

에어필터의 신뢰성 평가

김연상, 임대영

한국생산기술연구원 산업용섬유팀

1. 서 론

세계적으로 대기 환경문제에 대한 관심이 커지면서 쾌적한 주거환경을 얻기 위해서 또는 전기, 전자, 반도체 공장 등에서 고청정의 생산공정을 유지하기 위한 방안으로 다양한 형태의 에어필터가 사용되고 있다[1-3].





본 고에서는 이러한 에어필터의 신뢰성 평가기술에 대해 정리함으로써 에어필터 관련 산업에 종사하거나, 이 분야를 연구하는 연구자들에게 도움이 되도록 소개하고자 한다.

에어필터는 용도별(Table 1)로 볼 때 1) 환기용 에어필터(ventilation filters), 2) 운송용 에어필터(vehicle air filters), 3) 산업용 분진제거 필터(industrial dust filters), 즉 집진 필터, 4) 가전제품에 사용되는 각종 필터 및 마스크, 방독면 등에 사용되는 필터들이 있으며, 대표적인 에어필터들의 사진을 Table 2

Table 1. 용도별 에어필터의 분류

구 분	주요용도
1) 환기용 에어필터 (ventilation filters)	① 건물 공조용 필터 ② 클린룸용 필터
2) 운송용 에어필터 (automotive air filters)	① 엔진 에어필터 ② 캐빈 에어필터
3) 산업용 분진제거 필터 (industrial dust filters)	① 프로세스 배기용 필터 ② 공장 환기용 필터
4) 기타	① 마스크, 방독면용 필터 ② 진공청소기용 필터 ③ 공기청정기용 필터 ④ 에어컨용 필터

Table 2. 대표적인 필터 사진

구 분	제품사진	구 분	제품사진
① 건물 공조용 필터		② 공장 환기용 필터	
③ 클린룸용 필터		④ 마스크, 방독 면용 필터	
⑤ 엔진 에어 필터		⑥ 프로세스 배기용 필터	
⑦ 캐빈 에어 필터		⑧ 공기청정기용 필터	

에 나타내었다[4].

이러한 에어필터들은 다양한 환경에서 사용되면서 각종 오염물질을 여과하는데, 1997년 발행된 IUPAC compendium of chemical terminology 2판 [5]에서는 이러한 대기상의 오염물질에 대해 아래와 같이 정의하고 있으며, 이 때 오염물질의 90% 정도는 입경 0.1-10 μm 사이의 고상 및 액상 물질 혹은 VOC 등과 같은 가스상의 물질로 구성되어 있다.

Air Contaminant: a substance, gaseous material or aerosol, which is present in an air mass at levels greater than in clean air. an air contaminant has been added commonly by anthropogenic activity.

2. 에어필터의 성능 시험방법

Table 3. 시험 분진 및 에어로졸을 규정한 시험 규격

표준규격	제 목
ISO 12103-1	Road vehicles - Test dust for filter evaluation - Part 1: Arizona test dust
ISO 12103-2	Road vehicles - Test dust for filter evaluation - Part 2: Aluminium oxide test dust
SAE J 726	Air Cleaner Test Code → Fine(=AC fine), Coarse(=AC coarse) test dust 규정
JIS Z 8901	Test powders and test particles
KS A 0090	시험용 분체 및 시험용 입자
BS ISO 5011:2000	Inlet air cleaning equipment for internal combustion engines and compressors. Performance testing → Fine, Coarse test dust 규정 → 이전 규격을 대체: BS 1701:1970 / BS 7226:1989

일반적으로 에어필터는 필터 미디어, 설퍼레이터, 접착제, 프레임 등으로 구성되어 있으며, 핵심 구성 요소인 필터 미디어 자체의 성능 및 필터 유닛의 성능 시험방법에 대해서는 지난 2004년 12월 발행된 섬유기술과 산업[4]에 잘 정리되어 있으므로 여기에서는 개략적으로 설명하기로 하겠다.

에어필터의 고상 및 액상 오염물질 제거성능을 시험하는데 사용되는 시험 분진 및 에어로졸의 중

Table 5. 시험 가스를 규정한 시험 규격

표준규격	제 목
ISO 11 155-2	Road vehicles -- Air filters for passenger compartments -- Part 2: Test for gaseous filtration
DIN 71460-2	Air Filters for Motor Vehicle Passenger Compartments; Part 2: Test Procedure for Adsorptive Filtration

류는 Table 3에 나타냈듯이 여러 표준 시험 규격에 잘 나타나 있다. 이와 같은 시험 분진 및 에어로졸을 이용하여 입자 투과율 및 포집효율 혹은 분별제거효율을 측정하며, 풍량 혹은 풍속 변화에 따른 압력강하(혹은 압력손실, 차압)를 측정하게 된다. 가스상의 오염물질 제거 성능을 시험하는데 사용되는 가스로는 Table 4와 같이 toluene(80 ppm), n-butane (80 ppm), SO₂(30 ppm) 등이 있으며, 그 밖에도 NO_x, 암모니아, acetaldehyde 등 매우 다양한 가스에 대해 성능을 평가하는 방법에 대해 규정하고 있다(Table 5).

3. 에어필터의 내구성능 및 신뢰성 평가방법

일반적으로 환기용 에어필터 부문은 외부로부터 비교적 적은 농도의 오염물질(분진)을 함유한 공기가 들어와 매우 청정한(오염물질이 극히 적은) 공기를

Table 4. ISO 11 155-2에 규정된 시험가스의 종류 및 농도(T=23 °C and p=1,013hPa)

Test	Formula	Used as substitute for	Concentration parts per million by volume	Molar mass	Conversion factor
Butane	C ₄ H ₁₀	VOC	80	58.12	2.39
Toluene	C ₇ H ₈	VOC	80	92.14	3.79
Fluorobenzene	C ₆ H ₅ F	Benzene	80	96.10	3.95
Acetaldehyde	C ₂ H ₄ O	Formaldehyde	30	44.05	1.81
Hydrogen sulfide	H ₂ S	Farm odour	0.4	34.08	1.40
Ammonia	NH ₃	Farm odour	30	17.03	0.70
Sulfur dioxide	SO ₂		30	64.06	2.64
Hydrogen chloride	HCl			36.46	1.50
Nitric acid	HNO ₃			63.01	2.59
Nitrogen oxide	NO		30	30.10	1.23
Nitrogen dioxide	NO ₂		30	46.01	1.89
Ozone	O ₃			48.00	1.97
Nitrogen	N ₂			28.01	1.15
Oxygen	O ₂			32.00	1.32

예) 1×10^{-5} butane C₄H₁₀=2.39 mg/m³ at 23 °C and 1,013hPa.

Table 6. 에어필터의 내구성능 및 신뢰성 평가기준

규격번호	제 목
RS K 0001	환경 정화용 집진 필터백미디어
RS K 0002	환기용 중성능 에어필터 유닛
RS K 0003	공조 및 클린룸용 HEPA 필터 유닛
RS K 0011	자동차용 캐빈 에어필터 유닛

연기 위해 사용되므로, 여과 메카니즘 면에서 볼 때 주로 침층여과(depth filtration) 메카니즘을 따르며, 오염성분이 많이 누적될 경우 폐기해야만 하는 특징이 있다. 이러한 특징은 운송용 에어필터 부문에도 적용된다. 반면에 산업용 분진제거 필터 부문의 경우는 매우 높은 농도의 오염물질(분진)을 함유한 공기를 취급하기 때문에 주로 표면여과(surface filtration) 메카니즘을 따르며, 주기적인 제거공정을 통해 재생시켜 사용하므로, 매우 오랜 시간동안 사용된다.

이러한 상이한 여과메카니즘과 사용조건이 제품의 내구성능 및 신뢰성에 크게 영향을 미치게 되는데, 이때 신뢰성이란 에어필터가 주어진 기간 동안 주어진 조건에서 요구기능을 수행할 수 있는 가능성이라 정의할 수 있다. 다시 말해서 고장 없이 일

정기간(시간, 거리, 사이클 등) 동안 최초의 품질 및 성능을 유지하는 특성을 의미한다. 예를 하나 들자면 자동차 공조장치인 에어컨에 사용되는 캐빈에어필터의 일반적인 교체주기인 15,000 km를 주행하는 동안에 장착 초기의 분진제거효율이 그대로 유지되어야 한다는 것을 말한다.

한국생산기술연구원 섬유소재신뢰성평가센터에서는 이러한 에어필터의 신뢰성 평가기준을 개발 중에 있는데, 현재 4종류의 에어필터에 대해 내구성능 및 신뢰성평가기준(Table 6)이 마련되어있으며, 관련 내용을 정리하여 관련 업체에 종사하는 분들에게 도움을 주고자 한다.

3.1. 환경 정화용 집진 필터백미디어

환경 정화용 집진 필터백미디어의 내구성능 및 신뢰성평가에 관한 내용은 “RS K 0001: 환경 정화용 집진 필터백미디어”에 규정되어 있는데, 그 적용범위는 250 ℃이하에서 환경정화용으로 펄스젯 집진기에 사용되는 섬유소재를 이용한 부직포 형태로 제조한 필터백 미디어의 신뢰성 인증 시험방법

Table 7. 환경 정화용 집진 필터백미디어의 기본성능 평가시험항목

시험항목		평가기준	시험방법
여과성능	배출농도(mg/Sm ³)	10 이하(전기로,쓰레기소각분야)	RS K 0001 9.12
		50 이하(주물,제분,사료분야)	
	차압(mmAq)	120 이하(전기로,쓰레기소각분야)	
		120 이하(주물,제분,사료분야)	
통기도(cm ³ /cm ² /sec)	20 이하	RS K 0001 9.3	
인장강도	MD(kgf)	90 이상	RS K 0001 9.4
	CMD(kgf)	90 이상	
인장신율	MD(%)	50 이하	RS K 0001 9.4
	CMD(%)	50 이하	
섬유파열강도(kgf)		200 이상	RS K 0001 9.5
※섬유발수도(%)		80 이상	RS K 0001 9.6
※섬유난연성(LOI%)		난연 filter(40 이상)	RS K 0001 9.7
※섬유전기저항성(Ω)		제전 filter(108 이하)	RS K 0001 9.8
섬유수축율(%)		5% 이하	RS K 0001 9.9
섬유내약품성		무게, 치수 변화율	RS K 0001 9.10
물질분석	적외선 분광분석	정성 및 정량분석	RS K 0001 9.13
	열중량분석	정성분석	RS K 0001 9.14
필터평균기공도(μm)		40 이하	RS K 0001 9.11

※필터백미디어 사용조건에 따라 선택적으로 시험

Table 8. 환경 정화용 집진 필터백미디어의 여과성능 시험

평가항목		평가기준	시료수	시험조건
필터백 여과성능 (고장시험)	배출농도(mg/Sm ³)	10 이하(전기로,쓰레기소각분야)	5개	RS K 0001 10.1
		50 이하(주물,제분,사료분야)		
	차압(mmAq)	180 이하(상기분야)	5개	RS K 0001 10.1

Table 9. 환경 정화용 집진 필터백미디어의 내구성능 시험

평가항목		평가기준	시료수	시험조건	
필터백내구성능(고장시험)	인장강도 변화율	MD	10% 이내	3개	RS K 0001 10.1
		CMD	10% 이내	3개	RS K 0001 10.1
	인장신도 변화율	MD	10% 이내	3개	RS K 0001 10.1
		CMD	10% 이내	3개	RS K 0001 10.1
	파열강도변화율		10% 이내	3개	RS K 0001 10.1

Table 10. 환기용 중성능 에어필터 유닛의 기본성능 평가 기준

시험항목	평가기준	시험방법	
여과효율 (입자크기: 0.3µm)	65~85%	RS K 0002 9.10	
	85~95%		
	95% 이상		
초기차압(mmAq)	정격유량에서 전체 측정점에 대하여 25 이하	RS K 0002 9.10	
공기투과도 (cm ³ /cm ² /sec)	10이상	RS K 0002 9.3	
인장강도	MD(kgf)	2 이상	RS K 0002
	CMD(kgf)	1.3 이상	9.4
신장율	MD(%)	10 이하	RS K 0002
	CMD(%)	10 이하	9.4
접힘강도(kgf)	1.3 이상	RS K 0002 9.5	
섬유파열강도 (kgf/cm ²)	5 이상	RS K 0002 9.6	
섬유발수도(%)	80 이상	RS K 0002 9.7	
섬유내약품성	무게, 치수변화율	RS K 0002 9.8	
필터평균기공크기 (µm)	10 이상	RS K 0002 9.9	

에 대하여 규정한다[6].

환경 정화용 집진 필터백미디어는 시험방법에 표시된 시료수에 대하여 품질시험을 실시하여 다음 Table 7의 성능을 만족하여야 한다.

품질시험에 합격한 제품에 한하여 아래의 시료수

에 대하여 신뢰성 시험을 실시하여 Table 8, 9의 평가기준을 모두 만족하여야만 신뢰성을 부여하는 것으로 한다.

환경정화용 집진기내에 들어가는 필터백미디어에 대하여 품질인증 시험과 신뢰성 평가시험을 실시하여 상기 성능사양에 표시한 규정과 성능을 모두 만족하였을 경우, 집진기의 정상운전상태하에서 필터백미디어의 수명을 신뢰수준 90%로 18개월(MTTF 13,140시간)까지 보장한다.

3.2. 환기용 중성능 에어필터 유닛의 내구성능 및 신뢰성 평가

환기용 중성능 에어필터 유닛의 내구성능 및 신뢰성평가에 관한 내용은 "RS K 0002: 환기용 중성능 에어필터 유닛"에 규정되어 있는데, 그 적용범위는 빌딩, 공장, 사무실 등에서 공기 중에 부유하는 분진을 제거하기 위하여 사용하는 공조기 및 크린룸내의 에어필터 중 상온에서 섬유로 구성된 여과재를 사용하여 분진을 제거하는 환기용 중성능 에어필터유닛의 신뢰성 인증 시험방법에 대하여 규정하고 있다[7].

환기용 중성능 에어필터유닛은 시험방법에 표시된 시료수에 대하여 품질시험을 실시하여 다음 Table 10의 성능을 만족하여야 한다.

품질시험에 합격한 제품에 한하여 아래의 시료

Table 11. 환기용 중성능 에어필터 유닛의 여과성능 내구시험

평가항목		평가기준		시료수	시험조건
중성능 필터 여과성능시험	여과효율(MERV)	5-8	250g/m ² 이상일 것	5	RS K 0002 10.1
		9-12	125g/m ² 이상일 것		
		13-16	70g/m ² 이상일 것		

※ 단 시험필터는 반드시 장치제조업체의 요구표시형식에 준한 것을 사용하며 (예: 594×594×700×8P), 여과효율은 말기차압에서 지정된 여과효율(MERV) 이상을 유지할 것.

Table 12. 환기용 중성능 에어필터 유닛의 내구성능 고장시험

평가항목	평가기준	시료수	시험조건
진동변형시험	진폭(19±3.2mm), 진동수(200회/분)의 진동에서 15분간 가한후 포집효율 및 압력손실변화가 없을 것	3	RS K 0002 10.2
압력변형시험	온도(35±3°C), 상대습도(95±5%)조건하에서 압력손실 254mmAq까지 증가시켜 1시간 유지 후 포집효율변화 및 변형이 없을 것. 또한 20% 유량에서도 포집효율변화가 없을 것	3	RS K 0002 10.3
열풍변형시험	온도(80±10°C)의 열풍을 정격유량으로 30분간 통풍시킨 후 포집효율변화가 없을 것	3	RS K 0002 10.4

수에 대하여 신뢰성 시험을 실시하여 평가기준을 만족하여야 하며, 아래의 시료 수에 대하여 Table 11, 12의 평가기준을 모두 만족해야 신뢰성을 부여 하는 것으로 규정한다.

공조기 및 클린룸내에 들어가는 환기용 중성능 에어필터유닛에 대하여 품질인증 시험과 신뢰성 평가시험을 실시하여 상기 성능사양에 표시한 규정과 성능을 모두 만족하였을 경우, 규정된 유량의 정상 운전 상태 하에서 환기용 중성능 에어필터의 수명을 신뢰수준 90%로 경공업지역은 6개월(MTTF 3,600시간), 중화학공업지역은 3개월(MTTF 1,800 시간)까지 보장한다.

3.3. 공조 및 클린룸용 해파[HEPA] 필터 유닛의 내구성능 및 신뢰성 평가

공조 및 클린룸용 해파 필터 유닛의 내구성능 및 신뢰성평가에 관한 내용은 “RS K 0003: 공조 및 클린룸용 HEPA 필터 유닛”에 규정되어 있는데, 그 적용범위는 빌딩, 공장, 사무실 등에서 공기 중에 부유하는 분진을 제거하기 위하여 사용하는 공조기 및 클린룸 내의 에어필터 중, 상온에서 섬유로 구성된 여과재를 사용하여 분진을 제거하는데 사용되는 고성능 HEPA(high efficiency particulate air) 필터유닛의

Table 13. 공조 및 클린룸용 해파 필터 유닛의 기본성능 평가기준

시험항목		평가기준	시험방법
여과성능	초기효율(%)	99.97 이상	RS K 0003 9.9
	초기차압(mmAq)	25.4 이내	RS K 0003 9.9
공기투과도(cm ³ /cm ² /sec)		50 이하	RS K 0003 9.3
인장강도	MD(kgf)	2 이상	RS K 0003 9.4
	CMD(kgf)	1.3 이상	
신장율	MD(%)	5 이하	RS K 0003 9.4
	CMD(%)	5 이하	
접힘강도(kgf)		1.3 이상	RS K 0003 9.5
섬유과열강도(kgf)		5 이상	RS K 0003 9.6
섬유 내약품성		무게, 치수 변화율	RS K 0003 9.7
필터평균기공도(mm)		50 이하	RS K 0003 9.8

신뢰성 인증 시험방법에 대하여 규정하고 있다[8].

공조 및 클린룸용 해파 필터 유닛은 시험방법에 표시된 시료 수에 대하여 품질시험을 실시하여 다음 Table 13의 성능을 만족하여야 한다.

품질시험에 합격한 제품에 한하여 아래의 시료 수에 대하여 신뢰성 시험을 실시하여 평가기준을

Table 14. 공조 및 클린룸용 해파 필터 유닛의 내구성능 고장시험

평가항목	평가기준	시료수	시험조건
HEPA 필터여과성능 내구시험	초기차압 대비 5% 이내 유지할 것	3	RS K 0003 10.1
	여과효율 99.97% 이상 유지할 것		

만족하여야 하며, 아래의 시료수에 대하여 Table 14 및 Table 15의 평가기준을 모두 만족하여야만 신뢰성을 부여하는 것으로 규정한다.

공조기 및 클린룸내에 들어가는 고성능 에어필터 유닛에 대하여 품질인증 시험과 신뢰성 평가시험을 실시하여 상기 성능사양에 표시한 규정과 성능을 모

Table 15. 공조 및 클린룸용 해파 필터 유닛의 내구성능 고장시험

평가항목	평가기준	시료수	시험조건
압력변형시험	온도(35±3°C), 상대습도(95±5%)조건하에서 압력손실을 254mmAq까지 증가시켜 1시간 유지후 포집효율변화 및 변형이 없을 것, 또한 20% 유량에서도 포집효율이 99.97% 이상이어야 할 것	3	RS K 0003 10.2
진동변형시험	진폭(19±3.2mm), 진동수(200회/분)의 진동에서 15 분간 가한 후 포집효율 및 압력손실변화가 없을 것	3	RS K 0003 10.3
열풍변형시험	온도 80±10°C의 열풍을 정격유량으로 30분간 통풍시킨 후 포집효율 및 압력손실변화가 없을 것	3	RS K 0003 10.4
내습도시험	시험 필터를 온도(25°C), 상대습도(90±5%) 조건의 온·습도 챔버에서 24시간동안 정적상태로 방치한 후 시험 필터를 시험 장치에 장착하여 정격유량에서 포집효율변화가 없을 것	3	RS K 0003 10.5

Table 16. 자동차용 캐빈 에어필터 유닛의 품질시험 평가기준

번호	시험 항목	평가 기준	시험 방법	
1	초기압력손실시험	450 m ³ /h	20 mmAq 이하	RS K 0011 10.1
2	초기분별 제거효율시험 (기하학적 직경)	0.3 μm~0.5 μm	50% 이상	RS K 0011 10.2
		0.5 μm~1.0 μm	70% 이상	
		1.0 μm~3.0 μm	85% 이상	
		3.0 μm~5.0 μm	95% 이상	
		5.0 μm~10.0 μm	100%	
3	유해가스 제거효율시험* (1분/5분)	톨루엔(80ppm)	80% / 75% 이상	RS K 0011 10.4
		n-부탄(80ppm)	70% / 45% 이상	
		아황산(30ppm)	70% / 55% 이상	
		오존(100ppb)	90% / 80% 이상	
4	환경안정성시험	압력손실시험	초기 압력손실 ±5% 이내	RS K 0011 10.5
		분별제거효율시험	2번 항목의 평가기준	
5	유해가스 탈착시험*		5% 미만	RS K 0011 10.6
6	연소성시험	FMVSS 302 또는 DIN 53438	자기소화성 (Self-extinguishing)	RS K 0011 10.7
7	항곰팡이성시험**	ASTM G21	1등급 이상	RS K 0011 10.8
8	항균성시험***	ASTM G22	시료 표면에 박테리아의 성장이 없을 것	RS K 0011 10.9

*유해가스 관련 시험은 분진/유해가스 동시 제거용 캐빈 에어필터의 경우에는 반드시 실시함.

** '항곰팡이성시험' 은 '방미성시험' 이라고도 부름.

*** 시험의뢰자의 요청에 따라 실시함.

Table 17. 자동차용 캐빈 에어필터 유닛의 신뢰성시험 평가기준

	평가항목	평가기준	시험방법
분별제거 효율시험 (기하학적 직경)	0.3 μm~0.5 μm	50% 이상	RS K 0011 11
	0.5 μm~1.0 μm	70% 이상	
	1.0 μm~3.0 μm	85% 이상	
	3.0 μm~5.0 μm	95% 이상	
	5.0 μm~10.0 μm	100%	
분진제거능력시험		15g/유닛 이상	

두 만족하였을 경우, 공조기 및 크린룸의 정상운전상 태하에서 고성능 HEPA 필터유닛의 수명을 신뢰수 준 90%로 12개월(MTTF 7,200시간)까지 보장한다.

3.4. 자동차용 캐빈 에어필터 유닛의 내구성능 및 신뢰성 평가

자동차용 캐빈 에어필터 유닛의 내구성능 및 신 신뢰성평가는 “RS K 0011: 자동차용 캐빈 에어필터 유닛”에 규정되어 있으며, 그 적용범위는 자동차 전 면에 위치하며, 실내(캐빈)로 유입되는 공기 중의 분 진 제거 및 분진/유해 가스 동시 제거를 목적으로 공조장치에 장착하여 사용되는 환기용(ventilation type) 캐빈 에어필터 유닛의 신뢰성 인증시험방법에 대하 여 규정하고 있다.

자동차용 캐빈 에어필터 유닛은 표시된 시료 수 에 대하여 품질시험을 실시하여 다음 Table 16의 성 능을 만족하여야 한다.

품질시험에 합격한 제품에 한하여 아래의 시료 수에 대하여 신뢰성 시험을 실시하여 평가기준을 만족하여야 하며, 아래의 시료 수에 대하여 Table 17의 평가기준을 모두 만족하여야만 신뢰성을 부여 하는 것으로 규정한다.

자동차의 공조장치에 사용되는 캐빈 에어필터 유닛에 대하여 품질시험과 신뢰성 평가시험을 실시하 여 상기 성능사양에 표시한 규정과 성능을 모두 만 족하였을 경우, 평균적인 국내 도로환경조건에서 캐 빈 에어필터 유닛의 수명을 신뢰수준 90%로 B₁₀ 수 명을 15,000 km 보장한다.

참고문헌

1. 한국공기청정협회, “공기청정편람”, 제 1권 기초편, 1996.
2. 한국공기청정협회, “공기청정편람”, 제 2권 기기편, 2002.
3. 한국공기청정협회, “공기청정편람”, 제 3권 응용편, 2003.
4. 임대영, 최영옥, 에어필터용 섬유소재, Fiber Technology and Industry, 8(4), p.365, 2004.
5. IUPAC Compendium of Chemical Terminology 2nd Edition, 1997.
6. 산업자원부 기술표준원, “환경 정화용 집진 필터백미디어”, 신뢰성 기준 RS K 0001: 2001.
7. 산업자원부 기술표준원, “환기용 중성능 에어필터 유닛”, 신 신뢰성 기준 RS K 0002: 2001.
8. 산업자원부 기술표준원, “공조 및 크린룸용 HEPA 필터유 닷”, 신뢰성 기준 RS K 0003: 2001.
9. 산업자원부 기술표준원, “자동차용 캐빈 에어필터 유닛”, 신 신뢰성 기준 RS K 0011: 2002.

저자 프로필



김 연 상

1983-1987. 성균관대학교 섬유공학과 졸업
 1987-1989. 성균관대학교 섬유공학과(석사)
 1989-1994. 충남방직 기술연구소
 1994-현재. 한국생산기술연구원 산업용 섬유팀 수석연구원
 e-mail: yskim@kitech.re.kr



임 대 영

1986-1990. 한양대학교 섬유공학과 졸업
 1990-1992. 한양대학교 섬유공학과(석사)
 1992-1995. 한양대학교 섬유공학과(박사)
 1995-2000. 삼양그룹 삼양제넥스연구소 선임연구원
 2001-2002. 한양대학교 BK21사업단 계약교수
 2002-현재. 한국생산기술연구원 산업용 섬유팀 선임연구원
 e-mail: zoro1967@kitech.re.kr