

樹脂系複合材料軸受の水力発電機への適用

コア コンピタンスと既存先進技術の融合による製品展開

複合材料、トライボロジー、接合のコア コンピタンスと既存の先進技術の融合により高性能な“樹脂系複合材料軸受”を創出しました。これを適用した水力発電機は、発電効率の向上、メンテナンスの簡素化、及び付属設備の省略などにより、膨大な経済効果をもたらしています。

材料の高性能化により、素材産業及びそれを利用した他の産業分野の発展に貢献しています。

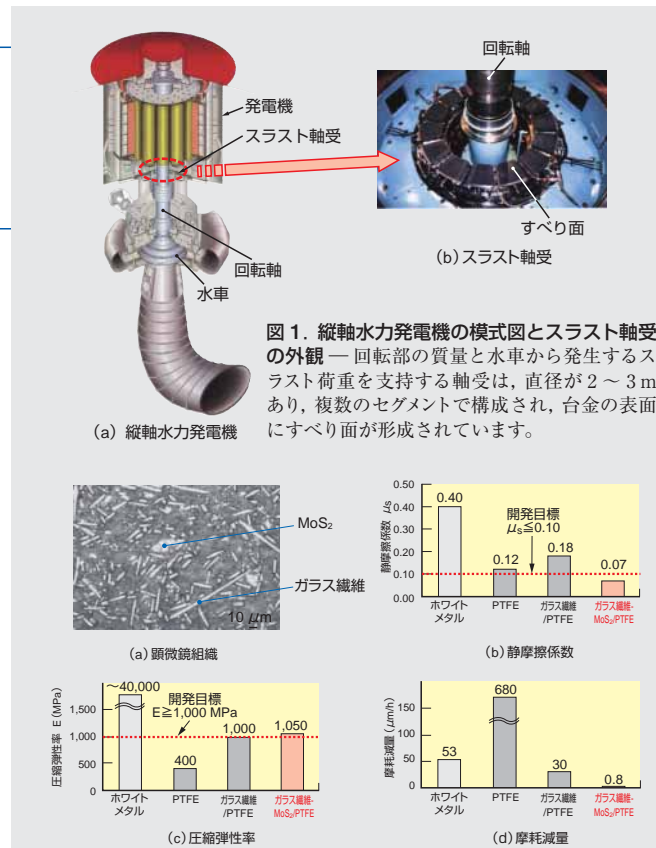


図2 PTFE樹脂系複合材料の組織と代表的な材料特性 — PTFE樹脂にガラス繊維とMoS₂を添加することによって、低摩擦係数を維持しながら圧縮弾性率が向上し、摩擦減量が低減しました。

新しい軸受材料の必要性

近年、エネルギー機器の効率向上を目指した大容量化、高速化、小型化の設計が進み、これらのエネルギー機器に使われる各種軸受のしゅう動条件が厳しくなりつつあります。縦軸水力発電機(図1)では、回転部の質量と水車から発生するスラスト荷重を支持するスラスト軸受が装備され、すべり面材料として、ホワイトメタル(Sn(すず)–Sb(アンチモン)–Cu(銅)合金)が使用されてきました。水力発電機の大容量化と高速化に伴い、軸受の面圧とすべり速度が増大します。また、軸受装置の小型化により、回転部の抵抗が軽減する反面、軸受面圧が増大します。従来のホワイトメタル軸受では面圧とすべり速度の使用限界に達し、凝着や

焼付損傷などを起こすおそれがありますので、すべり面の損傷を防止するため、オイルリフター装置を設け、始動時には油をすべり面に送り込み、油膜を形成した状態で運転しています。また、摩擦による温度上昇を防ぐため、油冷却装置も設けています。このような付属設備及び軸受の点検や補修に多大なコストがかかっており、高性能・高信頼性軸受の要求が高まっています。

樹脂系複合材料技術

四フッ化エチレン(PTFE)樹脂は固体物質で摩擦係数をもっとも低く、しゅう動材料として適していますが、圧縮弾性率が低く、摩擦減量が大きいという弱点があります。そこで、各種セラミックス繊維と潤滑材を添加した樹脂系複合材料を検討し、材料特性の

改善を図りました。その結果、水力発電機での使用条件に適する、優れた機械的性質としゅう動特性を兼備し、更に経済性と汎用性にも優れる軸受材料として、ガラス繊維とMoS₂(二硫化モリブデン)を添加したPTFE樹脂系複合材料を開発しました。代表的な材料特性を図2に示します。

樹脂材料と金属材料の接合技術

水力発電機のスラスト軸受は、図1に示すように、鉄系台金の表面にすべり面を形成した複数のセグメントで構成されています。従来のホワイトメタル軸受では、溶接法や遠心铸造法などで金属どうしを接合し、すべり面を形成しています。しかし、樹脂材料と金属材料の接合界面の合金反応がなく、しかも熱膨張係数の差が大きいため、

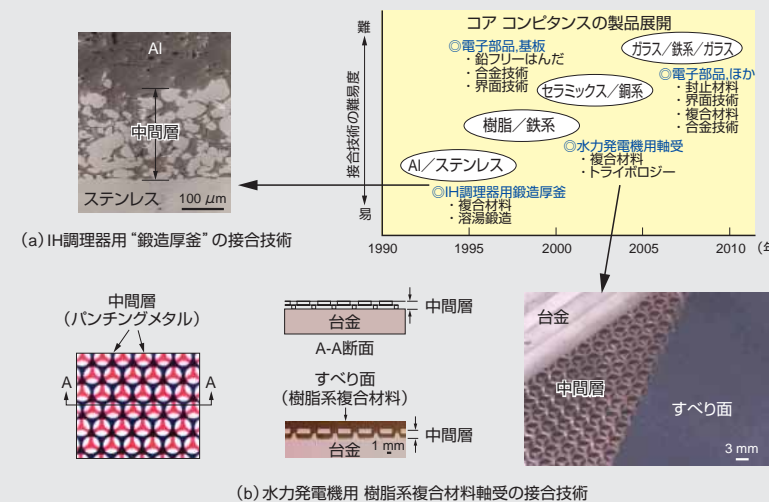


図3 コア コンピタンスの製品への展開 — 熱膨張係数の差が大きく界面反応し難い異種材料の接合界面に中間層を設ける、種々の接合技術を開発しました。これらの基盤技術をほかの製品へ応用展開しています。

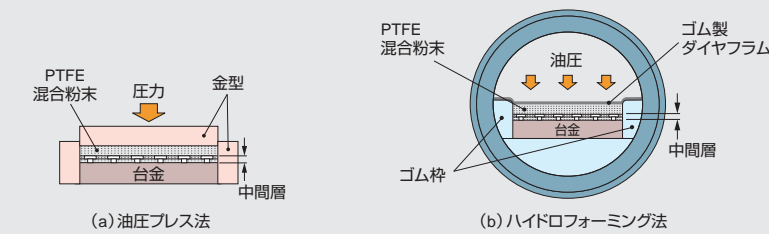


図4 樹脂系複合材料軸受のすべり面成形法の模式図 — 金型を必要とせず、複数の軸受素材を同時に成形できるハイドロフォーミング法を開発し、大幅な製造コストの削減を実現しました。

発電機用軸受の過酷な運転条件に耐えられる十分な接合強度と信頼性を確保することは非常に困難です。

東芝は1993年にIH(電磁誘導加熱)調理器用“鍛造厚釜”のステンレスとAl(アルミニウム)の接合技術を開発し、製品に適用しています。熱膨張係数の差が大きく、合金反応し難いステンレスとAlの接合界面には、図3(a)に示すように、熱応力の緩和とくさび効果を利用した中間層を設けています(特許第3332829号)。これには、ステンレス側に鉄粉末からなる多孔質層を焼結法で形成し、溶融したAlを多孔質層の空間内に含浸させる溶湯鍛造の手法を採用しました。樹脂系複合材料軸受の接合技術もこの基盤技術の延長線上にあります。直径が数メートルに及ぶ大きな水力発電機用軸受では、

貫通孔を持つ2枚のパンチングメタルで構成した多孔質層を考案しました(特許第3194866号, US Patent 6,416,846, EU Patent 0 808 711)。パンチングメタルの重ねる位置をずらして3次元の網目の空間を作り、その空間内に樹脂材料を含浸させることによって、優れた接合強度と信頼性を備える軸受素材を得ました(図3(b))。当社は、1996年に国内で初めて水力発電機に樹脂系複合材料軸受を採用して以降、これまで200台以上の実績があり、軸受性能と信頼性で高い評価を受けています。

水力発電機に樹脂系複合材料軸受を適用することによって、①軸受損失の低減による発電効率の向上、②軸受寿命の延伸、③点検・補修の簡素化、④付属設備の省略などによる経済効果

など、材料の高性能化による素材産業及びそれを利用した他の産業分野の発展に貢献しています。

他の産業分野の先進技術活用

すべり面の樹脂材料の含浸・成形方法として、当初は、中間層を形成した台金を金型内に設置し、樹脂の混合粉末を充てんした後、油圧プレスで加圧成形する方法を採用しました(図4(a))。しかし、水力発電機の発電容量によって軸受の大きさが異なり、この方法では、それぞれに専用の金型が必要となるため、たいへんコスト高となっていました。

そこで、航空機産業でアルミニウム板材の成形に用いられるハイドロフォーミング法(図4(b))の適用を検討し、採用しました。金型を必要とせず、複数の部品を同時に製造できる樹脂粉末成形プロセスを開発して、大幅なコストの削減を実現しました。

今後の展望

樹脂系複合材料軸受は、水力発電機以外のエネルギー機器、自動車、土木・建築、及び一般産業分野などへの用途拡大を検討しています。

また、異種材料の接合技術をほかの製品へ応用展開すべく、金属とセラミックス、金属とガラスなどのはんだ付け、接合、封止のための材料とプロセス技術を開発しています。

タン トロン ロン

電力システム社
電力・社会システム技術開発センター
高機能・絶縁材料開発部主幹