

海水中におけるしゅう動材料の腐食摩耗に関する研究

生産科学研究科 諸星彰三

中国の高度経済成長に牽引されるような国際貿易の飛躍的拡大に伴い、我が国でも海上交通、海洋開発の活発化は大きく進み、中でも安全性、経済性、耐久性が求められるところとなっている。船舶、海洋機器の安全性、耐久性に関しては、海水環境に起因する腐食と摩耗の問題がある。

ところが、これまでの研究を振り返ると、腐食と摩耗は別々に検討されることが多かった。しかしながら、腐食のみを考慮して決定された材料同士を組合せてしゅう動させた場合、摩耗防止の観点からは適当ではない場合が多々あり、損傷機構の基礎的解明とそれに基づいた実用性の高い耐食、耐摩耗技術の確立が待たれるところであった。このような背景を考慮して、「海水中におけるしゅう動材料の腐食摩耗に関する研究」に着手した。本論文の、

第1章では本研究の背景と目的を述べた。

第2章ではこれまでの研究を振り返り、参考になる点と問題点を整理した。海水中で使われるしゅう動材料を直接に対象とした研究や実用化の研究はあまりないものの、一般的に腐食性溶液の関与する腐食と摩耗の共存する環境における腐食と摩耗の相乗作用について知見を得ることができた。

第3章では海水環境でよく使われる代表的金属材料の耐腐食摩耗特性を評価し、損傷挙動を明確にした。すなわち、6種類の金属（S25C、SUJ2、SUS304、Cu、AlBC3、BC2+0.5%Ni）を人工海水中でAl₂O₃とSUJ2に対して滑らせ次の結果を得た。Al₂O₃に対するしゅう動での比摩耗量は電位の大きさの順に高く、カソード防食電位が最も少なく、次いで自然電位、そして腐食電位の場合が最大の摩耗になる。しかし、SUJ2に対するしゅう動では、SUJ2自体が海水で腐食を受けるために、腐食電位の場合が必ずしも最大の摩耗になるとは限らない。また、腐食摩耗の全深さを「腐食」、「機械的摩耗」、そして「これら二つの相互作用」の3段階にクラス分けするとそれらの比率は接触する2面の材料特性と腐食特性に依存する。この比率を利用すれば、各材料の有用な腐食摩耗対策を講じることができることを提示した。特に耐食性が高いために一般に海水中で使用される銅合金においては、わずかな腐食電流で腐食膜が生成し、すべり接触によって摩耗損傷が大きくなることを明らかにした。

第4章では、接触荷重とすべり速度の摩耗率および摩擦係数との関係を明らかにすることを目的として、Fe系（S25C、SUS304、SUS630）およびCu系材料（Cu、BC2、AlBC3）を対象にAl₂O₃と組合せて回転すべり摩擦試験を行った。その結果、摩擦や摩耗に及ぼす荷重やすべり速度の影響は材料によって

異なるが、概して広い荷重およびすべり速度範囲にわたり、Cu系材料はFe系材料よりも低い摩耗率と摩擦係数を示す。Fe系材料で最も硬くて耐食性に優れるSUS630は低速、低荷重域では低い摩耗率を示すが、荷重およびすべり速度の増加とともに摩耗率は急増し、最も耐腐食摩耗性に劣ることが分かった。また、BC2はすべり速度および荷重を変化させても、摩耗率はあまり影響を受けずに低い値を示し、海水中の軸受材料として適している。

第5章では、実用性の高い防食めっき材（Crめっき、Ni-Crめっき、Ni-Pめっき、Niめっき）を対象に、海水中における耐腐食摩耗性の評価と損傷機構の解明を目的として、人工海水中ですべり摩耗試験を行った。その結果、Crめっき材は広範囲の相手材料およびすべり速度において、他のめっき材と比較して良好な耐腐食摩耗性をもつこと、とりわけCrめっき同士のすべり接触において低摩耗量を示すことから海水環境中の実用的なしゅう動部材料、および補修材として有用であることが判明した。ただし、相手材料が Al_2O_3 のようにCrめっきよりも硬い材料の場合はアブレシブ摩耗に支配されるので避けたほうがよいことを提案した。また、Niめっき材は、異種材料との組合せでは良好な耐腐食摩耗性を示すが、Niめっき同士では凝着性が高く硬度が低いために、すべり速度に無関係に摩耗損傷を発生させるので注意を要することが分かった。さらに、Ni-Pめっきは、全ての組合せにおいて高すべり速度で大きな摩耗損傷を発生する。その原因としては、低熱伝導率による摩擦熱の蓄積と凝着力の増加が考えられ、実用には不適であることが明らかになった。

第6章では、カップリング装置などに用いられる揺動すべり軸受材として、腐食が問題にならないといわれる高分子樹脂（フェノール樹脂系、PTFE系、PA系）および銅合金系複合材を選定し、海水中における揺動すべり摩耗試験を行った。その結果、摩耗および焼付きの観点からカップリング装置に適した軸受材として樹脂系ではポリアミド樹脂、銅合金系では固体潤滑材埋め込みの銅合金が推奨できることが分かった。その他、PTFE樹脂系は低摩擦係数を示すが、海水中では比摩耗量が比較的大きい。またフェノール樹脂系は広い荷重範囲にわたり摩擦係数、および比摩耗量ともに大きく、カップリング装置用揺動すべり材料としては適格性に欠ける。銅合金系（固体潤滑材複合焼結材）は焼付きの危険性があり実用には適さないことを明らかにした。

第7章では全体を総括して述べた。

以上のように、本研究論文はこれまであまり研究されてこなかった海水中のしゅう動材料の腐食と摩耗の関係に注目し、実験を通して材料の評価および損傷機構の基礎的解明を行ったものである。