

熔融合金の流動性に就て

森 田 志 郎

合金はその合金元素量によつて物理的性質が變化し、又或る溫度範圍で凝固するから、その流動性は純金屬の如く理論的計算で求める事も實驗的に測定する事も容易でない。私は茲に金屬の場合と同じ装置及び方法にてマグネシウム及びアルミニウム合金の流動性を測定した結果に基いて合金の流動性を論じた。

純金屬に合金元素を加へるとその凝固溫度が變るから合金元素量の如何に關せず一定溫度で鑄込む事は鑄込と凝固開始との溫度差が異り、液體で流れる時間に大小を生じ、その効果が流動性の値に表はれるから、合金元素添加の影響を知るには適しない。この場合平衡狀態圖を用ひてその成分に對應する液相線より上一定の溫度で鑄込めば、合金元素量によつて比熱が多少異なるけれども、液相線以上の溫度にて略同程度の熱容量を有するものと假定してその影響を略同一にする事が出来るであらう。

又アルミニウム合金では流動性試片に先端迄湯道を充たした場合と一部不完全充滿部のある場合があつた。流動性は「鑄型を完全に充たす能力」であるからこの結果の處理は流動性測定に於て甚だ重要である。從來の研究者でこの現象を特記した者は一二に過ぎず、しかもその處理法を明示して居ない。私はこれを特に重要視し、全長と完全充滿部の長さにと就て合金成分——流動性曲線を描き、異種合金系の流動性の比較には兩者の差をとりその大小を評價する事にし、全長は大でも完全部が短いものは流動性悪く、たとへ全長が小でも完全に充滿せるものの方が流動性良好とし、兩者の差の同じ時は勿論全長大なる程流動性良好とした。同一合金系では兩曲線の傾向は略同様であるからいづれを探るも大差はない。

實驗の結果、マグネシウムの流動性は合金元素少量添加により激減した。Al 5%では10%より流動性悪く、Al 30 及 40%では純地金より勝り、Zn 2%迄は流動性減じ、2~3%では殆ど變化なく、Mn 0.5%では變化なく、Cu 1%では著減した。

又アルミニウム二元合金では Cu 4%迄は減じ、それより 33%迄は略直線的に増す。Si は約 2%迄流動性を減じ、それより約15%迄増す。Zn は約 3%迄激減し、尙 10%迄減少の傾向あり、20%迄は漸増するが20%以上では變化がない。Mg は約 3%迄流動性を減じそれより16%迄は漸減す。Mn は約 1%迄稍低下し 3~4%で著増し、4%以上では又激減する。Ni は約 1%まで激減し、それより 5.5%までは僅に減少する。鐵は 0.5%迄流動性を急減し漸次減少せしめ 2%附近より増大させる。

上述の結果より二元合金の流動性とその平衡狀態圖との間にある關係の存在が豫想される。先に Portevin 等は低融點合金に就ての研究から純金屬、金屬間化合物、共晶等の如く、定點で

凝固する合金の流動性は甚だ良く、凝固温度範囲の増すに伴ひて流動性が減る、この現象は鑄型内に流れる合金が或温度範囲で固液兩相の共存する甚だ粘い状態を経て凝固する事に起因すると説明したが、彼等が平衡状態圖と鑄型内を流れつゝ急冷する凝固過程とを單純に對應させてゐる點に疑問がある。勿論凝固範囲に比し甚だ大きい熱容量を有する高温度より鑄込む場合にはかゝる對應も可能と思はれるが、これは實際的ではない。

鑄型内を速に流れる合金は先づ壁に接した部分が急冷し凝固し初め漸次内方に向つて樹枝狀晶を生じ、その中間を縫ふて中心部を固相を交へない融體が流れるが、それも液相線温度に下ると甚だ粘くなり遂に全く凝固して流れが止まる。純金屬の場合は結晶が壁より略均一に發達すると思はれる。今凝固量が等しいとすれば、固相を交へない殘液が自由に流れ得る斷面積は前者よりも後者が大きいから、純金屬等の凝固範囲のないものゝ流動性が良いと考へられる。故に二元合金の流動性の良否は凝固温度範囲の大小により一應説明できるが、單に固相を交へた液體の粘性の大きさに支配されるのではなく合金の凝固過程が最も大きい影響を與へるものと思はれる。

そこで流動性試片の斷面の顯微鏡組織を詳細に系統的に研究しそれらの凝固過程を明にし、上記の結果を理論的に説明する事が出來た。即ち熔融合金が鑄型内に流入した時過冷するから、融體が平衡状態の液相線温度に達しても尙液態で流れ得る。この熔體中に結晶核が生成され晶出し初めると發熱により昇温し過冷も減じて初めて前述の凝固過程をとり凝固温度範囲に影響されるのであらう。平衡状態で凝固範囲の大きい Si 約16%又は Mn 3~4 %の過共晶 Al 合金でも初晶固溶體を析出するが恰も共晶の如く甚だ流動性良く、Al を含む Mg 合金及び Cu 或は Zn を含む Al 合金は結晶偏析の爲平衡状態の最大固溶解度成分より少い含量で既に共晶反應を行ひ流動性が極小となり、平衡状態で共晶又は共晶に近い Si 10.87%, Fe 1.7%, Ni 5% 等を含む Al 合金でもある温度範囲で凝固する爲に流動性の悪いのはいづれも過冷による結果である。Cu 33%の共晶 Al 合金は全く共晶組織で凝固し流動性も甚だ良く、Al に Si 又は Mg が固溶體範囲で含まれる場合にその流動性が最大固溶解度成分迄漸減する事等は過冷の度の少い結果であらう。

要之、二元合金の流動性は特に凝固温度範囲に著しく支配されるが、實際鑄造される合金は鑄型内を流れつゝ冷える速度が平衡状態より遙に大きい故に過冷状態で流れ得る場合もあるから、過冷の大小が合金の流動性を支配する決定的因子の一つであると考へられる。又過冷の難易は合金の種類により異ると思はれるから、これも亦重要な因子であらう。これについて結晶偏析の程度の大小も亦重要な影響因子である事が認められる。

二元合金の研究結果より得たる上述の理論が一般に多元系合金の場合に適用し得るとは言へないが、工業用エレクトロン4種に就ての實驗結果より各種の合金元素の中で比較的多い Al の影響が他元素より著しく表はれた事より推察して、同様な現象の起るであらう事が豫想される。しかしこの點は尙今後に解決されるべき問題である。