

450MW級 高速・大容量揚水機器の開発

9枚羽根ポンプ水車ランナと新素材軸受の開発

Development of a 450 MW-Class High-speed and Large-capacity Device for Pumped Storage Power Plants

Development of a 9-blade Pump Turbine Runner and a Bearing Using a New Material

(工務部 発電電G)

大規模揚水発電所に適用するポンプ水車・発電電動機は、経済性を追求するために単機容量の増大と高速化による小形化が必要となる。今回、9枚羽根ポンプ水車ランナと新素材を採用した軸受を(株)日立製作所、三菱電機(株)、(株)東芝と共同開発し、世界最大級である単機出力450MW級 揚水機器の実現性の確証を得た。

(Hydro Power & Substations Group, Electrical Engineering Department)

In pump turbines and power generators used in large pumped-storage power plants, increasing the capacity of a single generator and the Downsizing by speeding-up is crucial in pursuing economic advantages. We have developed a 9-blade pump turbine runner and a bearing employing a newly developed material in its friction face jointly with Hitachi Ltd., Mitsubishi Electric Corp. and Toshiba Corp. and have the conviction that we are able to realize devices for pumped-storage power plants having a single generator power of 450 MW which is of a world maximum class capacity.

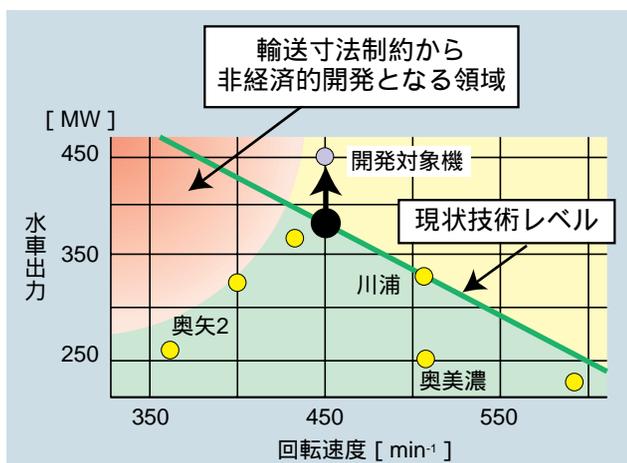
1 研究の目的

ポンプ水車ランナ(以下ランナという)は、回転速度の高速化により小形になると、単位面積当りの羽根の応力が増大する。そのため、応力に耐えられる最適な羽根枚数・羽根形状ランナの開発が必要となる。

また、発電電動機は大容量化すると機器の重量が増えるため、軸受も大形になり軸受損失が増大する。そこで軸受損失の低減のために、増大した重量に耐えられるコンパクトな軸受開発が求められる。

2 研究の概要

(1) ランナの開発



第1図 ポンプ水車の実績

ア 設計手法の検討

開発対象機のポンプ水車ランナは従来実績を大幅に超えているため、ランナの発電・揚水性能の複雑

な相反関係について整理した。それを基に、ランナ設計の手順を体系化した。

イ 基本形状の検討

過去の蓄積データより要求性能を満足する水車ランナ高さ、入口径などの概略寸法を求め、流れ解析で得たランナ羽根形状などを加味して基本形状を決定した。

ウ ランナの構造・強度の確認

羽根1枚当たりの応力を低減するために従来の7枚から9枚に増やして、運転中の各部の応力を解析し、その応力値が従来機と同等であることを確認した。

エ 羽根形状の検討

最新の流れ解析(水の粘性を考慮した3次元乱流解析)手法を用い、ポンプ・水車効率や入口キャビテーション特性などの要求性能を満足する優れた羽根形状を設計した。また、ガイドベーンや上カバーなどの形状を改善し、損失の低減を図った。



第2図 ランナの3次元流れ解析例

オ ランナの製作性・保守性の検討

高速化によるランナの小型化に加え、9枚羽根の採用により、羽根間クリアランスが狭くなることから、

点検・補修作業が困難になると予想された。よって、ランナの羽根間実物大模型を製作し、製作性・保守性について検証した。



第3図 実物大模型



第4図 保守性の確認例（水車出口側）

(2) 新素材軸受の開発

ア すべり面材料の選定

軸受を高面圧化（単位面積当たりの荷重を大きくする）すると、軸受を小さくできる。しかし、高面圧化すると、潤滑油膜が薄くなり回転部と軸受が接触する機会が増加する。

従来の軸受は、すべり面にすず系の合金（ホワイトメタル）が用いられ、回転部との接触が発生すると焼き付いてしまうことがあった。

そこで、金属との化学的結合力が弱く、回転部と接触しても焼き付かない材料という観点からプラスチックに着目し、中でも摩擦係数が小さく、耐熱性に優れているPEEK（ポリ・エーテル・エーテル・ケトン）とPTFE（四フッ化エチレン）を選定した。

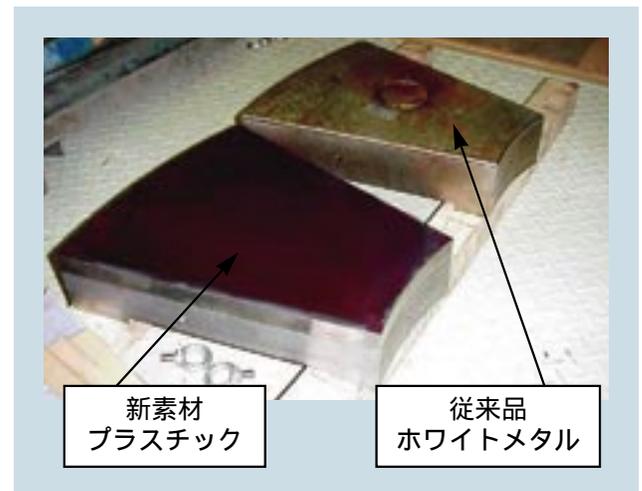
イ 接合方法の検討

プラスチックは金属との化学的結合力が弱いため、金属である台金と高面圧に耐える機械的接合方法の開発が課題であった。そこで、この課題をプラスチックと台金の中に、中間層を設けて接合する方法を開発することで解決した。中間層は、それぞれの材

料特性に適した構造とした。

PEEKブロンズ粒方式

PTFE2重バックメタル方式



第5図 新素材軸受と従来軸受

ウ 軸受特性試験

軸受の構造面の検証として、縮小モデルを作成し、実機運転を模擬したヒートサイクル試験を行った。試験結果より、接合面の十分な耐久性、従来軸受に対する長寿命化が検証できた。

3 研究の成果

(1) ポンプ水車

新しい3次元流れ解析を用い、形状の最適化を行ったことにより、単機出力450MW級ポンプ水車の実現性の見通しを得た。

(2) 新素材軸受

ヒートサイクル試験の結果より、新素材軸受の実現性の確証を得た。この新素材軸受の採用により、高面圧・コンパクト化が可能となり、軸受損失が低減でき、補機の省略が図れる。

4 今後の展開

(1) ポンプ水車

今後は、性能確認のための模型試験を行ったうえで経済性を追求する研究を実施したい。

(2) 新素材軸受

新素材軸受は、一般水力発電所においても補機の簡素化や軸受損失の低減が期待できるため、軸受装置の改修に合わせ、3箇所に応用した。今後は、これらの運転状況を見ながら、経済性を見込める範囲で適用拡大を検討したい。