

始め急激に後緩かに増加し、その最大値は 75% Co, 10% Fe 及び 15% Cr の組成に於ける $2.4 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$ である。

(2) ヤング弾性率の温度係数は、上述の組成範囲の大部分に於て負の値を示す。然し合金の組成が不銹不變鋼の組成に近づくと従ひ、始め徐々に後急に減少し、遂には正值に變じて、53% Co, 37% Fe 及び 10% Cr の組成に於ては $+82.0 \times 10^{-3}$ なる正の最大値を示す。

(3) 弾性率の温度係数の正、負兩値の境界に於ては値が全く零となり、所謂エランバーの特性を示す。よつてこれ等の合金に對しコエランバー (Co-elinvlar) なる名稱を與へた。

終りに臨み、實驗中多大の援助を頂いた松本二郎、森祥吉兩氏に對し深く感謝する。尙研究費の一部は日本學術振興會より補助されたもので、同會に對し衷心より謝意を表す。

合金の凝固の際共存する固液兩相の容積變化(第 2 報)

Cu-Pb 軸承合金に関する研究*

高瀬孝夫** 福田元***

Cu-Pb 系合金の凝固の際に起る固液兩相の容積變化を混合比に依り計算し、凝固中に容積の收縮する狀況及び比重變化の狀況を明らかにした。計算結果に依ると液相の收縮の最も著しいのは 954° の偏晶反應でこの際等温的に約 11% 收縮する。固相の容積に對して液相の容積は偏晶反應直前に於て約 4% 小さいが反應を終れば 15% も小さくなる。この著しい變化が Cu-Pb 合金の鑄造の際の收縮集發生に重大な關係を持つものと想像される。尙 327° の Pb の凝固に於ても微量の等温收縮が起る。Pb 含有量と合金の收縮率との關係に就いて見るに 954° の偏晶反應に於ては Pb 36% 附近が最大で 1.6% となり、全凝固區間では Pb 30% 附近に 7.3% といふ 1 箇の極小値が存在し他は Pb 含有量と共に連続的に變化する。次に比重變化に於ても 954° の偏晶反應に於て最も大きく液相自體の比重増加は 11% で固相に對しては反應直前約 4% のものが直後では 17% も液相が大となる。この等温比重變化が本合金の鑄造の際に生ずる Pb 偏析に關係を持つことが想像される。尙 Pb 36~92.5% 間の共軛 2 液相にも比重差が存在し Pb 側の液相が Cu 側の液相よりも約 12~13% 大きい。以上の容積變化及び比重變化と温度との關係より見て本合金は凝固の際に極めて複雑な過程を経るものでこの合金の鑄造の困難さを窺知することが出来る。

(昭和 19 年 7 月 30 日受理)

I. 緒 言

Cu-Pb 合金は凝固範囲の大きいこと、比重偏析傾向の大きいこと、收縮集の多いことその他種々の理由に依りこの合金は極めて鑄造困難で他の合金を鑄造する様な方法では良品を得ることは出来ぬ。現在熔融狀態のものを急冷する方法が一般に行はれて居るがこの方法に於ても細心の注意を拂つて鑄造するにも拘らず同一製品を得ることは極めて困難で、凝固區間の諸條件が極めて微妙な影響を及ぼすことは航空機用ケルメットを製造する技術者の屢々體驗するところであらう。

處で從來迄の研究経過を見るに、この合金の鑄造に関する基礎的研究は比較的少く、最近の主なるものでは丹治氏⁽¹⁾がこの合金の鑄造條件と組織との關係、Pb の偏析、第三元素の影響なきに就いて報告された程度である。

著者等はこの合金系がその熔融狀態及び凝固中に容積

又は比重が如何な様子で變化するかに關して著者の一人が行つた從來同一方法⁽²⁾即ち混合比に依つて理論的に計算を行ひ、この合金が凝固中に極めて複雑な容積又は比重變化の道程を経ること及び凝固中の固液兩相の比重差の大きいことを明らかにし、容積變化の點から考へてもこの合金が鑄造上極めて困難なる性質を有することを明らかにした。

II. 計算結果並に結果に對する考察

第 1 表は計算に必要な Cu 及び Pb の融體並に固體の體膨脹係數及び融解點に於ける比容を示す。これ等の數値に依り直ちに各温度に於ける單體の比容が計算され、從つて比容と逆數關係にある比重が計算される。第 2 表、第 3 表は Cu-Pb 狀態圖より計算された温度降下に伴ふ Pb 濃度の變化、比容、比重の變化及び液相の固相に對する比容、比重の差を 100 分率で示したものである。ここで固相といふのは勿論温度降下の際液相より晶出した Cu のことで、Cu 及び Pb は互に固溶體を作らないから單體としての容積及び比重の變化を採る。

** 川崎航空機工業株式會社

*** 川崎車輛株式會社

* 昭和 18 年 10 月本會第 14 回廣島大會に發表

(1) 丹治、三菱名古屋發動機研究報告、6 (1943)、2 號。

(2) 高瀬、本誌、7 (1943)、26。

次に液相に於ては互に溶解度を有し 95.4° の偏晶反應以下の温度に於ても微量ではあるが Pb 中に Cu が溶解して居る。従つて液相の比容及び比重變化の中には當然これ等の濃度變化が含まれて居る。

斯様にして得られた結果より、濃度變化に依る比容變化を示す、第 1 圖左部の如くなる。同圖中、右部の下端は温度變化に比容變化の關係、上端は同じく温度變化に伴ふ比重變化を表して居る。尙同圖中、曲線 L は液相の變化、曲線 S は固相の變化、従つて $L+S$ は固液兩相即ち合金の變化を示す

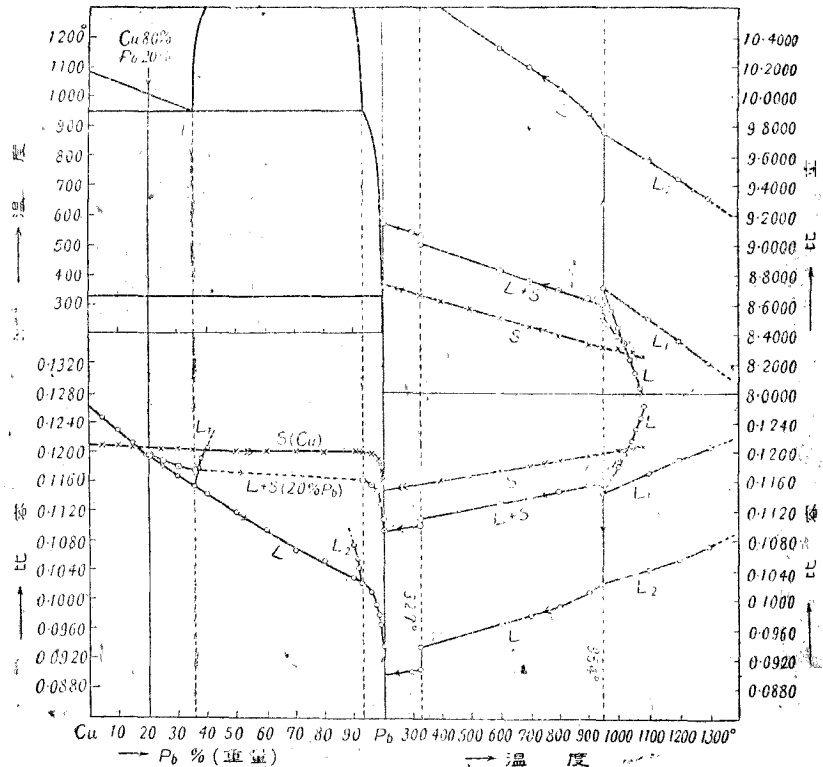
(1) 比 容

先づ濃度變化に伴ふ比容の變化は、第 1 圖左部に於て明らかな如く、Cu 側に於ては 17% Pb 迄は液相が固相より大なる比容を占めこの點を境界として更に Pb 濃度が増せば液相の比容は急激に減少して固相の比容よりも小なる。これは同一温度に於ては、熔融狀態の單體 Pb の比容は固相の比容に比べて著しく小さく、従つて熔融狀態の Pb を含む液相の比容は僅かの Pb 濃度の變化に依つて著しい値の變化を示めず爲で、即ち 17% Pb 迄は熔融狀態の Cu の比容が固相 Cu の比容よりも遙かに大なる爲に Pb 液の比容極めて小なるにも拘らず Cu+Pb 液、即ち液相としての比容が固相のそれよりも大なる値を占めるが 17%Pb を超えれば遂に液相の比容が固相のそれよりも小なる値を持つに至る。以上に對し固相は前述せる如く Pb 濃度に依つて支配されず唯その存在量が温度降下に依つて増

偏晶反應線上 36~92.5%Pb にて互に共軛する 2 液相 L_1 及び L_2 は温度上昇と共に半橢圓狀に溶解度を變化し

第 2 表

| 温度 (°C) | 液相中の Pb の濃度 | 液相の比容 (V_l) | 固相の比容 (V_s) | $\frac{V_l - V_s}{V_s} \times 100$ |
|---------|-------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| 1083 | 0.0 | 0.1260 | 0.1210 | + 4.13 |
| 1045 | 10.0 | 0.1228 | 0.1207 | + 1.74 |
| 1010 | 20.0 | 0.1196 | 0.1205 | - 0.75 |
| 975 | 30.0 | 0.1167 | 0.1202 | - 2.91 |
| 954 | 36.0 | 0.1150 | 0.1200 | - 4.17 |
| 954 | 92.5 | 0.1024 | 0.1200 | -14.67 |
| 800 | 97.5 | 0.0995 | 0.1189 | -16.32 |
| 600 | 99.5 | 0.0969 | 0.1175 | -17.53 |
| 327 | 100.0 | 0.0937 | 0.1155 | -18.87 |
| 327 | 100.0 | 0.0906 | 0.1155 | -21.56 |
| 300 | 100.0 | 0.0904 | 0.1153 | -21.60 |



第 1 圖

第 1 表

| 成分元素 | 熔融點に於ける液體の比容 ⁽¹⁾ | 熔融點に於ける固體の比容 ⁽²⁾ | 液體の膨脹係數 ⁽³⁾ | 固體の膨脹係數 |
|------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|
| Cu | 0.1260 | 0.1210 | 1.9×10^{-4} (1083~1295°) | $3 \times 2.0 \times 10^{-5}$ (1000°) ⁽⁴⁾ |
| Pb | 0.09370 | 0.09060 | 1.23×10^{-4} (327~650°) | $3 \times 3.08 \times 10^{-5}$ (327°) ⁽⁵⁾ |

(1) 高瀬, 本誌, 2 (1938), 82. (2) 高瀬, 本誌, 3 (1939), 119.
 (3) International Critical Table Vol. I, P. 102. (4) Landolt Table. (5) 高瀬, 本誌, 2 (1938), 83.

加するだけで飽迄も單體としその容積變化を行ひ、従つて曲線 S で示される如き單調な變化を探る。尙 95.4° の

第 3 表

| 温度 (°C) | 液相中の Pb の濃度 | 液相の比重 (d_l) | 固相の比重 (d_s) | $\frac{d_l - d_s}{d_s} \times 100$ |
|---------|-------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|
| 1083 | 0.0 | 7.9365 | 8.2645 | - 3.97 |
| 1045 | 10.0 | 8.1433 | 8.2850 | - 1.71 |
| 1010 | 20.0 | 8.3612 | 8.2988 | + 0.75 |
| 975 | 30.0 | 8.5691 | 8.3195 | + 3.00 |
| 954 | 36.0 | 8.6957 | 8.3333 | + 4.35 |
| 954 | 92.5 | 9.7664 | 8.3333 | +17.20 |
| 800 | 97.5 | 10.0503 | 8.4104 | +19.50 |
| 600 | 99.5 | 10.3199 | 8.5106 | +21.26 |
| 327 | 100.0 | 10.6724 | 8.6575 | +23.27 |
| 327 | 100.0 | 11.0375 | 8.6575 | +27.49 |
| 300 | 100.0 | 11.0619 | 8.6730 | +27.54 |

限に於て兩溶解度線は閉曲線を形作るものが見られるの

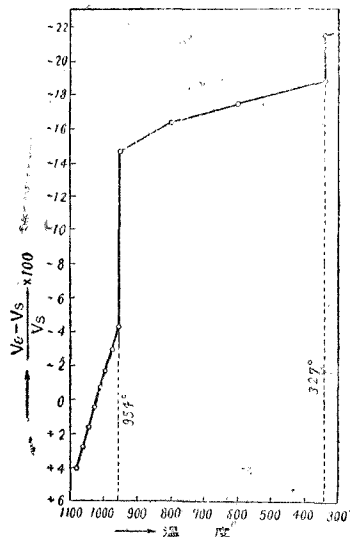
であるが、これに對應する比容曲線も亦その傾向を示して居る。但し L_1 と L_2 とでは L_2 の Pb 濃度が極めて大であるから著しい比容差を示して居る。

以上述べた如く溶解度線に沿ふ處の各々の比容は Pb 濃度が定まれば混合法に依り一義的に計算されるが、固液兩相の和、即ち全體的に見た場合の比容變化に就いては溫度變化と共に兩相の量的割合が變化するから更にこれ等の要素を考慮に入れねばならない。同圖に於て曲線 $L+S$ は 20% Pb の場合に就いて計算されたものである。初晶點は 1010° でこれより 954° の偏晶反應直前迄は液相量が固相量よりも大であるから、従つて曲線は液相線 L に近く片寄るが、然しながら偏晶反應が終れば液相量に比べて固相量が極めて大なる爲に $L+S$ 曲線は固相線 S に接近する。尙點線にて結んだ不連続部分は偏晶反應に依り等溫的に斯かる比容變化を行ふことが容易に想像されるのである。

次に第 1 圖右部の下端は比容と溫度との關係を表したもので溫度降下に依る比容變化、即ち收縮の狀況が良く判る。先づ Cu 側の初晶線に沿ふ液相の收縮曲線は L にて示めされる如く急激な變化を採り、更に 954° の偏晶反應に於て等溫的に比容が 0.1150 より 0.1024 に減少する。この際の收縮量は約 10.9% である。これは偏晶反應に依り Cu が固相として殆ど品出し、残留融液が 36% Pb より一躍 92.5% Pb へ變化する爲その比容が純 Pb に近い値を示めす様になるからである。従つて實際に Cu-Pb 合金を鑄造する際收縮集發生の一つの重大な要素となることが想像される。次に Cu 側の L_1 溶液の收縮曲線が L 溶液の偏晶反應直前の點で、Pb 側の L_2 溶液の收縮曲線が L 溶液の偏晶反應直後の點で交はるのは状態圖よりして當然のことで、その以下の溫度では曲線 L となつて \rightarrow の方向へ變化が進行するが更に 327° の Pb の凝固點に於ても比容が 0.0937% より 0.0906 へ減少する。その等溫收縮量は約 3.3% でこの溫度に於ては最早液相としての Cu は殆ど存在せず、従つて Pb の凝固に依る收縮を見做して良いのである。ところで晶出した固相の Cu は既に述べた如く單體としての收縮を行ひその狀況は溫度に關する一次曲線として表はされ、従つて曲線 S で示される。然しながら液相と固相の和として全體的に見た收縮狀況は曲線 $L+S$ で示される如く、954° に於て等溫收縮を起すがその量は勿論液相のみの場合よりも甚だ小で約 0.8% 程度である。但しこれは前述の如く 20% Pb の場合で、實際は Pb 濃度、従つて共存する固液兩相の量的割合に依つて勿論變化するもので、20% Pb では 954° 迄に晶出した固相はその量的割合に於て残留液相と略々等しく、従つてそれ等の量的割合を考慮に入れた計算では見掛けの等溫收縮量は小さい値となつて表はれるのであ

る。尙この收縮曲線は 327° に於ても微量等溫收縮を行ふが、これは残留液相中の Pb の凝固に依るものであることは既に述べたがこの收縮量も Pb 濃度の増すにつれて増加するものである。

次に第 2 表の右端は液相の固相に對する比容差を 100 分率で示したものであるが、この比容差と溫度との關係は第 2 圖で與へられる。この圖に於て明らかな如く最も急激な收縮を起すのは 954° の偏晶反應で直前に 4.2% の比容差を示した液相が直後に於ては 14.7% も小なる。即ちこの溫度に於ける液相の收縮が固相に比べて甚だ大なることを示して居る。なほ 327° に於ても残留液相の凝固の爲に直前 18.8% の比容差が直後には 21.6% に變化する。以上の特定溫度以外の凝固範圍に於ては圖に示される如く連続的に收縮が起るが、これ等の場合固相が線狀に收縮するために對應する液相の收縮狀況が甚だ明瞭となる。



第 2 圖 固體に對する液體の收縮の狀況

處で今一つ問題となるのは 954° の偏晶反應に於てその發生より終了に至る迄の固液兩相の和となつて表はれる合金の收縮量と Pb 濃度の關係及び全凝固範圍に於ける上述の收縮量と Pb 濃度の關係であるが、これに就いては第 4 表、第 5 表及び第 3 圖で與へられる。第 3 圖中下部の曲線が偏晶反應時のもので、先づ Pb 濃度が増すにつれて收縮量も漸次増加し、36% Pb に於て最大値 1.6% となる。更に Pb 濃度が増せば逆に漸次減少する。即ち 36% Pb 迄は Pb 濃度が増すにつれて初晶 Cu の晶出後の残留液相が増し 36% で遂に反應直前ば均一な液相となる。斯かる状態に於てこの反應は等溫的に Cu が二次晶として晶出するのであるから、反應前後に於て固相量が少くない程、言ひ換へれば液相量が多い程、大なる容積變化を起すのは當然である。然しながら 36% Pb を超えれば初晶としての Cu は最早存在せず反應に與るものは共軛 2 液相 L_1 及び L_2 で L_1 は 36% Pb、 L_2 は 92.5% Pb 濃度のものであつて、この場合の等溫變化に於ては固相の收縮と云ふものは勿論考慮外にあり、唯その存在量のみが要素となつて來るのであるから、従つて

つて收縮量も漸次増加し、36% Pb に於て最大値 1.6% となる。更に Pb 濃度が増せば逆に漸次減少する。即ち 36% Pb 迄は Pb 濃度が増すにつれて初晶 Cu の晶出後の残留液相が増し 36% で遂に反應直前ば均一な液相となる。斯かる状態に於てこの反應は等溫的に Cu が二次晶として晶出するのであるから、反應前後に於て固相量が少くない程、言ひ換へれば液相量が多い程、大なる容積變化を起すのは當然である。然しながら 36% Pb を超えれば初晶としての Cu は最早存在せず反應に與るものは共軛 2 液相 L_1 及び L_2 で L_1 は 36% Pb、 L_2 は 92.5% Pb 濃度のものであつて、この場合の等溫變化に於ては固相の收縮と云ふものは勿論考慮外にあり、唯その存在量のみが要素となつて來るのであるから、従つて

L_1 溶液を多量に含む様な組成のものほぎ大なる容積変化を行ふこゝなる。曲線は明らかにこの事を示して居る。次に全凝固範囲に於ける収縮量は同圖中上部の曲線で表はされるがこれは偏晶反應時のものは微かに趣を

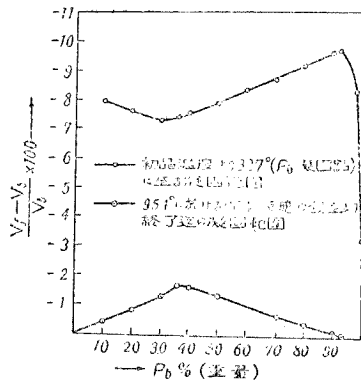
第 4 表

| Pb (%) | 偏晶反應開始時の比容 (V_i) | 偏晶反應終了時の比容 (V_f) | $\frac{V_f - V_i}{V_b} \times 100$ |
|--------|----------------------|----------------------|------------------------------------|
| 0.0 | 0.1200 | 0.1200 | 0.00 |
| 10.0 | 0.1186 | 0.1181 | -0.42 |
| 20.0 | 0.1172 | 0.1162 | -0.83 |
| 30.0 | 0.1158 | 0.1143 | -1.30 |
| 40.0 | 0.1141 | 0.1124 | -1.49 |
| 50.0 | 0.1119 | 0.1105 | -1.25 |
| 60.0 | 0.1099 | 0.1086 | -1.18 |
| 70.0 | 0.1074 | 0.1067 | -0.65 |
| 80.0 | 0.1052 | 0.1048 | -0.33 |
| 90.0 | 0.1030 | 0.1029 | -0.10 |
| 92.5 | 0.1024 | 0.1024 | 0.00 |

第 5 表

| Pb (%) | 凝固範囲 (°C) | 凝固開始時の比容 (V_i) | 凝固終了時の比容 (V_s) | $\frac{V_i - V_s}{V_s} \times 100$ |
|--------|-----------|--------------------|--------------------|------------------------------------|
| 0.0 | 1033~327 | 0.1260 | 0.1155 | -8.33 |
| 10.0 | 1045~327 | 0.1228 | 0.1130 | -7.93 |
| 20.0 | 1010~327 | 0.1196 | 0.1105 | -7.60 |
| 30.0 | 975~327 | 0.1167 | 0.1082 | -7.23 |
| 36.0 | 954~327 | 0.1150 | 0.1065 | -7.39 |
| 40.0 | 954~327 | 0.1141 | 0.1055 | -7.54 |
| 50.0 | 954~327 | 0.1119 | 0.1031 | -7.88 |
| 60.0 | 954~327 | 0.1097 | 0.1006 | -8.29 |
| 70.0 | 954~327 | 0.1074 | 0.0981 | -8.70 |
| 80.0 | 954~327 | 0.1052 | 0.0956 | -9.14 |
| 90.0 | 954~327 | 0.1030 | 0.0931 | -9.59 |
| 92.5 | 954~327 | 0.1024 | 0.0925 | -9.67 |
| 97.5 | 800~327 | 0.0995 | 0.0912 | -8.34 |
| 100.0 | 327~327 | 0.0937 | 0.0906 | -3.31 |

異にして居る。即ちこの計算は36% Pb 迄は初晶線より 327° の共晶線迄の温度範囲に就いて行はれたもので更に 36%Pb より 92.5%Pb 迄は偏晶反應温度より共晶温度迄、92.5% Pb 以上は Pb 側の液相線よりそれぞ



第 3 圖 Cu-Pb 系各組成合金の凝固間に於ける収縮の割合

れ計算されたものである。先づ 36%Pb 迄は Pb 濃度の増加と共に収縮量は漸減して 30%Pb に於て 1 箇の極小値を採り、それより 36% Pb 迄再び増加して行く。この濃度範囲のものは固液兩相の量的關係に更に温度範囲が大なる要素となる。即ち初晶線は Pb 濃度の増加と共により低温に傾くからそれだけ凝固區間が短縮された結果となり、従つて 30% Pb 迄は漸減するが 30~36% Pb に於ては再び増加して行く。これは明らかに液相量の増加に依る影

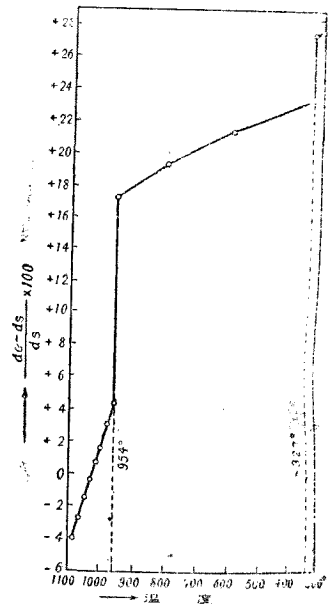
響を見るべきである。36~92.5% Pb 間は前述せる如く液相量の増加、従つてより収縮量が増加するのは當然である。

更に 92.5% Pb 以上に於ては液相線は急激に低温に傾き、且つ Pb 濃度の變化も微小であるから収縮曲線も 92.5% Pb を最大値として急激に減らして行く結果となる。従つて偏晶反應時の収縮量から云へば、30~40% Pb 附近は最も大であるが全凝固過程から見れば 30% Pb 附近は最も収縮量は少くない。以上で Cu-Pb 合金の凝固の際に起る容積變化の狀況が判る。

(2) 比重

比重は各温度に於ける比容が判れば容易に計算される。結果は第 3 表に示してある。同表右端は各温度に於ける固液兩相の比重差を 100 分率で表はしたものである。第 1 圖右部の上端は固相、液相及び固液兩相の和みなつて表はれる比重變化と温度との關係を表はしてあるが、その狀況は比容變化と逆の關係にあるので説明を略するが、第 4 圖の固相に對する液相の比重變化の狀況に就いて考察して見る。この場合も状態圖と比容の關係より容易に判る如く、17% Pb の濃度を有する液相は 1020° に於て共存する固相と同一の比重を持ちそれ以前の濃度に於ては固相がより大なる比重を有して居る。

而して 17% を越せば極く少量の Pb 濃度の増加に於ても急激に液相の比重が増加するが、これは勿論 Pb の比重が Cu に比べて甚だ大なる爲である。尙又状態圖より明らかな如く、温度が降下すれば液相中の Pb 濃度が漸次増加するので液相の固相に對する比重差は急激に増加して行く。



第 4 圖

然しながら最も飛躍的に増加するのは 954° の偏晶反應で直前 4.4% 程度のものが、同一温度で、反應を終了すれば 17.2% も液相が大なる。尙この際液相自身のみでも約 10.9% の比重増加が起る。30% Pb の合金に於てはこの温度で反應前 16.7% の固相は反應を終れば 67.6% に、液相は 83.3% より 32.3% へそれぞれ量的割合を變化するもので、反應終了後も尙多量の液相を含むから、Pb の偏析は先づ偏晶反應温度で共存する 36% Pb の液相及

び 92.5%Pb の液相の相互間の問題となる譯で、この溫度附近の冷却速度及び遠心力は Pb の偏析に重大な意味をもつものと考えられる。偏晶反應を終れば固相の Cu が大部分を占むるので、この場合の Pb 偏析は又違った意味に於て起る譯である。

第 6 表

| 溫度 (°C) | L ₁ 溶液中の Pb 濃度 | L ₂ 溶液中の Pb 濃度 | L ₁ 溶液の比重 (d ₁) | L ₂ 溶液の比重 (d ₂) | $\frac{d_2 - d_1}{d_1} \times 100$ |
|---------|---------------------------|---------------------------|--|--|------------------------------------|
| 1300 | 40.0 | 89.5 | 8.2919 | 9.3110 | 12.30 |
| 1200 | 37.5 | 91.0 | 8.3822 | 9.4518 | 12.76 |
| 1100 | 36.5 | 92.0 | 8.5034 | 9.5377 | 12.75 |
| 954 | 36.0 | 92.5 | 8.6957 | 9.7664 | 12.30 |

次に 36~92.5% Pb にて 954° 以上の溫度區域に存在する共軛 2 液相 L₁ 及び L₂ の比重を溫度並に Pb 濃度の關係を第 6 表に示す。尚又その狀況は第 1 圖右部中上端に表はしてある。勿論 Pb に富む L₂ が L₁ より大なる比重を占めて居るが、その比重差の 100 分率は同表右端に示す通り何れも 12~13% 程度である。要するに Pb 濃度が 36% を超えれば比重小なる L₁ は上層に、比重大なる L₂ は下層になり易いことが容易に想像される。

(3) 30% Pb の合金に関する計算結果

最後に實用上最も多く用ひられる Pb 含有量としては大體 20~40% 程度で、従つて 30% Pb の合金の上述の性質は頗る重要な意味をもつものと思はれるのでそれに就いて計算を行つた。

第 7 表 Pb 30% 合金の凝固間に於ける固液兩相の量的割合の變化(重量%)

| 溫度 (°C) | 固相の割合 | 液相の割合 |
|---------|-------|--------|
| 975 | 0.00 | 100.00 |
| 954 | 16.67 | 83.33 |
| 954 | 67.67 | 32.43 |
| 900 | 68.42 | 31.58 |
| 800 | 69.23 | 30.77 |
| 700 | 69.54 | 30.46 |
| 600 | 69.85 | 30.15 |
| 327 | 70.00 | 30.00 |
| 327 | 70.00 | 30.00 |
| 300 | 70.00 | 30.00 |

第 8 表 Pb 30% 合金の凝固間に於ける固液兩相の比容變化

| 溫度 (°C) | 比容 |
|---------|--------|
| 979 | 0.1167 |
| 954 | 0.1153 |
| 954 | 0.1143 |
| 954 | 0.1139 |
| 900 | 0.1129 |
| 800 | 0.1122 |
| 700 | 0.1113 |
| 600 | 0.1099 |
| 327 | 0.1082 |
| 327 | 0.1078 |
| 300 | 0.1071 |

第 9 表 Pb 30% 合金の凝固間に於ける固液兩相の比重變化

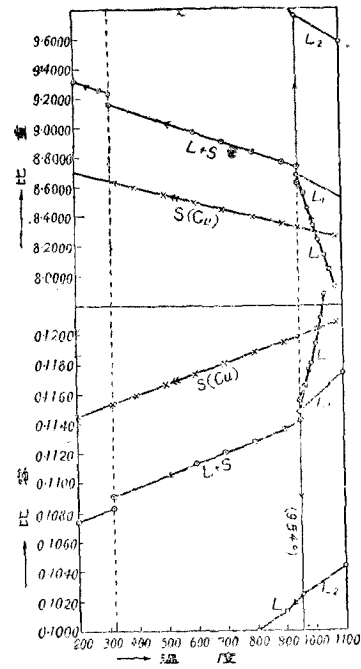
| 溫度 (°C) | 比重 |
|---------|--------|
| 975 | 8.5691 |
| 954 | 8.6356 |
| 954 | 8.7402 |
| 900 | 8.7800 |
| 800 | 8.8477 |
| 700 | 8.9127 |
| 600 | 8.9847 |
| 327 | 9.1743 |
| 327 | 9.2421 |
| 300 | 9.2765 |

先づ 30% Pb 合金の凝固區間に於ける固液兩相の量的割合を第 7 表に示す。初晶溫度は 975° で途中 954° で偏晶反應をおこす結果、固相は 16.7% より 67.6% へ飛躍的に増加し、液相は 83.3% より 32.4% へ急激に減少する。次に偏晶反應終了後も約 2.4% に相當する Cu の二次晶が漸次晶出して 327° で凝固を完了する(但し微量共晶を無視する)。第 8 表、第 9 表はこれ等の量的割合の變化に依つて計算された合金の比容及び比重の變化を表はし、

第 5 圖は下端に溫度と比容、上端に溫度と比重の變化の狀況を表はすものである。これ等の詳しい説明は既に述べたので省略する。

以上 Cu-Pb 合金に就いて、固相のみに着目した場合、

液相のみに着目した場合及び固液兩相が共存する際の量的割合を考慮に入れた合金全體の場合、これ等の三つに就いてそれぞれの容積變化及び比重變化の狀況が明らかになつた。



第 5 圖 Cu 70%, Pb 30% 合金

III. 總 括

(1) Cu-Pb 合金の凝固の際に起る收縮の狀況を明らかにし、本合金は他の鑄造用合金に比して極めて複雑な過程を経るもので、合金の收縮率、高温龜裂 (Al 合金には微量共晶を含む

の多い) 等の點から見ても極めて鑄造し難い合金であることが判つた。

(2) 偏析の點から見ても晶出した Cu を残留溶液までは極めて比重差の多い合金で、特に遠心鑄造法に依つてケルメットを鑄造する場合は上述の他に極めて大きい遠心力が作用するので偏析を助長する。従つて軸受に於ては偏析した Pb を實際使用軸受面外に置く様

に鑄造すべきである。

(3) 上記の計算は平衡狀態の場合で、實際に鑄造を行ふ際は急冷に依つて起る過冷、擴散不充分、歪、逆偏析その他の現象及び更に瓦斯の問題、酸化等種々の複雑な要素が加はり、上述の凝固過程を一層複雑化するであらうし、遠心鑄造法は更に遠心力と比重との關係も加はるので益々凝固過程を複雑化するものと思はれる。