

タービン翼材料の液滴衝突エロージョンの機構論的モデルの開発

Development of mechanical model of droplet erosion on turbine blade material

*川野 昌平¹, 久保 貴博¹, 鹿目 浩正¹, 吉井 敏浩¹

¹ 東芝エネルギーシステムズ

15Cr マルテンサイト系ステンレス鋼の場合、液滴の繰り返し衝突による微細な疲労亀裂進展と切片剥離に伴う浸食ピット形成でエロージョンが進行する^[1]。その浸食挙動をモデル化し、液滴衝突時の発生応力と疲労亀裂進展速度の関係等に仮定を設け、浸食速度の時間依存性を解析した。その結果、時間とともに浸食速度が低下した後一定値に収束する傾向を示し、試験データと比較的よく一致した。

キーワード：タービン翼、液滴衝突エロージョン、浸食、シミュレーション

1. 緒言

液滴が長期間衝突するタービン翼や蒸気配管では、エロージョンによる減肉損傷が発生する場合がある。本研究の目的は、液滴衝突によるエロージョンを損傷機構に基づいて予測するモデルの立案である。その第一報として、液滴エロージョン試験によるデータ取得と詳細な損傷形態観察が実施されている^[1]タービン翼材料の 15Cr マルテンサイト系ステンレス鋼（15Cr 鋼）を対象に、モデル化を試みたので報告する。

2. 方法

噴霧液滴を繰り返し衝突させる回転エロージョン試験を用いて 15Cr 鋼の損傷形態を調査した結果^[1]、初期には材料表面に微細な疲労亀裂が発生し、切片が剥離して凹みが次第に顕著となる。そして浸食ピットが形成され始め、試験後期にはピットが全面に発生し、浸食が進行する。そこで 15Cr 鋼のエロージョンの観察結果に基づいて、損傷機構を以下のようにモデル化した。ピット断面に疲労亀裂が認められることから、液滴の繰り返し衝突力で疲労亀裂が進展し、切片剥離によりピット底に浸食が進行し、ピット深さが増加すると仮定した。そして切片形状を幾何学的にモデル化し、ピット 1 個当たりの浸食深さを求める演算式を、材料の疲労亀裂進展速度や液滴衝突回数を入力変数として設定した。液滴衝突によるピット底の発生応力については、ピット深さと相関があり深さとともに発生応力が減少し浸食が低下すると仮定した。応力と疲労亀裂進展速度の関係については 15Cr 鋼の材料データに基づいて設定した。また液滴衝突回数の影響定数を本報告ではエロージョン試験結果にフィッティングして求めた。

3. 結果

図 1 は、液滴衝突エロージョン試験における浸食速度の時間依存性について、試験データとモデル解析結果をあわせて示す。解析は浸食速度が最も大きい 18h 以降を出力した。時間とともに浸食速度が減少し、一定値に近づく傾向を示し、試験結果と比較的よく一致した。図 2 は、ピット深さの時間依存性の解析結果を試験データとともに示す。ピット深さは時間とともに増加し、次第に飽和する傾向が解析で得られ、観察結果と傾向が一致した。今後、水滴径や衝突速度の影響を評価可能とする改良、モデルの仮定の妥当性の検証を進める。

参考文献 [1] 鹿目他, “ガスタービン吸気冷却噴霧ミスト衝突による圧縮機動翼材のエロージョンと損傷メカニズム”, 日本ガスタービン学会誌, Vol.42, No.3, 2014.5, pp220-225.

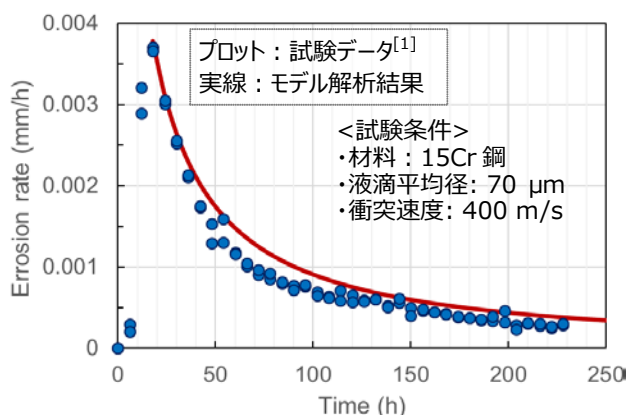


図 1 液滴衝突エロージョン試験における浸食速度の時間依存性（試験データ^[1]とモデル解析との比較）

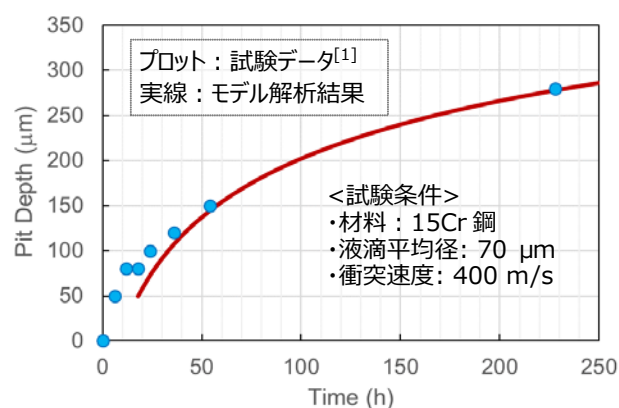


図 2 液滴衝突エロージョン試験におけるピット深さの時間依存性（試験データ^[1]とモデル解析との比較）

* Shohei Kawano¹, Takahiro Kubo¹, Hiromasa Kanome¹, Toshihiro Yoshii¹, ¹Toshiba Energy Systems & Solutions