共析及び共晶合金における異常組織 (第 4 報)**

三元共晶の異常組織^附共晶及び共析組織^共について

長 崎 久 彌*

Kyuya Nagasaki: Abnormal Structure in Alloys of Eutectic or Eutectoid Type(4th Report)Abnormal Structure in Ternary Eutectic. (Appendix: On the Eutectic or Eutectoid Structure). In ternary alloys of eutectic type, if the length of Ea is longest and that of Ec is shortest as are shown in Fig. 1, it is considered that the structure of alloys of such composition as are indicated on (i) Ea , (ii) Eb and (iii) Ec are formed (i) from primarily separated (A), secondarily separated (C), tertiary separated binary eutectic (B)+(C) and ternary eutectic (A)+(B)+(C), (ii) from primarily separated (B), secondarily separated (C), tertiary separated binary eutectic (B)+(C) and ternary eutectic (A)+(B)+(C) and (iii) from primarily separated (C), secondarily separated binary eutectic (B)+(C) and ternary eutectic (A)+(B)+(C), respectively. Above consideration was confirmed in Cd-Bi-Sn alloy.

In binary alloys the S-side component are the ground mass of binary eutectic or eutectoid structure, in which exist the other side (i.e. P-side) component, if eutectic or eutectoid point S is nearer to P than to K on eutectic or eutectoid line PSK (i.e. $PS < SK$), and vice versa. In ternary alloys (B) are the ground mass of ternary eutectic structure, in which exist (A) accompanied by (C). Some considerations concerning with the above mentioned structure of eutectic or eutectoid were made.

(Received September 10, 1951)

I. 緒 言

三元系における共晶には二つの場合の異常組織が考えられる。すなわち一つは三元共晶前に起る二元共晶で他は三元共晶であるが、前者については第 3 報⁽¹⁾に述べたので本報では三元共晶について考えることとする。

II. 三元共晶合金の凝固過程

三元共晶点を E, 共晶面を Δabc とすれば (Fig. 1), この三元共晶においても二元共晶の場合より考えて Ea , Eb , 及び Ec の長さがその凝固過程に密接な関係のあることが考えられる。すなわち組成 E のメルトを冷却した場合に晶出すべき a, b, 及び c の三固溶体の核発生に難易があるからであり、例えば $Ea > Eb > Ec$ の場合を考えれば E の組成のメルトからの核発生の容易さは $c > b > a$ の順になること、換言すれば c に對する過溶解度面が最上位にあり次に b に對するものがあり最下位に a に對するものがある

ということが考えられる。

以上のことを考慮してまず Ea 上の一線で示される組成のメルトの凝固過程を考えてみるとこととする。このメルトを徐冷すれば (A) の過溶解度面に達して (A) の核発生があり、その生長と共にメルトの組成は (A) の溶解度面上を E に向つて移動する。しかしメルトの組成が E に達してもこの温度では二元系の場合と同様に未だいずれの過溶解度面にも達していないので (A) 以外の新しい晶出はなく最上位にある (C) の過溶解度面まで過冷されてはじめて (C) の核発生がありつづいてこの (C) 核の生長によつて初晶 (A) は (C) によつて囲まれ、以後 (C) の生長と共にメルトの組成は (C) の溶解度面上を移動する。更に過冷されると (A) の過溶解度面に達する前に (B) の過溶解度面に達して (B) の核発生があり、(B) 核の周囲のメルトの組成は (B) の溶解度面上の濃度になろうとするが、この濃度は (C) に對する過溶解度面より下になつてゐるため (C) の核発生もあり (B)+(C) の二元共晶になる。更に過冷されてはじめて (A) の過溶解度面に達して (A) の核発生があり三元共晶になる。すなわち初晶 (A) の周囲に

* 東京工業大學

** 1950 年 4 月本會東京大會に發表

(1) 本誌, B-15 (1951), 16.

(C) があり、さらに (B)+(C) の二元共晶があり地が三元共晶の組織になる。今考えた Ea 上のメルトは従来は單に初晶 (A) につき直ちに三元共晶になるといわれているが正確には上述の如くなるものと考えられる。

上と同様に考えれば Eb 上の組成のメルトの徐冷組織は初晶 (B) の周圍に (C) 及び (B)+(C) の二元共晶があり地が三元共晶になることがわかる。また Ec 上の組成のメルトの徐冷組織は初晶 (C) の周圍に (B)+(C) の二元共晶があり、地が三元共晶になることがわかる。

Ea, Eb または Ec 上以外の組成のメルト、すなわち冷却に際し三元共晶の始まる前に二元共晶の起るものはいずれか二つの過溶解度面まで過冷され二元共晶しつつ冷却し、他の一つの過溶解度面に達して三元共晶となる故その凝固組織は二元共晶の周圍が直ちに三元共晶になることになる。

以上の考察の結果を、Cd-Bi-Sn 系につき確かめてみる。この系は第 3 報⁽¹⁾に示したごとく簡単な三元共晶合金であり、Fig. 1 と對比すれば Cd, Bi 及び Sn はそれぞれ Fig. 1 中の A, B 及び C に相當するものである。従つて Ea 上の組成のメルトの凝固組織は初晶 Cd と三元共晶に先行して晶出した (Sn) 及び (Sn)+(Bi) 二元共晶が地の三元共晶の中にあることになる。このことは Plate 1 中の 1 及び 4 によつて確かめられる。Eb 上の組成のメルトの凝固組

織は初晶 Bi と (Sn) 及び (Bi)+(Sn) 二元共晶とが三元共晶の地の中にあることになる、また Ec 上の組成のメルトの凝固組織は初晶 (Sn) と (Bi)+(Sn) 二元共晶とが三元共晶の地の中にあることになる、これらのことはそれぞれ

Fig. 1

Plate 1 中の 2 及び 5 或いは 3 及び 6 により確かめられる。

Plate 2 は Ea, Eb 或いは Ec 線上以外の組成のメルトの凝固組織で二元共晶に接して三元共晶のある組織になっている。

Plate 1 (1, 4), (2, 5) and (3, 6) Correspond to Alloy of Composition Indicated by 1, 2 and 3 in Fig. 1 Respectively.

Plate 2 Cd-Bi-Sn Alloys. 1, 2, and 3 Correspond to Alloy of Composition Indicated by 4, 5 and 6 in Fig. 1 Respectively.

III. 共析及び共晶組織について

第 1 報⁽¹⁾より本報にわり共晶合金及び共析合金の異常組織と状態図中における共晶点あるいは共析点の位置との關係を述べて來たのであるが、これらのことと關聯して共晶あるいは共析点の位置はまた共晶組織あるいは共析組織とも密接な關係のあることが考えられる。これは前報⁽¹⁾に述べたように共晶(析)線を PSK とすれば、共晶(析)点 S よりも遠い方の側の成分、換言すれば PS と SK とを比

較して長い方の側の成分の生長によつて他方の側の成分が生長するという過程が共晶(析)變化進行の過程に含まれるからである。例えばパーライト變態についていえばこれにはオーステナイト中でセメンタイトが生長し、それに伴

Fig. 2 Al-Cu-Si System.

Fig. 3 Al-Cu-Mg System.

つてセメンタイト周囲のオーステナイトがフェライトに過飽和になつてフェライトが生長するという過程が含まれる。この結果パーライトはフェライトの基地の中にセメンタイトがある組織になり、これは共析点より遠いものが近

1: Al-Si-CuAl₂ ternary eutectic, Si (needle), Al (white), CuAl₂ (matrix, dark)
2: Al-Cu-Mg system, S-compound (dark), Al (white), CuAl₂ matrix, middle tone)
3: Thomas pig. Fe₃C (middle tone), Fe₃P (matrix, white), Pearlite (dark.)

いものの基地の中にあるものである。このことはパーライトに限らず他の共折あるいは共晶合金の場合も同様であり第 1~3 報中の写真により明かである。

Fig. 4 Fe-Fe₃C-Fe₃P System.

以上は二元系の場合であるが、A、B及びCの三元系における共晶組織においてはその凝固過程から考えて三元共晶組織は共晶点からもつとも遠いAが共晶点からもつとも近いCにかこまれてこれらがBの基地の中にある組織になる。これはAの生長によつて他のものゝ生長が誘発される結果三元共晶が進行することゝ関連するものである。例えばCd-Bi-Sn系の三元共晶はBiの地の中にSnにかこまれたCdがある組織になるのであり、これはPlate 1中の2及びPlate 2中の3に明かに認められる。なお他の三元共晶組織も同様な関係になつておりその数例を示すことゝする。

Al-Si-Cuにおける三元共晶点はFig. 2によりわかる

ように(Al)に最も近くSiに最も遠く、従つてこの三元共晶は(Al)に囲まれたSiがCuAl₂の基地の中にある組織になりPlate 3中の1はこれを示している。このPlate 3中の1において針状中間色のものはSi、白色は(Al)で基地の黒色はCuAl₂である。

Al-Mg-Cuにおける三元共晶はFig. 3によりわかるようにS化合物が(Al)に囲まれてCuAl₂の基地の中にあることになり、Plate 3中の2はこれを示している。Plate 3中の2において黒はS化合物、白は(Al)で中間色はCuAl₂の基地である。

Fe-Fe₃C-Fe₃Pの三元共晶すなわちステッドライトはFig. 4によりわかるようにFe₃Pが地になりγを伴つたFe₃Cの結晶がある組織になることが考えられ、このことはPlate 3中の3により確かめられる。Plate 3中の2中の黒色部はγ(パーライトになつてゐる)で大きいのは初晶であり小さいものが共晶中のものである。白色の基地はFe₃Pで中間色の針状のものがFe₃Cである。

IV. 結 言

三元共晶合金の凝固過程を二元共晶合金の場合と類似に過溶解度面の概念を導入して考察した結果、三元共晶においても二元共晶の場合の異常組織に類似する組織が現われ、これは三元共晶面内における共晶点の位置の密接な関係があることが考えられ、この考えの正しいことをCd-Bi-Sn系につき写真を示して証明した。また共晶析点の位置と共晶(析)組織との間にも密接な関係のあることも写真によつて示した。

なお本研究は文部省科學研究費によつてなされたものであることを附記して謝意を表します。