

G1100-1-4 キャビテーション壊食の低減設計について — 絞り出口と噴流衝突面の近傍形状の組合せ効果 —

On Design for Reduction in Cavitation Erosion
— Combination Effects of Geometry Close to Nozzle Outlets and Jet Impinging Surfaces —

○正 風間俊治 (室蘭工大) 熊谷賢人 (現, 日立建機) 正 成田幸仁 (室蘭工大)

Toshiharu KAZAMA, Muroran Institute of Technology, 27-1, Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido
Kento KUMAGAI, Hitachi Construction Machinery
Yukihito NARITA, Muroran Institute of Technology

Focusing on geometrical effects of nozzle outlets and jet-impinging surfaces, the experiment on cavitation erosion was conducted. Three types of nozzle holders and three different height of cylindrical walls or thickness of spacers were prepared; for nine combination the geometrical conditions around the submerged cavitating jet were examined. Tap water was used as the test liquid and the temperature was kept at 40°C. The upstream pressure was specified at 10.1 MPa and the downstream was at 0.2 MPa. The specimens of 15 mm in diameter were made of aluminum alloy. The time evolution of mass loss and cross-sectional profiles of the specimens were measured every 15 min, 30 min or 1 hour. The erosion rates were calculated and the maximum rates were compared. The erosion was minimized at the condition of combination of the nozzle outlets and the specimen surfaces which caused less erosion.

Keywords : Tribology, Fluid power systems, Cavitation erosion, Jet, Geometry design

1. はじめに

キャビテーション¹⁻⁴⁾ならびにキャビテーション気泡の崩壊に因り生じる部材やしゅう動面の壊食は、液体が介する多岐に亘る機械類において深刻な問題となる。著者らは、特に、液圧機器をはじめとする流体関連機器において発現する、キャビテーション気泡を伴う噴流の衝突に基づく壊食の解明と抑制を念頭に、噴流衝突式キャビテーション壊食試験装置^{3,5)}を用いて実験⁶⁻⁷⁾を進めてきた。

本報告では、キャビテーション噴流の絞り出口近傍ならびにその噴流の部材衝突面近傍における複数の形状を互いに組み合わせて、噴流周りの形状が壊食の度合いに及ぼす影響について実験的に調べた結果を述べる。

2. 実験装置ならびに方法

実験装置の主要部となるチャンバーの模式図を Fig. 1 に示す。装置ならびに方法は基本的に既報^{3,6-7)}と同様であるので、詳細は省略する。供試液体には水道水を用いた。

絞り出口部の形状について、これまでの実験結果を踏まえて、壊食量の大小の差異が明瞭に表れる、流路直径 3 mm, 長さ 3 mm のストレート状流路 ($\phi 3S$), 流路直径 6 mm, 長さ 3 mm のストレート状流路 ($\phi 6S$), ねじ加工により流れ直角方向に近似的な凹凸を設けた流路 (M3) の 3 通りの流路形状を選択した (Fig. 2)。同様に、噴流衝突面近傍の形状については、円筒壁や円板スペーサを装着することにより、噴流衝突面とその周囲壁面との高さ $H = -15$ mm (凸面形状), -5 mm (試験片厚さによる凸面形状), 10 mm (凹面形状) の 3 通りを選定した (Fig. 3)。

主な実験パラメータは、上流圧力 (絶対圧) $p_u=10.1$ MPa, キャビテーション係数 $\sigma (=p_d/p_u, p_d$: 下流圧力) =

0.02, 液温 $T=40\pm 1$ °C とした。試験時間 t は、単位時間当たりの壊食量が最大を示す時間を目安に $t=4\sim 100$ h とした。

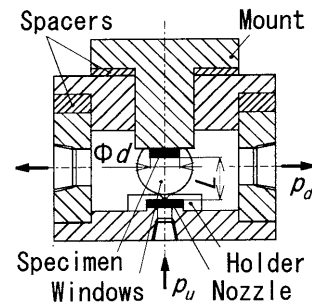


Fig.1 Test chamber of the cavitating jet test rig

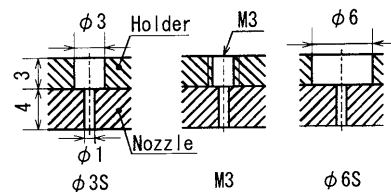


Fig.2 Geometry of outlets of the nozzle ($\phi 3S$, M3, $\phi 6S$)

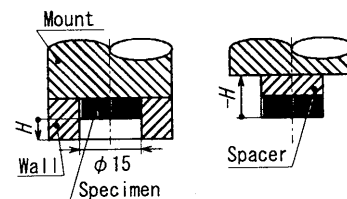


Fig.3 Geometry of impinging surfaces of specimens ($H>0$: concave and $H<0$: convex)

3. 実験結果ならびに考察

Figs. 4, 5 は、それぞれ、壊食量 M および M の時間変化 (壊食率) ER である ($H = -15$ mm). M が大きい場合、試験時間 t が短い範囲で ER が明瞭な最大値を示した。

絞り出口近傍形状の影響を、スタンドオフ距離 L (絞り出口から試験片表面までの中心軸上距離) に対する壊食量 M との関係で Fig. 6 に示す (円筒壁高さ $H = -5$ mm). 壊食量 M は、既報⁶⁻⁷⁾にも示されているように、 $\phi 3S$, $M3$, $\phi 6S$ の順に大きく、壊食量が最大値 M_{max} を採るスタンドオフ距離 L_{max} は、ほぼ一定の値 ($L_{max} = 22.5 \sim 25$ mm) となった。また、噴流衝突面近傍形状の影響 ($\phi 3S$) についても、凸面 ($H = -15$ mm, -5 mm) で M が大きく、凹面 ($H = 10$ mm) で M が顕著に小さくなった (Fig. 7)。

Table 1 は本実験で得られた最大壊食率 ER_{max} をまとめた表である。噴流出口 $\phi 6S$ と凹面衝突面 ($H = 10$ mm) の組み合わせで ER_{max} は著しく小さくなった。

4. むすび

キャビテーションを伴う噴流の衝突に基因する壊食を抑制あるいは低減させることを目的として、3種の絞りの出口形状 ($\phi 3S$, $\phi 6S$, $M3$) および3種の噴流の衝突面形状 ($H = -15$ mm, -5 mm の凸面, $H = 10$ mm の凹面) による計9通りの組み合わせに対して、その相乗的あるいは相殺的な効果を実験的に調べた。本実験には、当時の本学卒業生 高橋 良太 君の助力を得た。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) Knapp, R.T., Daily, J.W., and Hammitt, F.G.: Cavitation, (1970), McGraw-Hill.
- 2) 加藤：キャビテーション，増補版，(1990)，槇書店。
- 3) Yamaguchi, A. and Shimizu, S.: J. Fluids Engineering, Trans. ASME, 109-4 (1987), 442/447.
- 4) Iwai, Y., Okada, T., Tanaka, S.: Wear, 133-2 (1989), 233/243.
- 5) ASTM: G134-95, (1995), 529/540.
- 6) 風間・三浦：日本フルードパワーシステム学会論文集, 38-6 (2007), 77/82.
- 7) Kazama, T., Kumagai, K., Miura, and Y., Narita, Y.: Proc. 9th PRIC-WJT, (2009), 123/131.

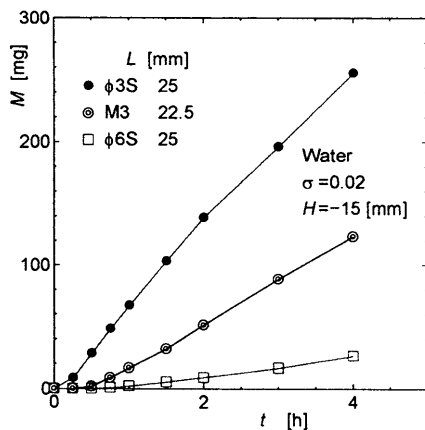


Fig.4 Mass loss M vs. stand-off distance L ($H = -15$ mm)

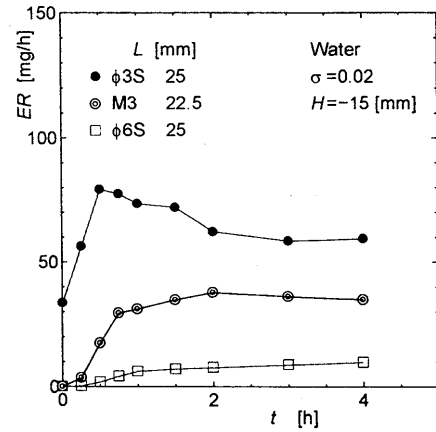


Fig.5 Erosion rate ER vs. stand-off distance L ($H = -15$ mm)

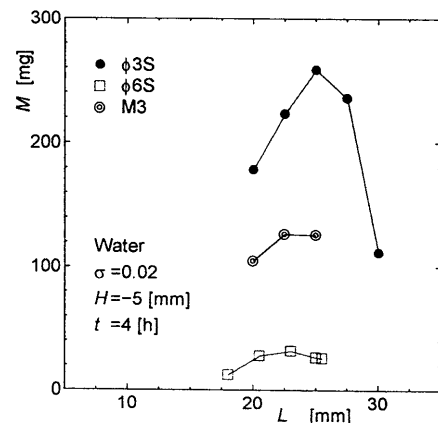


Fig.6 Effects of nozzle outlet geometry on mass loss M vs. stand-off distance L ($H = -5$ mm, $t = 4$ h)

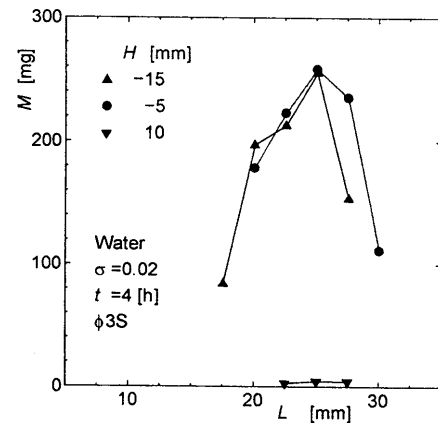


Fig.7 Effects of impinging surface geometry on mass loss M vs. stand-off distance L ($\phi 3S$, $t = 4$ h)

Table 1 Maximum erosion rate ER_{max}

		ER_{max} [mg/h]		
$H =$		-15 mm	-5 mm	10 mm
$\phi 3S$		79.1	90.9	5.0
M3		37.7	38.1	1.3
$\phi 6S$		9.7	11.5	1.1