

## 사출금형 소재 표면의 플라즈마 표면처리 공정기술에 관한 연구

### A Study on Plasma Surface Treatment Process for Injection Mold Material

이영민<sup>a\*</sup>, 이하용<sup>a</sup>, 최규남<sup>a</sup>, 이경형<sup>b</sup>

<sup>a\*</sup>(주)한국몰드(E-mail:hkmold@chol.com), <sup>b</sup>포항산업과학연구원

**초 록** : 사출금형은 자동차의 경량화 요구에 따라 일반 엔지니어링 플라스틱에서 고강도 플라스틱 성형을 위한 사용 환경으로 변해가고 있다. 이에, 사출금형의 표면은 마모에 대한 내력을 갖는 고경도 특성과 수지의 유동성을 양호하게 하기 위한 저마찰 특성의 요구가 점차 증가하고 있다. 본 연구는 사출금형 소재 표면의 고경도·저마찰 특성 부여를 위하여 대형 플라즈마 표면처리 공정을 이용하여 각각 질화처리와 비정질 탄소 코팅 공정기술에 관한 연구를 수행하였다. 각각의 플라즈마 처리된 샘플은 표면처리 공정 변수에 따른 경도 및 마찰계수 평가를 통하여 사출금형 소재 표면의 물리적 특성 변화를 관찰하였다.

#### 1. 서론

자동차의 경량화는 고갈되어가는 유한 석유자원의 절약과 배출가스 최소화를 통한 환경부담 경감을 위해 자동차산업에 있어 가장 화두가 되는 연구개발 분야이다. 특히, 자동차에의 엔지니어링 플라스틱 (Engineering Plastic: EP)의 채용은 나날이 증가하고 있으며, 그 사용량은 매년 10% 이상의 증가를 보이고 있다. 자동차 차체부품 적용을 위한 플라스틱 소재는 강도와 내충격성의 충분한 물성확보가 필요며, 최근에는 플라스틱 소재에 유리섬유가 다량 함유된 복합소재 적용 부품의 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 반면, 플라스틱이 고강성화에 따라 제품 성형을 위한 사출금형이 손상하는 사례가 빈번하게 발생하고 있으며, 소재의 유동성 저하에 따른 사출품 불량률이 증가하고 있어 고강성 플라스틱 복합소재 대응 고경도 저마찰 표면이 부여된 사출금형 개발이 시급한 실정이다. 이러한 관점에서, 사출금형 소재 표면의 고경도와 저마찰 특성 부여를 위한 대형 플라즈마 장비의 표면처리 공정 연구가 매우 중요하게 되었다.

본 연구는 대형 설비를 이용한 플라즈마 질화처리와 비정질 탄소 박막 코팅의 표면처리 공정에 따른 사출금형 소재의 경도와 마찰계수 특성에 대한 연구를 진행하였다. 표면처리 공정 변수에 따라 제작된 사출금형 소재 표면은 경도와 마찰계수 평가를 통하여 물리적 특성 변화를 관찰하였다.

#### 2. 본론

본 연구는 실험실적으로 선행 연구된 공정조건에 기초하여 대형 플라즈마 표면처리 장비(그림 1)를 이용한 플라즈마 질화처리 및 비정질 탄소 박막을 제작하였다. 표면이 경면연마된 사출금형 소재는 진공용기에 장입전 아세톤, 알코올, 증류수를 이용하여 각각 10분간 초음파 세척하였다. 모든 공정연구에 있어 플라즈마 전처리는 아르곤과 수소가스를 이용하여 30분간 처리되었다. 플라즈마 질화처리는 질소와 수소 가스 분위기하에서 소재 종류, 진공도, 주파수 조건을 변화시켜 400℃에서 3시간 처리하였다. 비정질 탄소 박막은 분위기를 100℃로 하고, 메탄과 아르곤 가스 분위기하에서 주파수, 진공도, Duty ratio를 변화시켜 각각 3시간 처리하여 제작하였다.

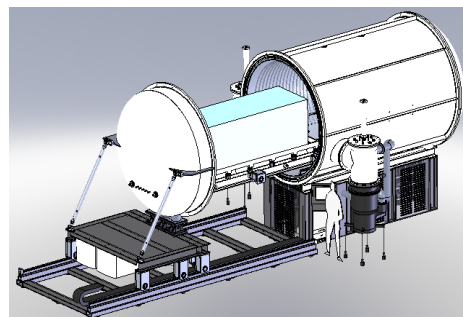


그림1. 대형 플라즈마 표면처리 장치 사진 및 조감도

플라즈마 질화처리 샘플과 비정질 탄소 박막은 비커스경도기(Mitutoyo, HM-124)를 이용하여 미소경도를 측정하여 질화 깊이 및 질화속도에 대하여 고찰하였으며, 비정질 탄소 박막은 코팅막 표면의 경도를 얻었다. 이들 시험편의 마찰

계수는 상대재로서 베어링강 SUJ2 ball을 이용하여 ball on disc 타입의 Tribometer (JNL, JLPR06-B)를 이용하여 측정하였다. 그림 2는 플라즈마 질화처리 샘플과 비정질 탄소 박막의 경도값을 나타낸다. 플라즈마 질화처리 샘플의 표면 경도는 사출금형 소재 대비 약 2배의 경도향상을 나타내고 있었으며, 비정질 탄소 박막은 약 4배 이상의 경도 향상을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그림 3은 Tribometer 를 이용한 플라즈마 질화와 비정질 탄소 박막의 마찰계수를 보인다. 플라즈마 질화처리 샘플의 가장 낮은 평균 마찰계수는 약 0.56을 나타내고 있었으며, 비정질 탄소 박막은 0.2 이하의 마찰계수를 나타내었다. 비정질 탄소 박막의 마찰계수가 높은 것은 박막과 모재간의 낮은 밀착력으로 인해 코팅막이 모재로부터 벗겨진 것에 기인한 것이며, 밀착력 향상을 위한 공정 기술이 필요한 것으로 판단된다.

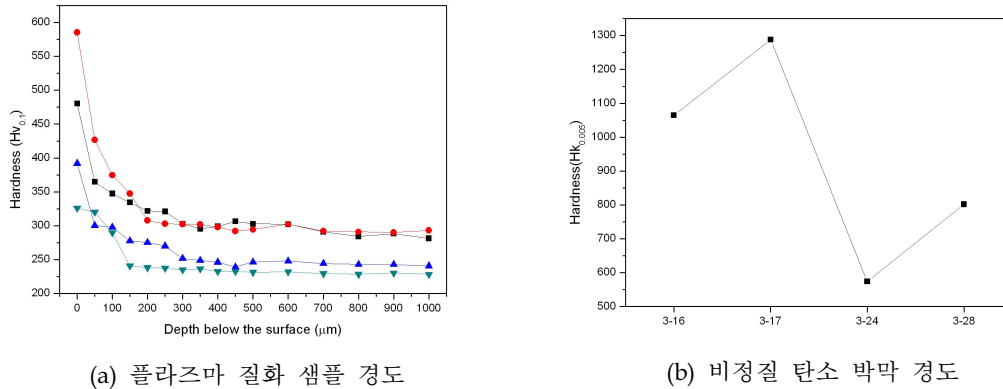


그림2. 플라즈마 질화와 비정질 탄소 박막의 경도

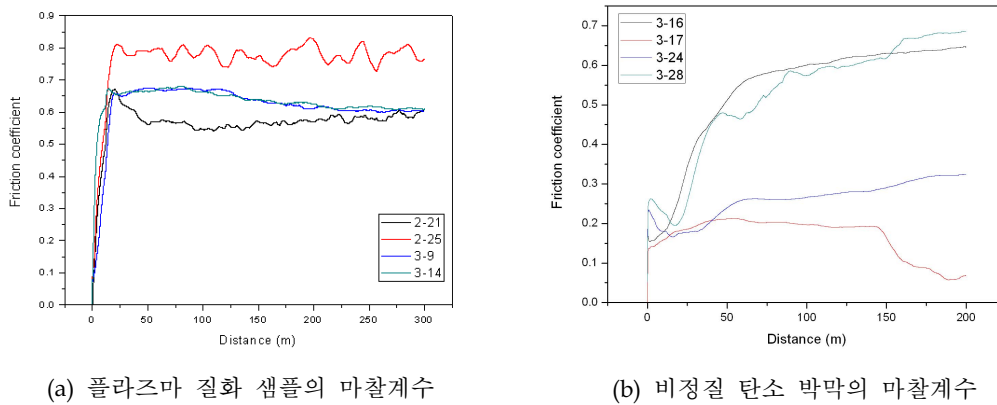


그림3. 마찰계수

### 3. 결론

대형 플라즈마 표면처리 공정 설비를 이용하여 사출금형 소재에 대하여 각각 플라즈마 질화처리와 비정질 탄소 박막을 실험실적 선행연구를 기초하여 제작하였다. 대형 플라즈마 설비를 이용하여 사출금형 소재의 플라즈마 질화처리와 탄소계 박막을 제작하는 것이 가능했으며, 실험실 결과와 대형 설비의 결과를 비교 할 경우 물성변화의 차이는 크게 나타나지 않았다. 플라즈마 질화처리는 기존의 질화방법에 비교하여 비교적 저온에서 짧은 시간에 표면에 백화현상이 발생하지 않는 대면적 플라즈마 질화공정 기술 구현이 가능했다. 반면, 비정질 탄소 박막은 탄소계 박막의 고유 특성인 높은 내부응력에 의해 모재와의 밀착력을 개선하기 위한 공정 조건이 연구가 추가적으로 필요하게 되었으며, 플라즈마 질화처리 공정과 탄소 박막 제조의 연속 공정에 의해 문제점으로 지적되는 박막의 밀착력 향상이 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부 기술혁신사업 산업핵심기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.