

原子状水素アニールによる高分子基板の表面改質における 構成元素および熱的性質依存性

Influences of elements and thermal properties on surface modification of polymer substrates by atomic hydrogen annealing

兵庫県立大工¹ ○部家 彰¹, 住友 弘二¹

Univ. of Hyogo¹ ○Akira Heya¹, Koji Sumitomo¹

E-mail: heyaa@eng.u-hyogo.ac.jp

【背景】高分子材料は安価・軽量・柔軟であり、フレキシブルセンサー基板への応用のために、高分子基板の表面特性（密着性、濡れ性など）を制御する様々な表面処理が研究されている。我々は加熱触媒体（W メッシュ）で水素ガスを分解することで生成した原子状水素を用いた表面処理（原子状水素アニール：AHA）を検討している[1,2]。また、水素と高分子材料の反応を明らかにすることは、水素社会の実現にとって重要な課題である。本研究では、AHA[1]による様々な高分子基板の表面形態の変化から高分子材料と原子状水素の反応を検討した。

【実験方法】PET、PEN、PP、PVC 基板に、H₂ 流量 100 sccm、ガス圧 30 Pa、W メッシュ温度 1700 °C、W メッシュと基板の距離 80 mm の条件で AHA 処理した。処理時間（ t_{AHA} ）は 600, 3600 s とし、走査型電子顕微鏡（SEM）により表面形状を観察した。また、AHA 処理中の高分子基板表面温度をポリイミドテープで高分子基板（PET）に取り付けた K 型熱電対で測定した。

【結果と考察】各高分子基板の SEM 像を Fig. 1 に示す。処理時間が増加するにつれて、PET、PEN、PVC の表面粗さが増加した。PET と PEN では、600 s で凹凸が形成され、3600 s では円形と楕円形の突起が観察され、鳥観図から突起物は高分子表面で繋がっていることが示された。また、AHA 後の PVC の表面形態は PET や PEN とは異なっており、PVC 表面の亀裂で形成されたと考えられる。さらに、PP は小さな凹みは観察されたが、表面形状の変化は小さかった。高分子基板の構成元素に酸素や塩素が含まれる場合、表面が変化しやすいことが示唆された。

次に、AHA 処理時の高分子基板温度の時間変化から表面改質におけるガラス転移温度（ T_g ）と融点（ T_m ）の影響を検討した。処理時間 600 s で高分子基板温度は 113 °C であり、PET（ $T_g=69$ °C）は T_g を超えているが、PEN（ $T_g=155$ °C）は T_g を超えていないという違いがあるものの、表面形態に大きな違いは見られなかった。このことから、 T_g は AHA 処理による PET と PEN の表面改質にはあまり影響しないことが示された。PP は T_m （168 °C）を超えているが、表面形状変化は小さかった。

AHA による表面形状変化は、高分子基板の熱的性質（ T_g , T_m ）よりも構成元素が支配的であり、原子状水素との化学反応性（還元、ハロゲン原子の引き抜き）に依存することが明らかとなった。

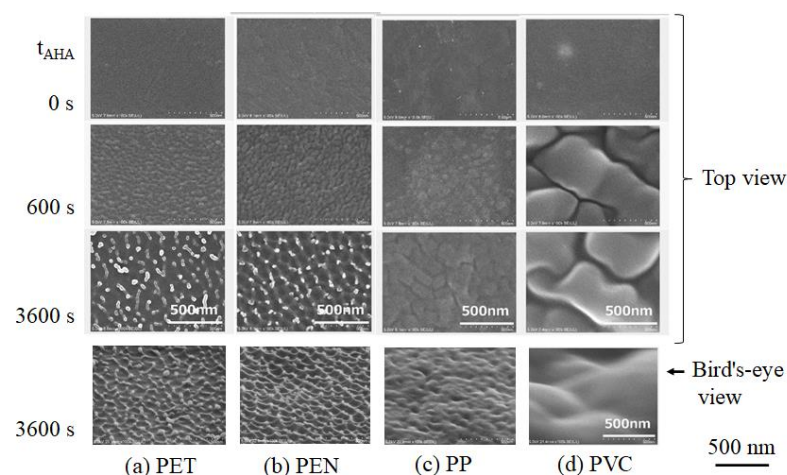


Fig. 1. SEM images of polymer substrates with and without AHA. (a) PET. (b) PEN. (c) PP. (d) PVC.

[1] A. Heya et al., Appl. Phys. Lett. **74**, 2143 (1999).

[2] A. Heya et al., J. Photopolym. Sci. Technol. **34**, 561 (2021).