

金属・樹脂界面の強度と剥離の界面形状効果:有限要素シミュレーション

FEM analysis on strength and delamination of fine structured metal-resin interface

岡山大学院自然¹, メック㈱² ○三村忠寛(M1),¹ 鶴田健二,¹ 外山翔貴,² 足立優司,² 田井清登,² 中村幸子²

Okayama Univ.,¹ MEC Co. Ltd.² ○T. Mimura,¹ K. Tsuruta,¹ S. Toyama,² Y. Adachi,² K. Tai,² S. Nakamura²

E-mail: tsuruta@okayama-u.ac.jp

電子機器の性能向上に伴い主要部品の小型化が進み,微小な構造を精密に作製するための加工技術の向上が喫緊の課題である.微小構造作製工程の一つにメッキレジストやエッチングがあるが,エッチングを行うまでに金属を被覆する樹脂の剥離が発生すると, 所望の構造が得られなくなるため,金属-樹脂界面には一定以上の強度が必要である.近年, 金属表面にナノスケールの凹凸をつけることで,樹脂との接合強度を高める試みが報告されているが, 界面の様々な形・大きさ・密度などのモルフォロジーと接合強度との関係に対する実験による系統的評価は困難であり, 数値シミュレーションによる理論解析が重要な役割を演じる.

我々はこれまで, 有限要素法に基づき,界面強度を最適化するモルフォロジー設計を可能にする計算スキームの構築を目指して, 塑性変形効果を含まない有限要素計算に局所変形に対する閾値条件を課すことによる剥離シミュレーションアルゴリズムを提案し, 金属-樹脂界面の剥離強度に対する凹凸の有無の影響の再現を試みてきた[1]. 今回, 金属-樹脂界面の実際のモルフォロジーの影響を調べるべく, まず, 銅-エポキシ樹脂界面に対して剥離実験を行った. その結果, 粗化を施すことにより剥離強度が数 10 倍増大した. 試験後の界面に対する走査電子顕微鏡観察から, 有限要素解析を行う特徴的な界面形状として, 図 1 のようなモデルを採用した. それぞれ金属表面の粗化無(左), 粗化有(右)の形状を表す. 図 2 は, 図 1 の粗化有無それぞれの構造の上部に印加する力と変位の関係を表す. 粗化の無い構造では 7Pa で剥離するのに対し, 界面粗化により, 計測の範囲では脆性的な剥離は起きず, 極めて高い強度増大が再現される. 講演では, 界面せん断強度の分子動力学評価, 強度に関する構造最適化を含めた解析の詳細を報告する.

[1] 三村, 他, 日本金属学会 2019 年秋期大会, 講演番号 P90.

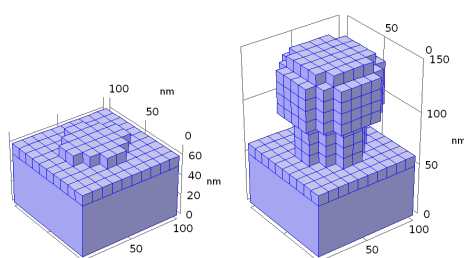


図1.金属-樹脂界面モデルと引張強度の有限要素解析. 左:金属表面粗化無, 右:粗化有.

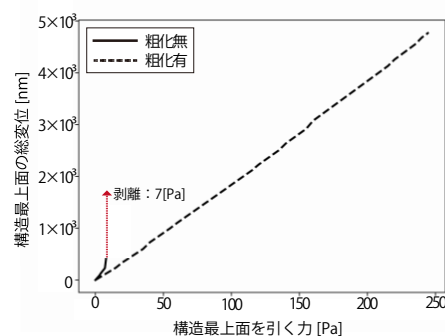


図2. 界面剥離シミュレーションにおける, 印加力と変位の関係. 実線:粗化無, 破線:粗化有.