

배합설계-PUR 핫멜트 접착제

임 동 혁 · 김 현 중[†]

접착제 시장에서 반응형 우레탄계 핫멜트 시장은 계속 성장을 거듭하고 있다. 다음에서 소개하고자 하는 DOE (design of experiments)는 여러 가지 성분을 블랜드하여 접착제를 만들 때 각 성분과 접착제가 가지는 물성의 관계를 간단하게 알아보기 위해서 만든 프로그램이다. DOE를 사용하면 open time, green strength, substrate bonding profile 등을 쉽게 알 수 있다.

접착제는 같은 성분으로도 여러 가지 성능을 나타내는 다른 접착제를 만들 수 있다. DOE를 이용하여 블랜드 계획을 세우면, 각각의 성분들이 접착제의 물성에 어떤 영향을 끼치는지를 한 눈에 알아볼 수 있다. 반응형 핫멜트 접착제는 다양한 분자골격을 갖는 에스터계 폴리올을 과량의 디이소시아네이트와 반응시켜 말단에 이소시아네이트기를 갖는 우레탄 예비 중합체(prepolymer)를 제조한다. 이러한 예비 중합체(prepolymer)는 우레탄계 반응형 핫멜트 접착제의 기본구조를 이루며, 폴리올의 종류에 따라 우레탄계 반응형 핫멜트 접착제의 접착물성을 변화시킨다. 이 실험

에서는 3가지 성분을 가지고 접착제를 구성한다.

폴리우레탄계 반응형 핫멜트 접착제에서 ortho-phthalate-based polyols의 거동을 알기 위해서 DOE를 이용하여 3가지 성분의 혼합표를 만들 수 있다. 3가지 성분은 다음과 같다.

- A. 1,6-HDA diol (4,000 MW)
- B. STEPANPOL PN-110
- C. STEPANPOL PH-56

혼합물은 항상 100%가 되어야 한다. 한 성분의 함량이 변할 때는 다른 성분의 함량도 변해서 항상 $A+B+C=100\%$ 가 되어야 한다. 이 반응은 혼합물의 양과는 무관하게 성분의 함량에 따라 달라진다.

3가지 물질의 반응이 우레탄계 반응형 핫멜트 접착제의 open time, green strength, 점도에 미치는 상대적인 영향을 알아보기 위해서 실험을 실행하였다. 그래프는 반응 성분이 2개이면 직선

Plotting to perfection

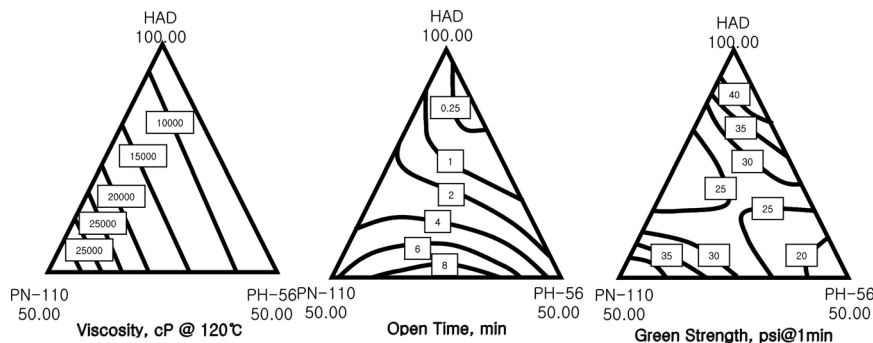


Figure 1. Adhesive Properties-viscosity, open time, and green strength contour plots showing predicted response(Graphs created with Design-Expert DOE software).

• 2003년 3월 10일 접수

• 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과, 바이오 복합재료 및 접착과학 연구실

[†]주저자(Corresponding author): e-mail: hjokim@snu.ac.kr (www.adhesion.org)

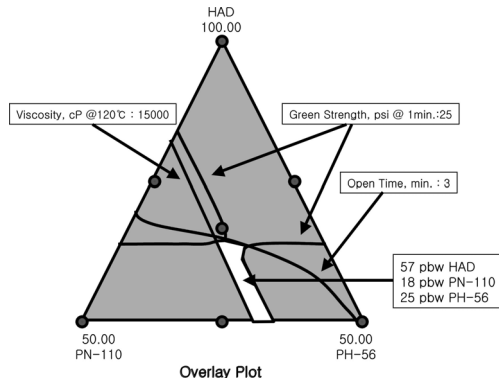


Figure 2. Meeting Performance Criteria - A candidate formulation is identified by superimposing the response plots from Figure 1. The white region reveals a solution that is ideal (Graph created with Design-Expert DOE software).

을 나타내며, 3개의 성분일 때는 삼각형을, 4개의 성분일 때는 사각형으로 나타난다. DOE는 이런 형식을 포함하고 있으며 실험 디자인을 쉽게 할 수 있도록 도와준다.

DOE를 이용한 블랜드 모델은 실제와 딱 맞아떨어진다고 할 수 없다. 모델링이 실제의 결과와 얼마나 일치하는지를 알아보기 위해서 추가적인 블랜드를 요구한다. 모델링은 다양한 블랜드와 여러번의 실험을 통해서 실제 결과와 얼마나 들어맞는지를 알 수 있다.

11개 블랜드에서 얻은 원본 데이터를 Table 1에 나타내었다. Open time, green strength

같은 물성은 실험 기술과 기재에 영향을 받기 때문에 절대적인 수치라고 할 수는 없다. 하지만 보편적인 추세를 결정하기에는 충분하다.

Figure 1은 Design-Expert DOE 소프트웨어를 사용하여 그린 그래프이다. 이 그래프로 최소한의 블랜드 수로 만족할만한 성능을 나타내는 배합비를 찾을 수 있다. 이 그래프는 점도(@ 120℃), open time, green strength를 이해하는데 도움을 준다.

또한 Design-Expert DOE 소프트웨어를 사용하여 Figure 1에서 나타나는 그래프를 겹쳐서 Figure 2의 밝은 부분으로 나타내었다. Figure 2를 이용하여 소비자가 요구하는 물성을 만족시킬 수 있는 해결책을 찾을 수 있다. 120℃ 점도가 14,200 cP이고, 1분 green strength가 25.7 psi이며, open time이 5.7분인 물성은 창 의 중심에 하얀 부분의 혼합비임을 알 수 있다. (HDA : 57파트, PN-110 : 18파트, PH-56 : 25파트)

구성성분들이 혼합물의 물성에 미치는 영향을 간단하게 나타내기 위해서 Design-Expert DOE 소프트웨어를 사용할 수 있다. Design-Expert DOE 소프트웨어를 이용한 그래프는 모든 성분이 혼합물의 물성에 미치는 영향을 비교할 때 큰 도움이 된다.

Figure 3은 각 성분의 함량에 따른 점도의 변화를 나타내었다. PN-110의 양이 증가함에 따라 120℃에서 점도는 증가한다. 하지만 HDA와 PH-56은 양이 증가함에 따라 120℃ 점도가 감소하는 경향을 보인다. 이처럼 Design-Expert

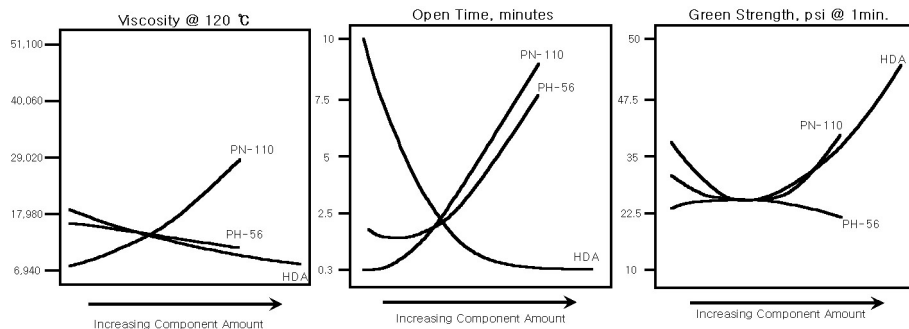


Figure 3. Trace Plots - In the yellow plot (viscosity at 120℃), as PN-110 increase, product viscosity increase. Both HDA and PH-56 have an opposite and less dramatic effect. The other four plots reveal additional general trend summaries of polyol effects on adhesive properties (Graph created with Design-Expert DOE software).