

| | |
|----------|---|
| 氏名 | ちやおわたつ ばちやりだ CHOUWATAT PATCHARIDA |
| 学位(専攻分野) | 博士(学術) |
| 学位記番号 | 博甲第798号 |
| 学位授与の日付 | 平成28年3月25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 |
| 研究科・専攻 | 工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻 |
| 学位論文題目 | Study on Surface Fracture Behavior of Acrylic Hard Coatings under Scratch Loading (アクリル系ハードコートのスクラッチ荷重下における表面破壊挙動に関する研究) |
| 審査委員 | (主査)准教授 横山敦士 教授 木村照夫 教授 鋤柄佐千子 九州大学先端物質化学研究所主幹教授 高原 淳 カネ・アクリル・ホールディング カネ US マテリアル・リサーチ・センター センター長 小滝雅也 |

論文内容の要旨

様々な用途における部材の軽量化およびフレキシブル化を目的とするプラスチックによるガラスの置き換えにおいて、プラスチックの耐傷つき性向上のため、ハードコートを塗布する手法が適用されている。ハードコート層の導入により、プラスチック部材の耐傷つき性は飛躍的に向上するものの、ガラスと比較してさらなる特性向上が求められている。本研究の目的は、ハードコートのスクラッチ荷重下における表面破壊挙動を明らかにするとともに、耐傷つき性向上に向けた材料設計指針を構築することである。表面破壊挙動の評価には、荷重増分法によるスクラッチ試験を採用した。

第1章では、緒論として本研究の背景を述べるとともに、本研究で取り扱う「表面破壊」の学術的な位置づけを述べ、本研究の目的と意義を述べた。第2章では、高分子材料の表面破壊挙動、アクリル系ハードコート、無機ナノ粒子含有ナノコンポジットの研究動向について総括し、本研究の位置づけを明確にした。

第3章では、アクリル系ハードコートの「スクラッチ損傷」に及ぼす柔軟下層の影響について検討を行った。その結果、マイクロクラックおよび層間はく離をとまなうスクラッチ損傷は、柔軟層の導入により、損傷発生荷重が向上することが示された。また、柔軟層の厚さの増加により、損傷発生荷重が増加することも明らかとなった。

第4章では、アクリル系ハードコートの「光沢傷」および「擦り傷」に及ぼす柔軟下層の影響について検討を行った。第3章で述べたスクラッチ損傷と同様に、光沢傷および擦り傷に対しても、柔軟下層の導入により損傷発生荷重が増加することがわかった。すなわち、柔軟層の導入は、従来困難とされてきた形態の異なる損傷（スクラッチ損傷、光沢傷および擦り傷）の耐傷つき性向上を達成できる手段として有効であることが示された。

第5章では、アクリル系ハードコートの「スクラッチ損傷」に及ぼす柔軟層組成の影響について検討を行った。その結果、優れた耐傷つき性を得るためには、最適な柔軟層硬さが存在すること、および柔軟層と表面層の界面接着性も耐傷つき性に寄与することが明らかとなった。

第 6 章では、無機ナノ粒子含有ハードコート「スクラッチ損傷」に及ぼす無機ナノ粒子分散構造の影響について検討を行った。無機ナノ粒子としてシルセスキオキサン (POSS) を、柔軟下層を有する多層ハードコートの表面層に複合化した。その結果、耐傷つき性は、POSS 含有により増加することが明らかとなった。ただし、POSS 含有率 10wt%以上においては、耐傷つき性の増加が制限されることもわかった。X 線光電子分光 (XPS) 分析により、POSS 含有率 10wt% 以上の高充填系においては、表面約 10nm の POSS 濃度が極めて高くなることが示された。すなわち、POSS の表面近傍の局所分散モルフォロジーと耐スクラッチ性に関連があることが明らかとなった。

第 7 章では、本論文で得られた結果を総括し、結論とした。本研究では、形態の異なる表面損傷を対象として、アクリル系ハードコートの表面破壊挙動について検討を行い、スクラッチ損傷、光沢傷および擦り傷において、柔軟下層の導入により耐傷つき性の向上が達成できることを示した。さらに、無機ナノ粒子を導入することにより、耐傷つき性をさらに向上することが可能であり、その耐傷つき性向上のメカニズムは無機ナノ粒子の表面近傍の局所分散モルフォロジーによることを明らかにした。本研究で得られた知見は、多層系塗膜の表面破壊挙動の理解に役立ち、優れた耐傷つき性発現を実現するための材料設計指針の確立に貢献するものと考えられる。

論文審査の結果の要旨

本論文の特長は、これまで困難とされてきた異なる損傷形態の耐傷つき性を同時に向上させる手法として、柔軟層を下層に導入することを提案し、それを実証したことである。また、さらなる耐傷つき性向上の手法として、表面層にナノ粒子を導入することが有効であることを示すとともに、その耐傷つき性向上の機構が表層 10nm のモルフォロジーと関連があることを示したことは、学術的に高く評価できる。本研究で得られた成果は、ポリマーの表面破壊機構に関わる知見構築およびハードコートの材料設計指針構築の観点において、学術的および工学的に意義が高いと考えられる。

本論文の基礎となっている学術論文は、レフェリー制度の確立した雑誌に掲載されたものである。以下の 3 篇全てにおいて申請者が筆頭著者である。

1. Patcharida Chouwatat, Masaya Kotaki and Atsushi Yokoyama. Enhancing Mar and Abrasion Resistance of Acrylic Hard Coatings with Soft Base Layer, *Open Journal of Organic Polymer Materials*, 6, 53-62, 2016.
2. Patcharida Chouwatat, Shiki Nojima, Yuji Higaki, Ken Kojio, Tomoyasu Hirai, Masaya Kotaki and Atsushi Takahara. An Effect of Surface Segregation of Polyhedral Oligomeric Silsesquioxanes on Surface Physical Properties of Acrylic Hard Coating Materials, *Polymer*, 84, 81-88, 2016.
3. Patcharida Chouwatat, Masaya Kotaki, Masahiro Miyamoto, Riichi Nishimura and Atsushi Yokoyama, Effect of Soft Base Layer on Scratch Properties of Acrylic Hard Coatings, *Polymer Engineering and Science*, 2016 (Accepted).

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに学術的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。