

시멘트 제법에 대한 우레탄 접착제의 품질 특성에 관한 연구

The Study on the Quality Characteristic of Urethane Adhesive on the Cementing Process

양 대 용* 김 운 섭**
Yang, Dae-Yong Kim, Un-Sub

이 중 석*** 김 영 채****
Lee, Jong-Seok Kim, Young-Chai

김 형 진**** 문 세 기****
Kim, Hyung-Jin Moon, Sei-Ki

Abstract

According to the manual of shoemaking, the urethane adhesive for dress shoe applicable to the cementing process in KS G 3116 has been steadily developed. The evaluation test result of urethane adhesive, which is a mathematical model of men's shoe on shoemaking, is presented. Also, the quality test result of urethane adhesive, which is a list of experiment for field application and a model of assembling component in each unit process is introduced.

I. 서 론

시멘트 제법에 있어서 신사화의 기능과 수명은 접착 성능 평가가 큰 과제라 할 수 있다. 신사화의 접착 성능 평가에는 접착제에 대한 평가실험과 품질실험이 요구된다[1,2]. 본 연구에서는 한국 공업 규격 KS G 3116의 시멘트식 제법에 의해 제조된 신사화 제품에 대하여 접착제의 평가실험과 품질실험을 적용해 보고자 한다. 신사화 접착제에 대한 평가실험 연구의 영역으로는 우레탄계 접착제를 이용하여, 접착제의 모델과 접착의 파괴에 대한 모델에 대하여 검토 후 접착제의 이론 접착력 모델과 실측 접착력에 대한 모델을 제시하고자 한다[3,4,5].

* 수원전문대학 공업경영과

** (주) 한농포리미 대표이사

*** 오산전문대학 재회공업과

**** 한양대학교 화학공학과

그리고 신사화의 품질실험 연구의 영역인 표준적 실험의 영역으로는 단위 공정 상에서 신사화용 구두 부품과 부품 조립시 요구되는 접착제 접착 및 접착제의 품질을 평가하는 접착제 물성실험을 실시하고자 한다[6,7,8]. 따라서, 부품별 접착성능 평가와 제품의 접착성능 평가를 비교 검토 후 고부가가치의 시멘트 제비에 따른 신사화 제조시 현장에서 요구되는 생산성, 품질성 및 안정성 측면을 위한 현장 모델용 실험 성적서와 접착제 사용에 따른 제조공정을 제시하고자 한다.

II. 실험

1. 실험 장치

우레탄계 접착제와 신사화용 소재 제질로 이용되는 갑피 소재인 Elegance Black 천연 피혁, 내피 소재인 PVC계 합성 피혁, 안창 소재인 택손 및 창 소재인 SBR 합성 고무로된 피착제 시편과 이들 소재로 제조한 완제품 신사화를 이용하여 접착제의 평가실험과 품질실험을 고찰하고자 한다. 본 실험에 사용된 점도계는 동경 기기사의 모델명 BH를 사용하였다. 향은 향습기는 모델명 C-CTH 1, 향온 수조는 모델명 C-BC 및 건조기는 모델명 CDM-2로 제일 과학 기기사의 것을 이용하였다. Instron 접착 강도 측정기는 Instron사의 모델명 4201을 실험에 사용하였다.

2. 실험 방법

실험 기기 및 장치를 이용하여 신사화 제조용 우레탄 접착제의 평가실험 모델과 접착제의 품질실험 모델을 고찰하여 신사화 제조 현장 적용에 가능한 최적화 접착제 모델을 제시하고자 한다. 신사화 제조용 우레탄 접착제의 평가실험으로는 생산현장의 제화설비 공정 상에서 완제품 구두 제조시 요구되는 접착제의 이론 접착력 모델과 실측 접착력에 대한 모델을 제시하고자 한다.

신사화 제조용 우레탄 접착제의 품질실험으로는 일반적 현장 실험 방법으로 단위 공정 상에서 신사화 표준 사이즈 260mm에 해당하는 구두 부품과 부품 조립시 요구되는 접착제의 성질에 관한 실험, 접착강도에 관한 실험 및 접착층의 내구성 실험과 내후성에 관한 실험을 실시하고자 한다. 이들 실험 데이터를 이용하여, 현장 적용을 위한 실험 성적서와 접착제 처방 모델에 따른 신사화 제조 공정도를 제시하고자 한다. 더불어, 상기 부품으로 조립한 신사화 완제품에 대한 부위별 접착 강도는 구두 공장에서 생산된 제품 중 무작위로 시료를 채취하여 실험 출발점을 구두 앞쪽과 구두 뒤쪽을 각각 출발점으로 하여서 측정한 후 부품별 접착 강도와 비교 검토하고자 한다.

먼저, 신사화 제조용 우레탄 접착제의 품질 실험 중 접착제의 성질에 관한 실험의 경우는 일반 성상에 관한 실험(General property of adhesive)과 사용 조건에 관한 실험(Conditions for using adhesive)으로 세분화하여 측정하고, 현장 적용 가능한 최적화 시험 성적서 모델로 검토하고자 한다. 일반 성상에 있어서 비중(Sp. gr)은 KS M 3707과 JIS K 6835, PH는 KS M 3712, 점도(Viscosity)는 KS M 3708과 JIS K 6830, 비휘발분(Non-volatility)은 KS M 3709와 JIS K 6833 등의 공업 규격을 이용하여 측정하였으며, 접착제 사용 조건에 있어서 가사시간과 오픈타임(Pot life and open time)은 KS M 3714와 JIS K 6833, 도포량(Quantity of application)은 KS M 3706 과 JIS K 6833, 저장 안정성(Stability of storage)은 KS M 3727 등의 공업규격에 의해 세분화하여 측정하고자 한다.

신사화 제조용 접착제의 품질실험 중 생산현장에서 제화설비 공정라인을 통한 단위 공정 상에서 구두부품과 부품의 조립시 요구되는 접착강도에 있어서 박리강도(Peel strength)는 KS M 3725와 JIS K 6854, 인장전단 접착강도(Shear by tension strength(compression))는 KS M 3720, KS M 3721 및 JIS K 6850 등의 공업규격에 의해서 세분화하여 측정하고자 한다. 접착 시간을 24시간 단위로 하여 240시간까지 측정하고자 하며, 더불어 구두부품과 부품의 접착강도와 같이 완제품에 대한 부위별 접착강도를 위에 이미 기술한 대로 구두 앞쪽과 구두 뒤쪽에서 각각 출발하여 측정할 후 비교하여 제시하고자 한다.

신사화 제조용 우레탄 접착제의 품질실험 중 생산현장에서 제화설비 공정라인을 통한 단위 공정 상에서 구두부품과 부품의 조립시 요구되는 접착층의 내구성과 내후성(Atmospheric exposure and environment of adhesive)에 있어서 일반상태(Condition state)는 이미 기술한 박리강도와 인장전단 접착강도에 관한 항목으로 세분화한 후 공업규격을 이용하여 측정할 데이터를 이용하였으며, 더불어 내열(Heat resistance), 내한(Cold resistance), 내수(Water resistance) 및 열 노화(Burn aging)로 세분화하여 일반적으로 현장에서 통용되는 측정방법을 이용하였고, 향후 한국공업 규격화에 기여하고자 한다.

III. 결과 및 고찰

1. 접착제의 평가 실험

실용상의 최종 목적인 접착상태 및 제화의 내구력을 알아보기 위하여 파괴부위를 확인하였는데, 본 연구에서는 신사화용 우레탄계 접착제와 피착제 시료, 즉 갑피소재인 Elegance Black 천연 가죽, 안창소재인 텍슨, 내피소재인 PVC계 합성피혁, 창소재인 SBR 고무창을 이용하여 실험해 본 결과 접착제 층의 응집파괴, 피착제 제진파괴 등의 형태로 나타났다. 또한, 접착제에 의한 접착의 최상효과를 감안할 때 다음과 같은 모델식에 의거 접착력의 손상 가감이 예상된다.

$$B = A - H \quad \text{----- (1)}$$

$$C = B - G \quad \text{----- (2)}$$

$$D = C - (E + F) \quad \text{----- (3)}$$

여기서,

- A : Maximum adhesive strength
- B : Specific adhesive strength
- C : Residual adhesive strength
- D : Measuring adhesive strength
- E, F : Loss of measurement
- G : Internal stress
- H : Unstable wetting

결국, 식(3)은 식(1)과 식(2)와의 관계에 의해 다음과 같이 정리된다.

$$D = A - (E + F + G + H) \quad \text{----- (4)}$$

이론 접착력과 실측 접착강도 관계를 볼 때, 측정 접착강도의 측정값은 식(1)~식(4)에 의하여 구할 수 있었고, 피착제 파괴강도를 100%로 가정하였을 때 실험치에 의해서 식(1)~식(4)에 의하여 접착력 계수는 [그림 1]과 같이 기각됨을 추정할 수 있다.

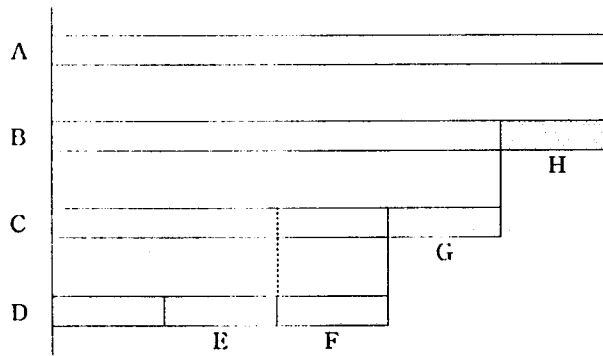


Fig. 1. Error of ideal adhesive strength and experimental adhesive strength.

2. 접착제의 품질 실험

2-1. 일반 성상에 관한 실험

위에 기술한 기기 장치들과 실험항목 및 공업규격을 이용하여 일반 성상에 관한 실험을 실시하였고, 이에 따른 실험결과를 현장 적용 가능한 실험 성적서 항목으로 [표 1]에 제시하였다.

Table 1. Experiment of general property of adhesive

No.	Item of experiment	Unit and conditions	Testing result	Remarks
1	Main component	-	Urethane	IR spectra
2	Appearance	-	Clear	Eye inspection
3	Sp. gr	20°C	0.94	KS M 3707
4	Non-volatility	%	8.2	KS M 3709
5	Viscosity	cps, 20°C	-	KS M 3708
6	Drying time	min, 20°C	10	Depand on kinds of adhesives
7	Tack time	min, 20°C	15	Depand on kinds of adhesives
8	Pot life	hr, 20°C	8(100 : 5)	KS M 3714

2-2. 접착강도 및 접착층의 내구성 실험과 내후성 실험

본 연구에 있어서는 접착강도 실험과 접착층의 내구성과 내후성에 관한 실험을 함께 제시하였다. 식(1)~식(4)과 위에 열거한 항목과 실험 방법을 이용하여 접착강도 및 접착층의 내구성 실험과 내후성 실험을 실시하였고, 이에 따른 실험결과를 [표 2]와 [그림 2]~[그림 3]에 나타내었다. 실험결과에 따라 제시된 데이터들은 실험조건을 5회 실험을 실시한 후 실험치의 최대치와 최소치를 제외시킨 3회 실험치의 평균값에 의해 구하였다. 일반상태 실험의 경우, 피착제

재질파괴는 갑피소재인 Elegance Black 천연피혁과 안창소재인 텍손의 경우는 1시간 정도에서 나타남을 알 수 있었다. 갑피소재인 Elegance Black 천연피혁과 내피소재인 PVC계 합성피혁의 경우는 48시간 정도에서 나타남을 알 수 있었다. 갑피 소재인 Elegance Black 천연피혁과 창소재인 SBR 합성 고무창의 경우는 24시간 정도에서 나타남을 알 수 있었다. 안창소재인 텍손과 히리쇠 소재인 탄소강(Carbon steel)의 경우는 24시간 정도에서 각각 나타남을 알 수 있었다.

Table 2. Adhesion strength and durability of Upper, Insole, Lining, Sole, and Shank

Time \ Item		Peel strength Kg/25mm			Shear strength Kg/cm ²
		Upper/Insole	Upper/Lining	Upper/Sole	Insole/Shank
Condition state	1hr	1.23*	2.31	2.49	7.30
	24hr	2.31*	9.23	9.69*	27.00*
	48hr	2.46*	11.39*	14.31*	28.20*
	72hr	2.62*	11.54*	14.46*	28.35*
	144hr	2.77*	11.69*	14.61*	28.51*
	240hr	2.77*	11.85*	14.62*	28.51*
Burn aging		2.80*	11.70*	15.20*	27.70*
Heat resistance		2.31*	1.74*	2.09*	5.70*
Cold resistance		2.09*	10.21*	12.30*	29.90*
Water resistance		2.70*	1.29*	10.70*	-

*Destruction of low materials

신사화용 갑피소재인 Elegance Black 천연피혁과 안창소재인 텍손의 접착력에 관한 것을 [표 2]와 [그림 2]에서 검토하면, 시간이 지남에 따라 박리강도가 계속 증가함을 볼 수 있다. 24시간 정도에서 이미 제작 공정에 적절한 수치를 안았으며, 48시간 이후 240시간까지의 실험 값은 양생에 의해 소폭 증가함을 볼 수 있었다.

신사화용 갑피소재인 Elegance Black 천연피혁과 내피소재인 PVC계 합성피혁의 접착력은 시간이 지남에 따라 양생에 의한 박리강도가 계속 증가함을 알 수 있다. 48시간 정도에서 다음 작업 진행에 지장이 없는 강도로 추정되며, 그 이후 240시간까지의 실험 값은 거의 일정한 것으로 소폭 증가됨을 추정할 수 있다.

그리고 신사화용 갑피소재인 Elegance Black 천연피혁과 창소재인 SBR 합성 고무창의 접착력은 시간이 지남에 따라 박리강도가 계속 증가함을 볼 수 있다. 48시간 정도에서 작업진행에 대한 만족한 값을 얻을 수 있었고, 그 이후 240시간까지의 실험값은 거의 일정한 것으로 볼 수 있었다.

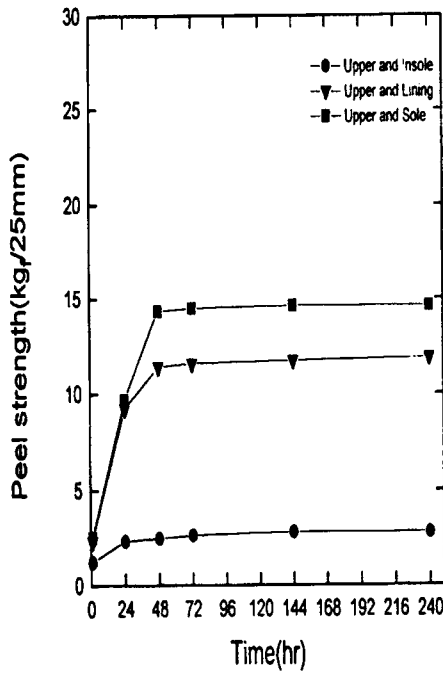


Fig. 2. Peel strength of component.

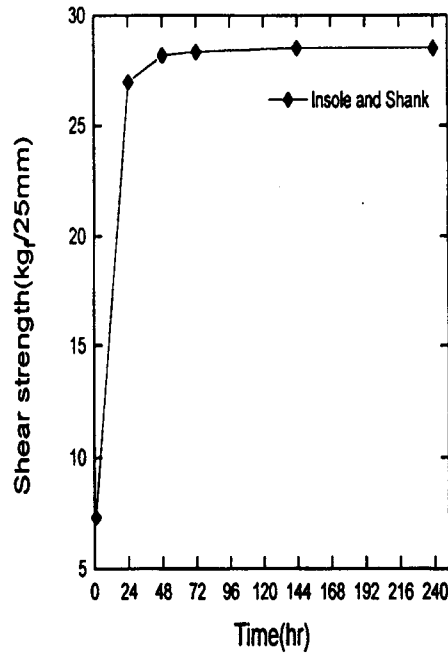


Fig. 3. Shear strength of component.

[표 2]와 [그림 3]은 신사화용 안창소재인 텍손과 히리쇠 소재인 탄소강과의 접착력에 관한 것이다. 시간이 지남에 따라 전단강도가 계속 증가함을 볼 수 있다. 24시간 정도에서 기대값을 얻을 수 있었고, 그 이후 240시간까지의 실험값은 48시간 이후 변화 폭이 적게 나타나므로 24시간 정도에서의 작업 진행이 연속 조립 작업에 대한 작업불량을 방지할 수 있는 최저시간으로 볼 수 있겠다.

[그림 4]는 완제품에 대한 부위별 접착강도를 앞에서 뒤쪽 방향으로 또한 역순으로 측정하였다. 앞에서 뒤쪽 방향으로 측정된 것은 접착 폭이 좁고, 뒤에서 앞쪽 방향으로 측정된 것은 접착 폭이 넓기 때문에 접착강도의 오차를 검토하여 평균값을 구하기 위함이다. 현재의 실정으로 구두 공장에서 생산되고 있는 제화의 일부 중에서 무작위로 시료를 채취하여 완제품에 대한 부위별 접착 강도를 앞에서 뒤쪽 방향으로 또한 역순으로 측정된 결과, 본 실험에서 3~5Kgr 정도의 파괴 강도로 구성되어 피착제 재질파괴의 결과로 표출되고 있다. 개별 부품 실험을 실시한 [표 2]의 실험 데이터와 비교해 볼 때 동일한 피착제 재질파괴 결과와 일치함을 확인할 수 있겠다.

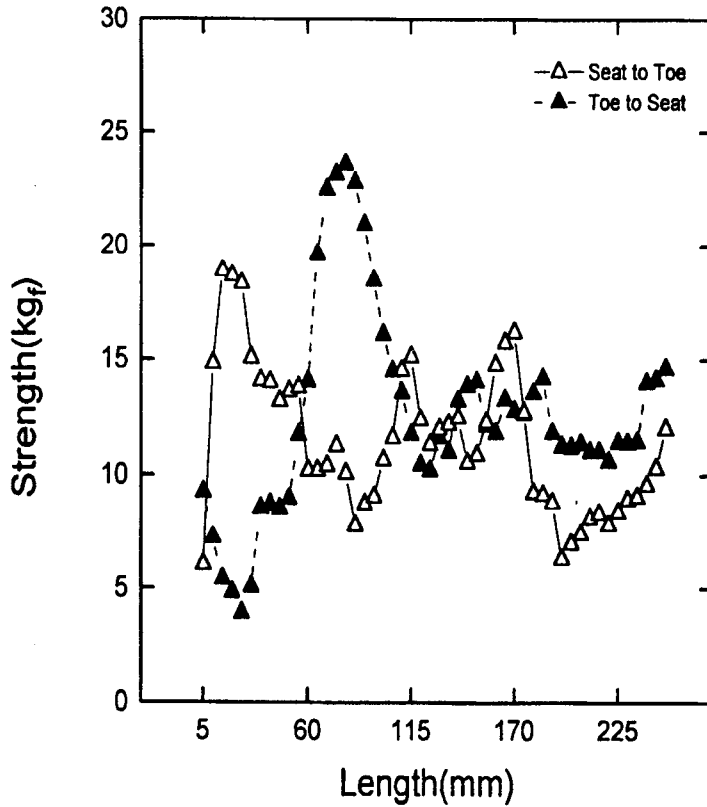


Fig. 4. Adhesion strength of Seat to Toe and Toe to Seat on Feather edge.

위의 [표 2]와 [그림 2]~[그림 4] 까지의 과정에서 시멘트화 제법 중 접착제에 의한 불량 및 소재에 의한 변화 등이 24시간 정도면 다음 공정으로의 전환이 가능한 시간으로 추정되며, 공정 연계 시간을 단축하고자 할 때는 습도 및 온도 등의 작업환경 변화 등의 변화에 따라 또는 경화제 혼합 량에 따라 변화될 수 있다. 부연하면, 24시간에서만 보아도 이미 90~95%의 강도가 240시간 상태와 5~10% 차이밖에 없으며, 다음 작업을 바로 진행하여도 무방하리라 볼 수 있으나, 48시간까지의 충분한 건조가 현재까지는 현장에서 진행되고 있으며, 240시간까지의 긴 시간을 향후 단축시킬 연구가 검토되어야 할 것이다.

또한, 내구성 평가 실험 결과 [표 2]에 의거 내열, 열 노화, 내한 및 내수성 등의 조건에서 대부분 피착제 재질파괴의 형태로서의 강도가 나타나고 있고, 향후 완제품에 대한 출하시 접착에 대한 안정성 보증에 대한 신뢰를 입증할 수 있는 자료 중의 일부분으로서의 실험으로 제시할 수 있으며, 출고 후 신사화 착용 6개월~1년 정도의 착용 실험에 의해 본 데이터의 내열, 내후 및 내구성 실험 방법으로서의 증명이 요구된다.

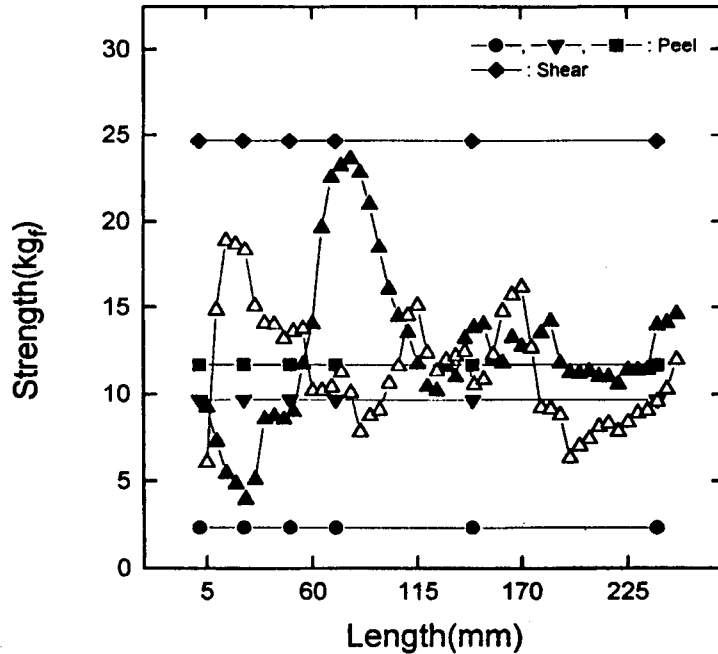


Fig. 5. Comparison of adhesion strength between components and men's shoe :

- Upper and Insole;
- ▼— Upper and Lining;
- Upper and Sole;
- ◆— Insole and Shank;
- ▲— Toe to Seat;
- △— Seat to Toe.

나아가, 현재의 실정으로 구두 공장에서 생산되고 있는 제화 일부 중에서 무작위로 시료를 채취하여 완제품에 대한 부위별 집착강도를 앞에서 뒤쪽 방향으로 또한 역순으로 측정한 결과가 피착제 제질과피의 결과로 표출되는가를 검토하고, 개별 부품 실험과 비교 검토를 요하고 있다.

[그림 2]와 [그림 3]에 대한 개별 부품 실험과 [그림 4]의 제품 실험을 비교해 보면 [그림 4]의 완제품 실험 데이터 최대값과 최소값은 부품 실험에 있어서 [그림 2]와 같은 박리강도의 평균 최소값과 [그림 3]과 같은 인장 진단 강도의 평균 최대값 실험치의 범위 내에 들어옴을 확인할 수 있으며, 이를 [그림 5]에 도시하였다.

[그림 5]에서 볼 때 동일한 피착제 제질과피 실험을 통한 [그림 2]와 [그림 3]의 약식 실험만으로도 [그림 4]와 같은 완제품 실험을 대체할 수 있다고 사료된다. 더불어, 향후 24시간의 강도를 나타낼 수 있는 상온 집착제 건조실험과 강제 건조실험에 있어서 오픈타임에 관한 검토, 즉 건조시간 단축에 의한 집착시간 단축 및 작업시간 단축이 향후 요망된다.

2-3. 실험 성적서

집착제의 품질실험 방법으로부터 얻은 데이터 중 일반성상에 관한 실험 데이터를 제시한 [표 1]과 기타 실험 데이터를 이용하여 현장 모델용 실험 성적서를 [표 3]과 같이 제시하고자 한다.

[표 1]과 [표 3]을 비교시 서로 잘 대응됨을 알 수 있었고, 더불어 [표 3]에 제시한 모델의 경우 현재 현장에서 사용되는 실험 성적시 모델과 비교시 타당함을 확인할 수 있었다.

Table 3. Experimental list

No.	Item of experiment	Unit and condition	Description	Experimental data	Index
1	Main component	-			IR spectra
2	Appearance	-			Eye inspection
3	PH	-			KS M 3712
4	Non-volatility	%			KS M 3709/JIS K 6839
5	Viscosity	cps			KS M 3808/JIS K 6833
6	Sp.gr	20°C			KS M 3707/JIS K 6835
7	Drying time	min, 20°C			Depand on kinds of adhesives
8	Tack time	min, 20°C			Depand on kinds of adhesives
9	Pot life & open time	min, 20°C			KS M 3714/JIS K 6833

2-4. 접착제 처방에 따른 제조 공정

우레탄계 접착제를 사용한 경우 현장 적용 가능한 표준화 모델로 접착제 처방에 의거한 접착 공정을 포함한 신사화 제조공정도 모델은 [표 4]와 같이 제시하고자 한다. [표 4]에서 보면 현장화 접착 공정의 범위는 No. 22~No. 28에 해당된다고 볼 수 있다. 더불어, 이미 연구된 숙녀화 제조 공정[8]과 비교 검토해 볼 때 거의 유사한 공정으로 통할 수 있다고 사료되며, 향후 Chloroprene 고무계 접착제를 사용한 시멘트 제법의 숙녀화를 유사한 공정에서 동시에 생산 가능한 연구가 요구된다.

Table 4. Manufacturing process of men's shoe depend on process of adhesion

No.	Process	Symbol	No.	Process	Symbol
1	Preparation	▽	21	1st bowing	○
2	Checking	□	22	Buffing	○
3	Tacking Insole at Last	○	23	Painting adhesive at Insole and lasting allowance	○
4	Insole latex	○	24	Bottom filling	○
5	Insert Stiffener	○	25	2nd drying	○
6	Moulding of Stiffener	○	26	Bonding of Upper and Sole	○
7	Insert Toepuff	○	27	Pressing of Sole	○
8	Moulding of Toepuff	○	28	Slip of Last	○
9	Latex at lasting allowance	○	29	Heel tacking	○
10	Steaming at forepart	○	30	Insert Socks	○
11	Tacking at backseam tack	○	31	2nd spray	○
12	Toe lasting	○	32	Chemicals	○
13	Side lasting	○	33	3rd spray	○
14	Heel lasting	○	34	2nd bowing	○
15	Setting	○	35	3rd drying	○
16	Ironing	○	36	Attaching of sticker	○
17	1st drying	○	37	Final inspection	☒
18	Pull out tack at backseam tack	○	38	Packing	○
19	Work of gauge	○	39	Out of warehouse	⇨
20	1st spray	○			

IV. 결 론

시멘트 제법에 대한 우레탄 접착제의 품질특성을 파악하기 위해 실시된 접착제의 평가실험 및 품질실험에서 제시된 내용, 검토사항 및 추후 연구과제는 다음과 같다.

1. 착용하고 있는 완제품 신사화 평가 기준에 대한 약식 평가 방법을 제시하였다.
2. 평가실험에 있어서 접착제의 품질측면으로 신사화의 내구성 실험측면에 관한 제시를 하였다.
3. 공정 중에 작업 흐름의 지장이 없는 작업 가능 시간을 제시하였다.
4. 향후 24시간의 강도를 나타낼 수 있는 상온 접착제 건조실험과 강제 건조실험에 있어서 오픈타입에 관한 검토가 요망된다.
5. 동일 공정 상에서 신사화와 이와 유사한 타 종류의 구두 생산, 예를 들면 숙녀화에 관한 생산 검토가 이루어져야 할 것이다.
6. 공정 연계의 시간 단축 면에 있어서는 작업관리 측면의 작업환경 변화 등의 인자와 기술적 측면의 소재 개발과 관련되는 화학적 측면의 병행된 연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구에 있어서 (주) 에스콰이어에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김광-웅 외 5人 : 接着 技術의 理論과 實際, 現代 經營 開發院, pp. 1-52, 1988.
2. ノガクケ シガル : ノガクケ シガル 試驗 規格, DS-10, pp. 2-34, 1982.
3. 한국공업규격 : “ 고무 ”, KS G 3116, 1992.
4. S. D. Han, J. S. Lee, and S. S. Lee : “ A Study on Adhesives for Leather Shoes Based on Cementing Method ”, The Proceeding of the Second Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, pp. 297-311, 1992.
- 5.李宗錫 : “ Chloroprene 고무系 接着劑의 세멘팅靴 製造 工程上 適用에 關한 分析 ”, 烏山專門大學論文集, 제 13輯, pp. 275-290, 1993.
- 6.李宗錫 : “ Chloroprene 고무系 接着劑를 使用한 Cementing靴의 現場化 Model에 關한 研究 ”, 烏山專門大學論文集, 제 14輯, pp. 235-254, 1994.
- 7.徐敎澤,李宗錫,李相信 : “ 接着劑의 評價 및 接着 技術 動向에 關한 研究 ”, 生産技術研究報告, 忠淸專門大學, 第 5卷, 第 1號, 1月, pp. 81-92, 1994.
8. 양대용, 이상신, 이종철 : “ 시멘트 제법의 숙녀화 적용에 대한 접착제 평가와 품질관리에 관한 연구 ”, 工業經營學會誌, Vol. 17, No. 32, Nov. 30, pp. 137-144, 1994.