

인몰드 코팅을 위한 이액형 폴리우레탄의 혼합특성에 관한 해석적 연구

A Study on Mixing Characteristics of Two-Component Polyurethane for In-Mold Coating

김동미¹, *#이호상²

D.-M. Kim¹, *#H.-S. Lee(lhs@ut.ac.kr)²

¹한국교통대학교 대학원, ²한국교통대학교 항공기계설계학과

Key words : In-mold coating, Injection molding, Mixing head, Mold, Polyurethane

1. 서론

인몰드 코팅은 열가소성 수지를 사출성형한 후 액상의 경화형 코팅제를 금형 내에 주입하고 수 MPa의 압력을 유지하여 금형에 압착한 상태로 경화시키는 새로운 코팅 방법이다. 휘발성 유기용제를 사용하지 않으므로 친환경적이며, 주입된 코팅제가 모두 성형품 표면에 부착되기 때문에 두꺼운 코팅에 유리하고, 균일한 두께를 구현할 수 있는 장점을 갖고 있다.

최근 플라스틱 성형품의 표면에 고풍택, 내스크래치성 등을 구현하기 위하여 폴리우레탄을 적용한 인몰드 코팅 기술이 유럽의 선진 자동차 분야에서 적용이 확대되고 있는 추세이다. 폴리우레탄은 투명도, 고풍택, 내스크래치성 등이 매우 우수하고, 대량생산이 가능하다는 큰 장점을 갖고 있다. 폴리우레탄을 적용한 인몰드 코팅을 구현하기 위해서는 주재와 경화제를 일정 비율로 균일하게 혼합하여 금형에 공급하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 인몰드 코팅에 적용하기 위한 폴리우레탄 믹싱헤드를 설계하고, 러너 형상 및 길이, 코팅제 유량 및 점도 등이 이액형 폴리우레탄의 혼합 특성에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.

2. 믹싱헤드 설계

믹싱헤드에 유압탱크와 폴리올 및 이소시아네이트 호스를 연결한 상태에서 유압탱크의 펌프를 작동하면 유압 작동유에 의해 크리닝 피스톤이 후진하고, 믹싱챔버 피스톤이 전진하면서 각각의 분사노즐이 열리게 되어 폴리올과 이소시아네이트가 고압으로 분사되도록 Fig.1

과 같이 믹싱헤드를 설계하였다. 고압 분사된 폴리올과 이소시아네이트는 챔버안에서 강한 층돌을 하며 층돌에너지에 의하여 와류를 형성하고, 토출관을 통과하면서 층류유동이 되어 금형에 주입된다.

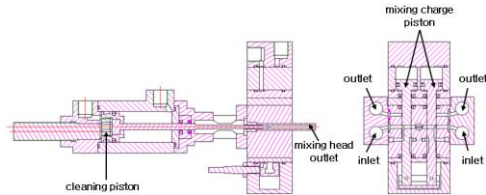


Fig. 1 Schematic of mixing head

3. 금형 러너에서의 혼합특성

Fig.1 과 같이 직선형 믹싱헤드를 사용할 경우 주재와 경화제가 균일하게 혼합되지 않은 상태에서 토출된다. 따라서 금형안에서 균일한 혼합을 위해 애프터믹서(after mixer) 역할을 할 수 있는 러너 형상 설계에 관해 연구하였다.

독일의 Votteler사에서 제조한 소재 Puriflow (polyol:33900-1, isocyanate:38900-0)를 사용하였으며, 폴리올과 이소시아네이트의 점도는 80℃ 사용조건에서 각각 176cps, 320cps 이고, 밀도는 각각 1.12g/ml, 1.15g/ml 이며, 폴리올과 이소시아네이트의 혼합비는 100:180 을 적용하였다. 유동해석을 위하여 ANSYS CFX¹를 사용하였으며, 믹싱헤드와 조립되는 러너 입구에서 폴리올과 이소시아네이트는 혼합되지 않은 상태로 주입되는 것으로 가정하여 경계조건을 적용하였다. 또한 폴리올과 이소시아네이트의 유량을 각각 7g/sec, 13g/sec 으로 설정하였다.

러너 단면형상이 Fig. 2 와 같이 원형인 경

우와 반원형인 경우에 대하여 해석하였으며, 그 결과 원형단면에 비하여 반원형에서 혼합이 더욱 잘 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

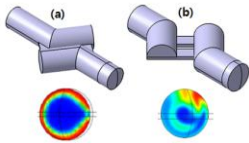


Fig. 2 Volume fraction of polyol for 2 types of cross-section shapes in runner: (a) circular, (b) semi-circular

러너 길이가 12.5mm, 16.5mm 인 경우에 대하여 해석하였으며, Fig.3 에서 러너길이가 증가함에 따라 더욱 균일한 혼합이 이루어짐을 알 수 있다. 폴리올과 이소시아네이트의 균일한 혼합을 위하여 16.5mm 의 러너길이가 필요함을 알 수 있다. 그러나 러너길이가 16.5mm 인 경우 요구되는 주입압력은 164bar 로서 매우 높게 나타났으며, 이 압력은 본 연구에서 개발하고 있는 2 액형 폴리우레탄 주입장치의 최대압력 100bar 를 초과하는 문제가 있다.

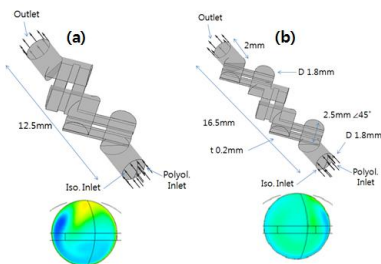


Fig. 3 Volume fraction of polyol for 2 cases of runner lengths: (a) 12.5mm, (b) 16.5mm

러너길이를 16.5mm 로 고정시킨 상태에서 폴리올과 이소시아네이트의 유량 변화에 따른 혼합특성을 고찰하였다. Fig.4 는 폴리올 및 이소시아네이트의 유량이 각각 0.7g/sec 및 1.3g/sec 인 경우, 3.5g/sec 및 6.5g/sec 인 경우, 7g/sec 및 13g/sec 인 경우 혼합특성을 각각 비교한 결과이다. 유량이 증가할수록 혼합이 더욱 균일하게 이루어지고 있음을 알 수 있다. 폴리올 및 이소시아네이트의 유량이 각각 3.5g/sec, 6.5 g/sec 인 경우 주입압력은 55bar 로 2 액형 폴리우레탄 주입장치의 최대압력인 100bar 범위를 만족하였으나, 혼합의 균일도를 높이는 것이

필요한 것으로 판단되었다.

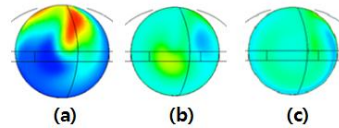


Fig. 4 Volume fraction of polyol for 3 cases of mass-flow rates: (a) 2g/sec, (b) 10g/sec, (c) 20g/sec

폴리올과 이소시아네이트를 합친 유량을 10g/sec 로 유지시키면서 혼합특성을 향상시키기 위하여, 점도가 낮은 소재 적용을 검토하였다. 소재는 Votteler 사에서 제조한 저점도 Puriflow(polyol:PU993RK1V, isocyanate:PU955HE0V)이며, 폴리올과 이소시아네이트의 점도는 80℃ 사용조건에서 각각 170cps, 75cps 이고, 폴리올과 이소시아네이트의 혼합비는 100:130 을 적용하였다. Fig.5 의 결과를 통하여 경화제인 이소시아네이트의 점도가 320cps 에서 75cps 로 낮아짐으로 인하여 혼합이 매우 균일하게 이루어짐을 알 수 있다. 그리고 소요되는 주입압력은 42bar 로서 인몰드 코팅 성형에 문제가 없는 것으로 판단되었다.

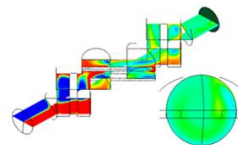


Fig. 5 Volume fraction of polyol for the case of low-viscosity PUR

4. 결론

이액형 폴리우레탄 소재를 적용한 인몰드 코팅을 구현하기 위하여 믹싱헤드를 설계하였으며, 금형 러너형상 및 길이, 코팅제 유량 및 점도 등이 폴리올과 이소시아네이트의 혼합 특성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 지원으로 수행되었습니다(과제번호 10040061).

참고문헌

1. ANSYS CFX User's Manual, ANSYS Inc., 2010.