

Ⅱ-7. 液体金属の粘性測定 of 技術的問題点

阪大・工 森 田 善 一 郎

§ 1. はじめに

原子(イオン)輸送現象の立場から液体金属の粘性理論をその測定値と対比して評価し、あるいは構造敏感な粘性特性を利用してその測定結果から液体構造を推論する場合、最も大切なことは、それらの測定が高精度になされ、測定値の信頼度がきわめて高いものでなければならないことは今さらその言をまたない。ところで従来の液体金属の粘性測定結果をみるに、同一金属あるいは同一組成の合金であっても測定者、測定法によってその値を著しく異にすることが多い。また当然のことながらこの傾向は高温におけるほど著しい。この原因を考察するに、粘性測定に付随する技術的諸困難さもさることながら、むしろ測定理論の根底となるべき仮定や境界条件が十分に満足されていない状態のもとで測定がなされたのではないかという点で疑問を感じる。

粘性測定法としては種々の方法が知られているが、液体金属を対象としたものとしては細管法・振動法が最も適しているといえる。なかでも細管法は Hagen-Poiseuille の法則に直接もとづくもので、理論的に最も確立された方法であり、測定精度からみても確かにすぐれているが、高温では粘度計(細管)の材質、機構などの点に問題があるため、その使用は比較的低温度の測定に限られている。本法によって粘性測定を実施する場合、測定精度に影響を及ぼすような問題点として細管の形状や管壁における液体のすべりなどを指摘するが、これらは技術的に比較的克服されやすく、また最近これらの問題について検討した論文¹⁾があるので、詳細はそれらを参照されたい。

一方たとえば、溶鉄のような高温融体の粘性測定には細管法は現時点では適用不能であり、一般に真空あるいは不活性ガス雰囲気中での測定が可能であり試料容器として耐火物るつぼが使用しうるという利点のため、振動法、なかでもるつぼ回転振動法がよく用いられる。しかしながら本法には測定装置作製上あるいは測定上測定結果の精度に重大なる影響をもたらすような多くの問題点

を内在し、従来の測定値の不一致の多くはこれに帰因するものと考えてよいであろう。筆者らは高温での液体金属の粘性を測定するにあたり、装置を試作し、これらの基礎的な諸問題について検討を加え、興味ある事実を明らかにし得たので、これらにもとずきるところ回転振動法による粘性測定上留意すべき問題点を指摘することにする。なお筆者らの検討結果の詳細については文献²⁾を参照されたい。

§ 2. るつぼ回転振動法の問題点

2.1 測定装置作製上の問題点

測定装置作製に際して留意すべき点を列挙すれば次のごとくである。

- 1) 懸垂線の内部摩擦，雰囲気中の粘性に対する寄与，捲線抵抗炉の誘導磁場による減衰などができるだけ小さいこと。
- 2) 雰囲気中の対流による回転振動への影響が少ないこと。
- 3) 回転振動に横揺れを生じないこと
- 4) 振動周期，慣性モーメント，るつぼ寸法が適当な大きさであること。

2.2 測定上の問題点

測定時に留意すべき事項を以下に列挙する。

- 1) 液体試料に回転振動を与えた場合，その流動は層流条件を満足し減衰振動は調和振動をすることが必要である。そのためには振動周期の大きさが適当でなければならない。Fig. 1 は筆者らが二三の試料および空るつぼについて求めた振動周期と対数減衰率との関係を示したもので，周期が極端に短い場合には液体試料の流動に乱れを生じ，誤った結果を導びくおそれがあることを示している。また振動周期が正確に測定されねばならないことはいうまでもない。
- 2) 測定時に雰囲気中の対流などによる影響ができるだけ少なくなければならない。Fig. 2 および Fig. 3 は筆者らが求めた対数減衰率に及ぼす温度および各種雰囲気の影響を示したものであるが，これらは高温における測定雰囲気としてはArは適当でなく，減圧またはHe 雰囲気中で測定がなされることが望ましいことを示している。

- 3) 対数減衰率を求める場合、減衰振動振幅の観測ができるだけ高精度になされるような配慮が望ましい。筆者らは従来行なわれてきたランプスケール方式による肉眼観察にかわって光学的に減衰挙動を検出する方法を採用し好結果を得ている。
- 4) 測定時、液体試料のメニスカス効果を可及的に少なくするよう留意しなければならない。そのためには試料体積にくらべて試料表面積が小さい方が望ましい。Fig. 4 は筆者らが同一容器を用いて水銀の対数減衰率及ぼす試料容積の影響を求めたもので、試料容積の少ない場合メニスカス効果が存在することを示している。
- 5) 測定に使用するるつぼの形状が理想的であり、かつ寸法ができるだけそろっていることが必要である。また熔融金属とるつぼとの反応およびそれによるるつぼの侵食をできるだけ防ぐよう留意しなければならない。たとえば酸化物耐火るつぼを容器として使用する場合、長時間の測定ではるつぼと試料との反応が起り、そのために測定結果に大きな誤差を招く危険がある。
- 6) 粘度標準試料を用いて測定ごとに装置定数が正確に求められねばならない。
- 7) 粘度を装置定数による実験式から導出する際および試料の体積膨脹による対数減衰率の補正に際し液体試料の正確なる密度値を使用しなければならない。密度値が不確かであれば当然粘度値も不確かとなる。理想としては、粘性測定を実施する場合あらかじめ同一試料について正確な密度測定を行ない、それによって得られた密度値を採用するのが望ましい。
- 8) 液体構造を論ずるような場合には、小さな温度および組成間隔で数多くの測定を実施すべきである。

§ 3. おわりに

以上るつぼ回転振動法を中心に、液体金属の粘性測定における技術的問題点を指摘した。このような立場からみれば、従来多くの測定者により実験的に求められ引用されている測定値であつても、さらに吟味検討を要するものがかな

りあるのではなからうか。またそこには粘性理論あるいは液体構造に関して新しい情報をもたらす可能性が残されていると考えるのは筆者の独断に過ぎるものであろうか。

参 考 文 献

- 1) 竹内, 森田, 飯田: “細管法による金属液体の粘度測定法に関する基礎的検討”, 日本金属学会誌, 35, No.3, (1971) p. 211
- 2) 森田, 荻野, 射場, 前花, 足立: “熔融金属のるつぽ回転振動式粘性測定法に関する基礎的研究”, 鉄と鋼, 56, No.13, (1970) p. 1613

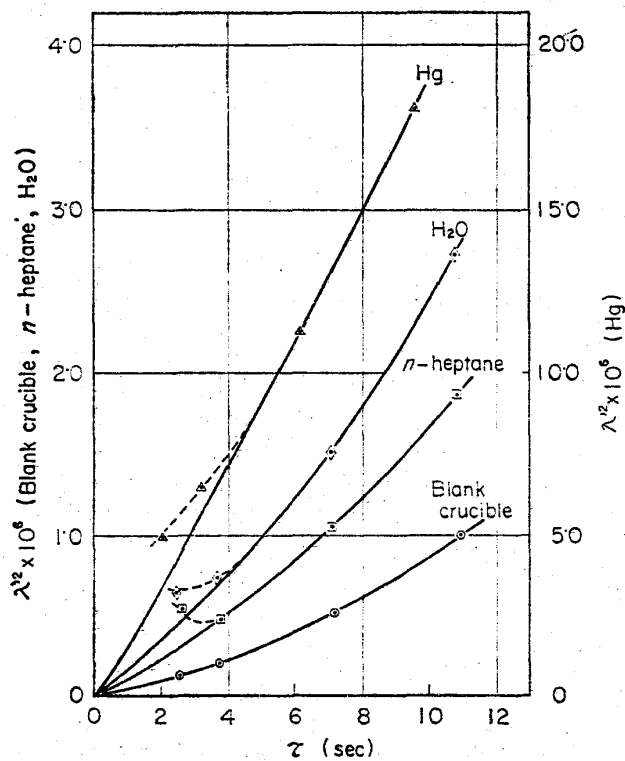


Fig. 1 Relations between logarithmic decrement and oscillation period on various specimens and blank crucible at room temperature.

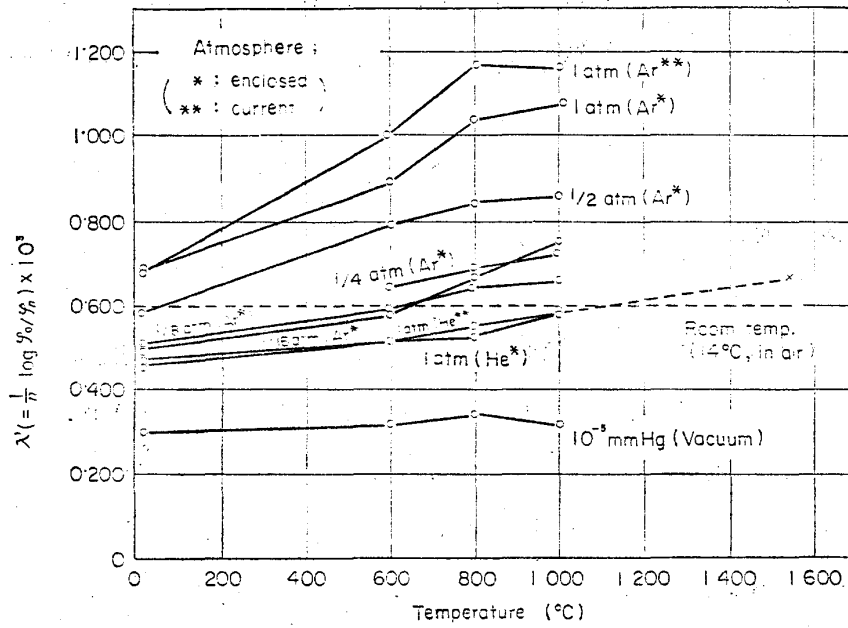


Fig. 2 Effects of temperature on logarithmic decrement, λ' , in various atmospheres.

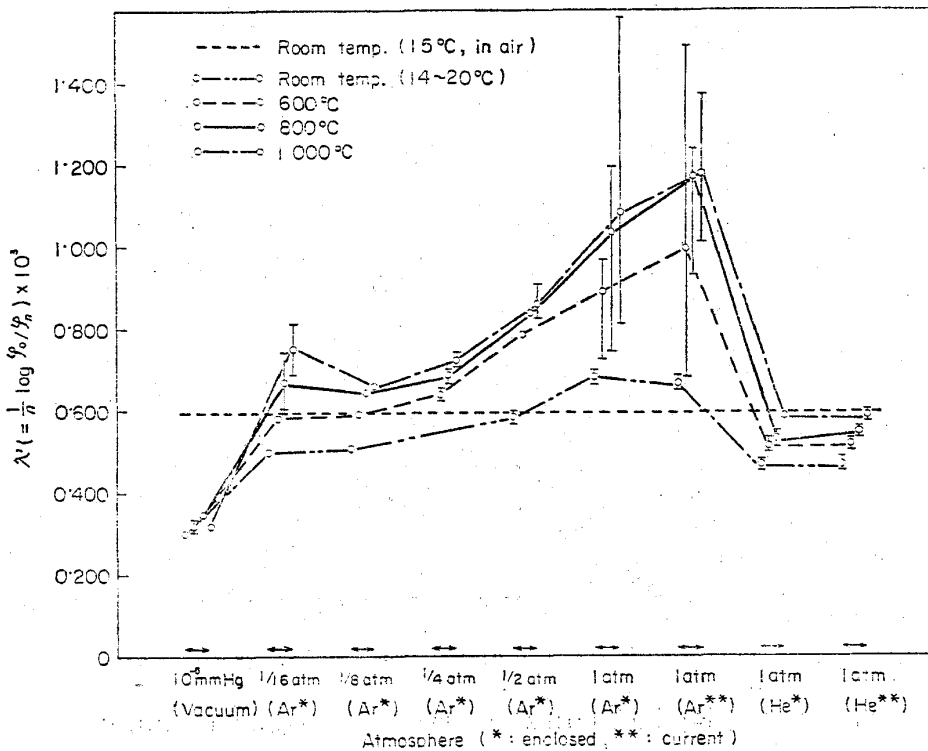


Fig. 3 Effects of atmosphere on logarithmic decrement, λ' , at various temperatures.

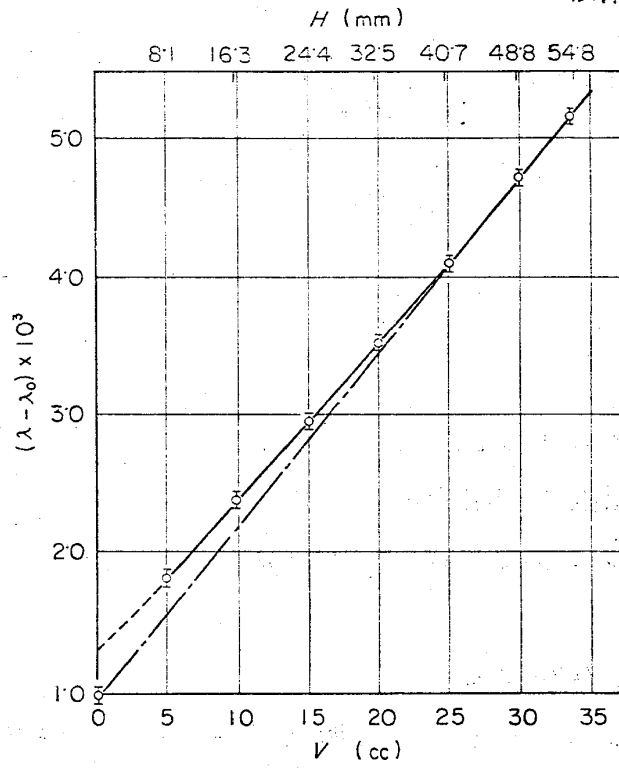


Fig. 4 Relation between $(\lambda - \lambda_0)$ and volume or height of liquid specimen (Hg) at room temperature.