

表面改質や添加剤を利用した流れの抵抗低減

○小方 聡*1)

1. はじめに

省エネルギーに関連し、流体摩擦抵抗を低減させる技術が注目されている。流体の抵抗や損失は流体と固体壁との相互干渉と考えるならば、その低減を得るためには、流体の流動特性を変えるか、壁面の形状を含めその物理的性質を変えるかの二通りが考えられる。そして、流体の流れのパターンは力学的挙動の異なる層流と乱流があるゆえ、それらの流れの特性に応じて対処する必要がある。流体の特性を変える方法は、トムズ効果に代表される液体中に抵抗低減効果を有する添加剤を添加するものが代表的である。これは、乱流域における流体の乱れの緩和に注目するものである。一方、物理的性質を変える方法は、固体表面を改質し超はっ水性壁にする方法が知られている。これは、壁面での流体のすべりを利用する方法で、主に層流域の流れの抵抗低減効果を得ることができる。本報告では、層流域では壁面改質による抵抗低減手法を、乱流域では添加剤による抵抗低減手法を紹介する。

2. 実験方法

層流・乱流によらず、抵抗減少効果は管内圧力損失の測定により評価する。層流では流路高さが $20\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ 程度の流路を用い、その片側に規則正しくパターンを付加した疎水性壁面を設置し実験を行った。本実験で使用した壁面の一例を図1に示す。一方、乱流域では、内径 $5\sim 20\text{mm}$ 程度の円管内を流れる溶媒(水道水)に天然繊維懸濁液を添加させ測定を行った。天然繊維としてはナタデココや竹を用いた。図2に使用した繊維の一例を示す。

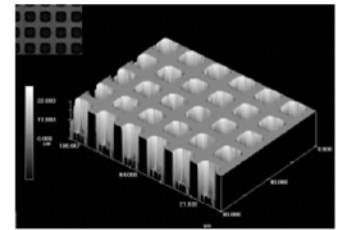


図1. 疎水性の規則的パターンに改質された壁面

3. 結果・考察

図3に疎水性壁面による抵抗減少効果の結果を示す。孔(キャビティ)面積 GR の増加と共に抵抗減少率 DR も増加することが分かる。この低減は、キャビティ内に空気がトラップされることで、その気液界面上で液体が滑るために生じることが数値シミュレーションで示された。一方、本手法は抵抗の減少の他に、パターンを変えれば抵抗の意図的な増加も生じさせることが可能であることも明らかになった。

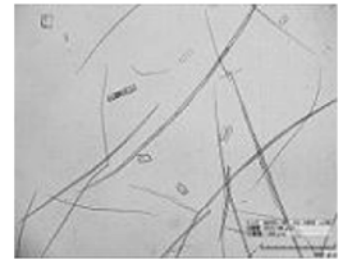


図2. 供試竹繊維

図4に懸濁液の濃度 C_w と抵抗減少率 DR の関係を示す。竹繊維の場合、濃度の増加と共に抵抗減少率も増加し、濃度 3500ppm 程度で 15% 低減することが分かった。竹繊維の場合は、機械的劣化の影響もほとんどなく、実用的に優れていることもわかった。

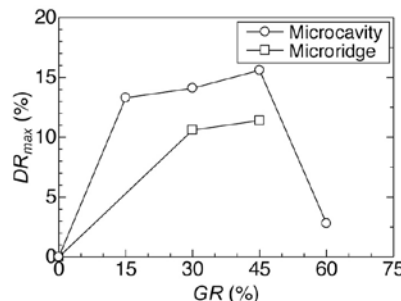


図3. 疎水性壁面の抵抗減少

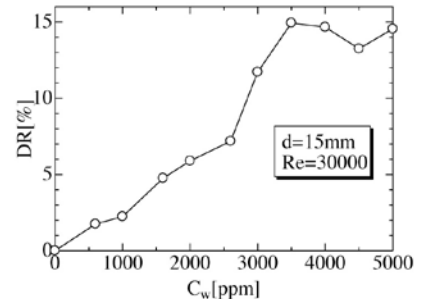


図4. 竹繊維懸濁液の抵抗減少

4. まとめ

表面改質や添加剤の添加により、層流や乱流の抵抗を低減することが可能である。この手法は管内流れなどのパイプラインだけでなく、さまざまな外部流の流れにも応用可能であるため、工業的な利用価値が高いといえる。

*1) 首都大学東京大学院理工学研究科機械工学専攻