with a strip of lead and radiographed under a condition of $\theta = +4^{\circ}$ and $\alpha = 20^{\circ}$, as shown in (a). Resulting radiograph (b) shows four linear mottlings that run parallel with each other. tungsten, $V=40,000$, $d=10$ mm, $t=0.5$ mm.

においてあらわれたものと考えられる。この現象を明らかにするため照射角 θ のみでなく α をも変化して撮影を行なってみた。影をなるべく明瞭に示すため、影の発生源である前述した溶接中央部の柱状晶のみを露出し、他の部分は鉛でおおってX線を照射した。撮影状況を第10図aに得られた結果をbにそれぞれ示す。照射角 θ , α を適当にえらぶことによって影は左右ほぼ対称に数本の線となってあらわれる。両側の影はそれぞれ1次、2次の影とみられ、この現象は細隙による光の回折模様とよく似たあらわれ方をしているように思われる。

D. 試片厚さと影の関係

第11図はG試片について、板厚の異なる場合の透過X線写真を示したものである。いずれの板厚の場合も影は明瞭にあらわれているのであるが、板厚が小さくなるにつれて影も繊細化する傾向にある。

E. X線管電圧の影におよぼす影響

透過X線写真像がたとえば気泡といったようなものによって生じている場合は、できるだけ管電圧を下げ、X線の波長を長くして撮影することによって、より明瞭な像が得られるはずである。物質の質量吸収係数と用いるX線の波長の関係からこのことがいえる。第12図は影におよぼすX線管電圧の影響をG試片の板厚0.5mmの場合について示したものである。図でみられるようにX

Fig. 11 Specimen thickness and the mottling. Specimen thickness makes little difference in the mottling. (a) thickness, $t=3.0$ mm. (b) $t=2.1$ mm. (c) $t=1.2$ mm. tungsten, $V=60,000$, $d=20$ mm, $\theta=0^{\circ}$, $\alpha=0^{\circ}$.

Fig. 12 Effect of the voltage applied to an X-ray tube on the mottling. The mottling was more pronounced on a radiograph taken with a low voltage than in one taken with high voltage. (a) $V=60,000$. (b) $V=40,000$. (c) $V=35,000$. (d) $V=30,000$. (e) $V=27,000$. tungsten, $d=0$ mm, $\theta=-2^{\circ}$, $\alpha=0^{\circ}$, $t=0.5$ mm.

線管電圧を下げ、X線の波長を長くし、したがって露出時間を長くして撮影すると影は著しく明瞭になる。この結果は影の原因についての粒界との関連における空孔ないしはボイド説を支持するものとみうけられる。

F. 影の微細構造

X線照射角を適当に選定し、かつX線管電圧をなるべく低くして長期間露出し、もって透過X線写真を撮影し、繊細な影を得た。用いた試片は0.5 mmのG試片であり、第7図bに示したように試片の半分を鉛でおおって撮影した。X線源としてはラヂオフレックス 100 DS (理学電機製) を用い、その焦点サイズは 1×1 mm であり、X線源と試片間の距離は約300 mmとした。いままで1本の線とみられていた影は実は細い数本の線がからみあってできているものであることがわかる。ここで影の両端がそれぞれ反対方向に曲っているのは興味深い現象である。

Fig. 13 Micro-structure of the mottling. A half of the specimen was covered with a strip of lead and radiographed as shown in Fig. 7 (b). In order to reveal the micro-structure of the mottling, radiograph was taken with very low voltage and much longer exposure time. The resulting radiograph shows that the mottling consists of several fine lines which are intertwined mutually. tungsten, $V=22, 500$. $\theta=-13^\circ$, $\alpha=+45^\circ$ $t=0.5$ mm, $d=5$ mm.

Fig. 14 Effect of cold working, solution treatment and recrystallization on the mottling. The mottling tends to disappear when the specimen is cold worked. Solution treatment does not affect the mottling. The mottling disappears, however, if the specimen is recrystallized. A specimen shown in (a) was stretched as shown in (b). The stretched specimen, then, was heated at 1100°C for 1 hour and quenched in water. (a) specimen, 10 mm in thickness, ready for stretch working. (b) specimen after stretching. (c) radiograph of a cast 18:8 stainless steel plate used for the test. (d) radiograph of the specimen before stretching. (e) radiograph of the specimen after stretching. (f) radiograph of the specimen after heat treatment.

G. 溶体化処理、加工ならびに再結晶の影におよぼす影響

影の原因が成分元素の偏析であるなら、試片を溶体化処理することによって影は消滅することが期待される。また影の原因がボイドといったものであるなら、試片に塑性加工を加えることによって影が変化するであろうことも考えられる。いっぽうすでに述べたように影は凝固組織をもつものにあらわれ、鍛造材ではあらわれないといわれている。もしそうであれば凝固組織をもち影のあらわれる試片でもこれを再結晶させると影は消滅するはずである。こういった各種処理とその影におよぼす影響を明らかにする目的で18-8ステンレス鋼鋳物の板を用い第14図aに示す非対称の引張試片を製作し、これをb図に示すように引張加工したのち、1100°C×1hrの溶体化処理を行なった。この処理の各段階で得られた透過X線写真を第14図c, d, e, fに示す。この場合のX線源はラヂオフレグス 100 DS であり、試片とX線源間の距離は約 430 mm であった。写真cは用いた18-8ステンレス板の透過X線写真であり、dはこれを引張試片に加工したのちのものである。いずれの写真でも影は明瞭にあらわれている。eは引張加工したのちの写真であるが断面積が小さくしたがって加工度の高い部分では影はばやける傾向にある。試片各部の伸びは図中に示した。fは加工後溶体化処理を行なった試片についての写真である。加工度の高い部分では再結晶がおこり、その部分で影は完全に消滅した。加工度の小さいところあるいは加工を受けていないつかみの部分では再結晶はおこらずただ溶体化処理のみが行なわれたわけであるが、こういった処理だけでは影は認め得る変化を示さない。以上の実験によって影は加工によってばやける傾向にあり、再結晶すれば完全に消滅することが判明した。いっぽう単なる溶体化処理によっても認め得る変化を示さない。このことは影の原因が成分元素の偏析によるものではないことを示唆するものと考えられる。

III. 結 語

オーステナイト系ステンレス溶接金属ならびに鋳物の透過X線写真にあらわれる影について次のことがわかった。

1. 影は凝固組織をかたちどってあらわれることならびにしばしば黒と白の影が対になってあらわれるという特徴がある。
2. 影はX線が回折して生ずるものである。
3. しかしながら単なる結晶面によるX線の回折という立場だけから影の現象を説明するのは困難であ

るように思われる。

4. 影の発生とX線照射角の関係を明らかにした。また照射角を適当に定めることによって、ちょうど細隙による光の回折模様と類似した影が得られた。
5. 試料厚さによって影が大きく変化することはない。しかしながら試料がうすくなるにつれて影も繊細になる傾向にある。
6. X線管電圧を低くし、X線波長を長くして撮影すると影は著しく明瞭になる。この現象は影の原因としての粒界との関連における空孔ないしはボイド説を支持するものであるように思われる。
7. 影は多くの細い線からできているようである。
8. 塑性加工を加えることによって影はばやける傾向にある。
9. 溶体化処理によって影は認めうる変化を示さない。このことから成分元素の偏析が影の原因であるとは考えられない。
10. 影が明瞭にあらわれる試片でもこれを再結晶させると影は完全に消滅する。影は凝固組織をもつものについてのみあらわれ、鍛造材についてはあらわれないものであることがわかった。

文 献

- 1) 富田真己：ステンレス溶接部のX線フィルムにあらわれる陰影について、疑似探傷像に関するシンポジウム予稿集，日本非破壊検査協会，(1963)。
- 2) 河村敏一，武本隆彦：ステンレス溶接部のX線フィルムにあらわれる陰影，疑似探傷像に関するシンポジウム予稿集，日本非破壊検査協会，(1963)。
- 3) 入江正彦，藤井政夫，山下庄吾：ステンレス鋼溶接部のX線異状透過像，疑似探傷像に関するシンポジウム予稿集，日本非破壊検査協会，(1963)。
- 4) 藤井政夫，佐治 実，土井文士：ステンレス溶接部のX線異状探傷像，溶接学会誌，第33巻(1964)。
- 5) 渡辺統市，橋本圭二，田中 昇，渡辺 治：ステンレス溶接金属部の透過X線写真にあらわれる影，疑似探傷像に関するシンポジウム予稿集，日本非破壊検査協会，(1963)。
- 6) Toichi Watanabe: The mottling appeared on radiograph of austenitic stainless steel weldments. Memoirs of the Faculty of Engineering, Osaka City University. Vol. 8, Dec., (1966), 45.
- 7) 大川 備，頓宮正之：9% Ni 鋼の溶接部に発生する疑似模様，日本非破壊検査協会資料，(1969)。
- 8) W.H. Glaisher, W. Betteridge, R. Eborall: The Mottling of Aluminum alloy radiographs. J. Inst. Metals 70, 81 (1944), 81.
- 9) R. Mayoud, P. Guiraldeng: Influence de la structure macrographique Sur les images radiographiques d'aciers inoxydables moulés. Memoires scientifiques Rev. Metallurg. LXIII, No. 9, (1966), 757.
- 10) 一色貞文，高正 植，片岡邦郎，水沢宮雄：アルミ合金の透過異状一特に鍛造組織との関連—日本非破壊検査協会資料，(1968)。
- 11) A. Taylor: X-ray metallography. John Wiley sons. (1961), 54.