

1-4 液体金属流れ系におけるキャビテーション初生条件の検討
 矢田 浩基 (運転・保全技術開発G r.)

要旨

本研究では内部流体に液体金属を使用可能なループ型のキャビテーション試験装置を開発し、水中及び融点が68℃の低融点合金中それぞれのキャビテーション初生条件について噴流試験により実験的に検討を行い、キャビテーション初生は水中と液体金属中とでほとんど差がないことを明らかにした。

1. 研究目的

キャビテーションは流体の圧力が部分的に蒸気圧以下に低下したときに気泡が生じる現象であり、キャビテーション気泡が後流の圧力の回復する場所で消滅するときに衝撃波やマイクロジェットが発生して流体機器を損傷させる。液体金属流れ系でのキャビテーションに関する研究は、水中に比べ特殊なケースであることや実験の困難さから、水中のキャビテーション研究に比べ、ほとんど行われていない。

一方で、液体金属中でのキャビテーション壊食速度は水中よりも速いことが報告されており、キャビテーションの初生条件を十分に知ることは、ナトリウムを冷却材とする高速増殖炉配管や流体機器でのキャビテーション壊食を予測、防止するために非常に重要である。

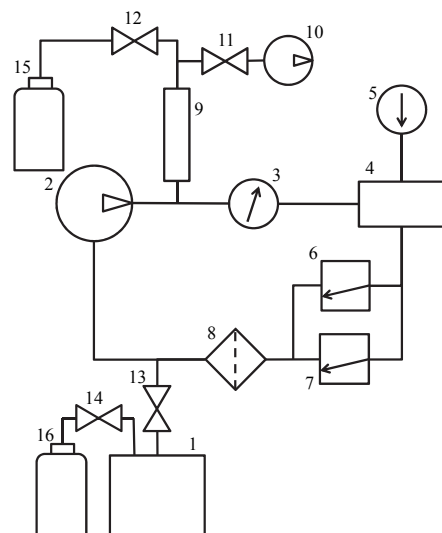
本研究では液体金属流れ系でのキャビテーション初生についての実験データを拡充するため、試験装置を開発し、液体金属中キャビテーション初生条件について実験的に検討を行った。

2. 試験装置及び試験方法

本研究では ASTM G134-95 に準拠して、液体金属中キャビテーション試験装置を開発した。試験装置の概略図を Fig.1 に示す。試験装置は、試験流体に Bi、Pb、Sn、Cd からなる融点が68℃の低融点合金（以下、PbBi-68）を使用するため、試験流体の流路に設置されたヒータにより120℃まで昇温可能である。また、液体金属の酸化を防ぐため系統内は Ar ガス雰囲気とした。テストセクションには0.6mm のノズルを設置し、噴流法によりキャビテーションを発生させた。

キャビテーション発生試験は、式(1)により定義されるキャビテーション数 σ をパラメータとして行った。キャビテーション数はキャビテーションの状態を表す無次元数である。

$$\sigma = \frac{P_d - P_v}{P_u - P_d} \quad (1)$$



- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Tank | 7. Pressure-regulating valve |
| 2. Pump | 8. Filter |
| 3. Upstream pressure gage | 9. Accumulator |
| 4. Test section | 10. Vacuum pump |
| 5. Downstream pressure gage | 11-14. Valve |
| 6. Pressure-relief valve | 15, 16. Ar gas tank |

Fig. 1 Liquid metal test circuit

P_d : 下流圧、 P_v : 試験液の蒸気圧、 P_u : 上流圧

キャビテーションの発生は、テストセクションに設置した加速度センサによりキャビテーション気泡崩壊時の衝撃力により生じる振動を測定し、その出力電圧の Root Mean Square (RMS)値により判断した。

3. 試験結果

Fig.2 は PbBi-68 中のキャビテーション数と加速度センサにより検出した RMS 値の関係である。バックグラウンドノイズは実験系により変化するものであるが、本試験では RMS 値で約 7.5 であった。流速 31m/s~40m/s の条件ではキャビテーション数 0.8~0.6 付近を境にキャビテーション数の減少と共に RMS 値の増加が見られ、初生キャビテーション数は 0.8~0.6 であると考えられる。流速 28m/s のデータについては、他の流速とは異なった挙動を示しており、キャビテーション数 0.6 以上では RMS 値はほぼバックグラウンドノイズと同じであり、キャビテーション数 0.6~0.4 付近でキャビテーションが初生する。これはキャビテーションの発生における流速の下限界であることが考えられる。

Fig.3 は、初生キャビテーション数とレイノルズ数の関係を表したグラフである。図には今回の試験結果と合わせて、神山らの水銀中及び水中のデータ、Ardiansyah らのナトリウム中のデータをプロットしている。このように、水、液体金属にかかわらず同一の試験装置を用いた試験では、初生キャビテーション数はほぼ同じ値となる。また、キャビテーション発生の下限界のような低流速域を除いたキャビテーションが安定して発生する流速条件では初生キャビテーション数に対するレイノルズ数の影響は顕著ではない。

以上のように、水中及び PbBi-68 中でキャビテーション発生試験を行い、同一体系での試験であれば、キャビテーション初生条件におよぼす液体種の影響はほとんど見られないことが示された。

本研究は、国立大学法人 福井大学との共同研究として実施したものである。

本稿に関する投稿論文

- [0] 矢田浩基, 金川晃大, 服部修次, “水中及び液体金属中流れ系におけるキャビテーション初生と壊食に関する基礎的研究”, 日本機械学会論文集 B 編 78 巻 788 号, p.811-820(2012)

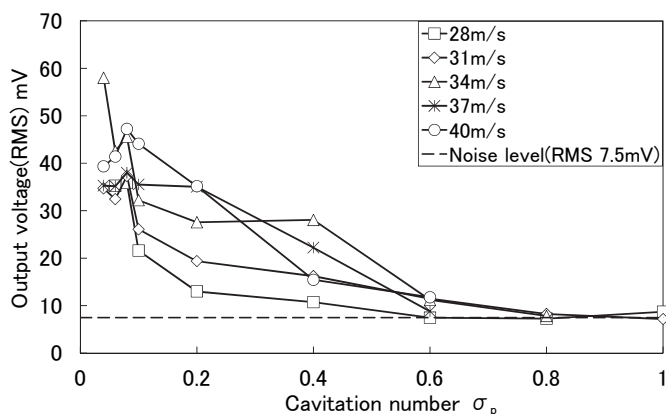


Fig. 2 Relation between RMS and cavitation number (in PbBi-68)

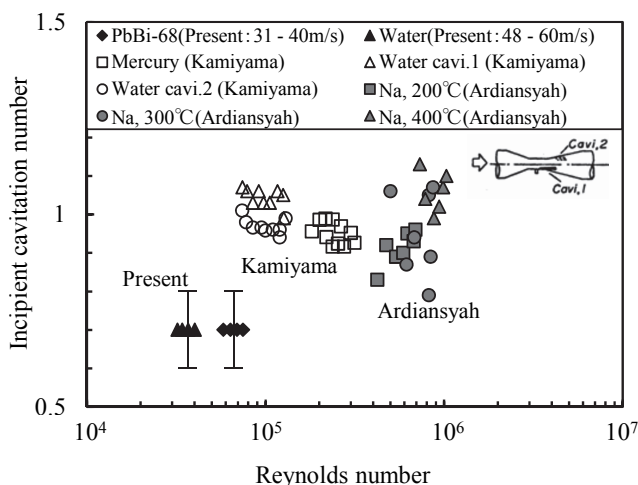


Fig. 3 Relation between incipient cavitation number and Reynolds number