

KPAC ESD Material

한국폴리아세탈(주)
KOREA POLYACETAL CO., LTD.

KPAC

서울시 중구 소공로 94, 14층 (소공동, OCI빌딩)
14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel +82-2-728-7400 Fax 82-2-714-9235 www.gpac-kpac.com

목 차			
1. Product information	1.1 KPAC ESD Material 소개		01
2. Properties	2.1 압출 제품 물성		02
3. Product size	3.1 Rod Size		03
	3.2 Sheets & Plates Size		03
4. KEPLOY 9950C	4.1 물리적, 기계적 특성		04
	4.2 물리적 성질	4.2.1 밀도, 분자량	04
		4.2.2 용융점도 및 분자량 vs. 신장응력	04
	4.3 기계적 성질	4.3.1 KEPLOY 9950C의 응력 변형 곡선	05
		4.3.2 충격강도	05
		4.3.3 내크리프(Creep) 특성	05
	4.4 내마찰마모 특성	4.4.1 마찰(Friction)	07
		4.4.2 마모(Wear)	07
	4.5 열적 특성	4.5.1 비열	08
		4.5.2 열변형온도	08
		4.5.3 선팅창계수	08
		4.5.4 내열성	08
		4.5.5 열전도도	08
	4.6 전기적 성질	4.6.1 표면저항률	09
		4.6.2 SCDT(Static Charge Decay Time)	09
		4.6.3 체적저항률	09
		4.6.4 내전압(절연파괴강도)	09
	4.7 내화학적 성질		09
5. KEPAEK C	5.1 기계적 성질	5.1.1 인장 특성	10
		5.1.2 굴곡 특성	10
		5.1.3 크리프(Creep)특성	10
		5.1.4 피로 특성	10
		5.1.5 충격 특성	11
	5.2 내마찰마모 특성	5.2.1 마찰(Friction) & 마모(Wear)	12
	5.3 열적 특성	5.3.1 열변형온도	13
		5.3.2 선팅창계수	13
		5.3.3 장기 내열성	13
	5.4 전기적 특성	5.4.1 표면저항률	14
		5.4.2 SCDT(Static Charge Decay Time)	14
6. 품질 및 규격 인증			15

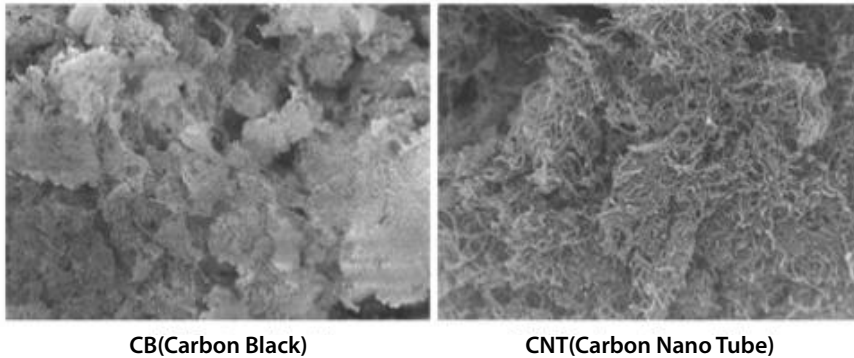
1. Product Information

1.1 KPAC ESD Material 소개

KPAC에서는 ESD(Electrostatic Dissipation) 소재를 개발하기 위하여 다년간에 걸쳐 다양한 연구를 수행하여 왔습니다. 이를 통해 고객이 원하는 다양한 Type의 ESD 소재 공급이 가능합니다.

가장 일반적인 C/B(Carbon Black)을 적용한 제품에서부터, C/F(Carbon Fiber), S/F(SUS Fiber), 영구 대전방지수지 등이 적용된 제품이 있습니다.

하지만 이러한 제품들은 정밀한 공정(디스플레이, 반도체)에 적용되는 각종 구동 제품에 적용 시 2차 오염, 내화확성, 내마모성 및 안정적인 전기적 특성을 부여하는데 한계가 있습니다.



〈초고배율 현미경(FE-SEM)을 사용하여 20,000배 확대 촬영〉

이러한 한계를 극복하기 위하여 KPAC에서는 CNT(Carbon Nano-Tube)를 적용한 제품 개발에 착수하여 다양한 플라스틱(POM, Polyamide, Polyester, PEEK 및 UHMWPE)에 CNT가 적용된 제품들을 생산하고 있습니다.

KEP에서 생산 및 판매되고 있는 CNT 적용 ESD 제품은 아래와 같습니다.

- POM/CNT 제품 : KEPITAL ET-20R (압출용), KEPITAL TE-32C (사출용)
- PEEK/CNT 제품 : KEPAEK C
- UHMWPE(UPE)/CNT : KEPLOY 9950C

또한 당사에서는 표면저항 영역에 따라 아래와 같이 제품을 구분하고 있습니다.

- R3 : $10^3 \sim 10^5 \Omega$
- R5 : $10^4 \sim 10^6 \Omega$
- R7 : $10^6 \sim 10^9 \Omega$

2. Properties

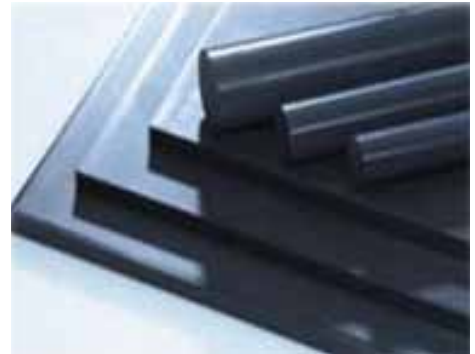
2.1 압출 제품 물성

Materials				압출						
				PEEK		UHMWPE(UPE)		POM		
				KEPAEK C		KEPLOY 9950C		KEPITAL		
성질	시험항목	시험방법	단위	R5	R7	R5	R7	R3	R5	R7
물리적 성질	밀도	ISO 1183	g/cm ³	1.31	1.31	0.93	0.93	1.40	1.40	1.40
	흡수율 (saturation at 23℃)	ISO 62	%	0.5	0.5	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
기계적 성질	항복강도	ISO 527	MPa	110	110	≥15	≥15	57	57	57
	항복신율	ISO 527	%	5	5	≤20	≤20	—	—	—
	파단신율	ISO 527	%	25	25	≥50	≥50	8	8	8
	굴곡강도	ISO 178	MPa	160	160	≥14	≥14	78	78	78
	굴곡탄성률	ISO 178	MPa	3 800	3 800	≥500	≥500	2 500	2 500	2 500
	Charpy 충격강도	ISO 179	kJ/m ²	7	7	≥20	≥20	6	6	6
	Rockwell 경도	ISO 2039	HRR	104	104	35	35			
열적 성질	용융지수	ISO 1133	g/10 min	< 1	< 1	—	—	< 1	< 1	< 1
	융점	ISO 11357	℃	340	340	130~135	130~135	165	165	165
	열변형온도 (1.8 MPa)	ISO 75	℃	155	155	42	42	88	88	88
전기적 성질	표면저항률	IEC 60093	Ω	10 ⁴ ~ 10 ⁶	10 ⁶ ~ 10 ⁹	10 ⁴ ~ 10 ⁶	10 ⁶ ~ 10 ⁹	10 ³ ~ 10 ⁵	10 ⁴ ~ 10 ⁶	10 ⁶ ~ 10 ⁹
	체적저항률	IEC 60093	Ω·cm							
기타	성형수축률	KEP	%	1 ~ 1.3	1 ~ 1.3	—	—	1.6 ~ 1.7	1.6 ~ 1.7	1.6 ~ 1.7

〈주의〉 상기 자료는 각 해당 제품에 대해 당사의 현재 기술 수준에서 측정된 것으로, 측정 방법 및 조건에 따라 변경될 수 있습니다.

〈주의〉 상기 물성은 압출성형을 통해 제작된 제품을 해당 규격의 시험편으로 가공하여 측정된 결과입니다.

3. Product Size



3.1 Rod Size

외경(mm)	중량(kg/개)					
	L 1000 mm			L 3000 mm		
	KEPITAL	KEPAEK	KEPLOY	KEPITAL	KEPAEK	KEPLOY
5	0.029	0.027	0.018	0.087	0.081	0.055
10	0.116	0.108	0.073	0.349	0.323	0.219
15	0.261	0.242	0.164	0.784	0.726	0.493
20	0.465	0.430	0.292	1.394	1.291	0.876
30	1.046	0.968	0.657	3.137	2.904	1.971
40	1.859	1.721	1.168	5.577	5.162	3.504
50	2.905	2.689	1.825	8.714	8.066	5.475
55	3.514	3.253	2.208	10.543	9.760	6.625
60	4.182	3.872	2.628	12.547	11.615	7.885
65	4.909	4.544	3.084	14.726	13.631	9.253
70	5.693	5.270	3.577	17.078	15.809	10.732
75	6.535	6.049	4.107	19.605	18.148	12.320
80	7.436	6.883	4.672	22.307	20.649	14.017
90	9.411	8.711	5.913	28.232	26.133	17.740

3.2 Sheets & Plates Size

두께(mm)	중량(kg/매)					
	W 610 X L 1000			W 610 X L 3000		
	KEPITAL	KEPAEK	KEPLOY	KEPITAL	KEPAEK	KEPLOY
5	4.514	4.179	2.837	13.542	12.536	8.510
10	9.028	8.357	5.673	27.084	25.071	17.019
20	18.056	16.714	11.346	54.168	50.142	34.038
25	22.570	20.893	14.183	67.710	62.678	42.548
30	27.084	25.071	17.019	81.252	75.213	51.057
35	31.598	29.250	19.856	94.794	87.749	59.567
40	36.112	33.428	22.692	108.336	100.284	68.076
45	40.626	37.607	25.529	121.878	112.820	76.586
50	45.140	41.785	28.365	135.420	125.355	85.095

4. KEPLOY 9950C

4.1 물리적, 기계적 특성

플라스틱 재료의 물리적, 기계적 특성은 제품 설계자가 재료를 선정하는데 기본적이고 유용한 자료로 이용된다. 플라스틱 재료의 기계적 물성은 온도, 응력, 시간에 의존하는 특성이 있기 때문에 강도, 탄성률, 신율, 충격강도 등의 단기적 물성과 크리프, 응력완화, 피로시험 등의 장기적 물성이 모두 중요하다.

4.2 물리적 성질

4.2.1 밀도, 분자량

UHMWPE 소재의 물성을 결정하는 가장 중요한 값은 밀도와 분자량이다. 일반적으로 분자량은 충격강도, 내마모성, 열변형온도, 응력균열에 대한 주요한 요인이며, 밀도는 항복응력, 비틀림 강성을 포함한 대부분의 기계적 성질을 결정하는 요인이다.

KEPLOY 9950C는 성형제품의 밀도가 겨우 0.93 g/ml 정도이며, 대부분이 선형 폴리에틸렌으로 이루어진 UHMWPE에 MWCNT(Multi-Wall Carbon Nano-Tube)가 물리적으로 균일하게 포함된 제품이다. 열처리하는 밀도에 제한적인 영향만 주는 것으로 알려져 있다.

많은 기술적인 성질에 있어서 분자량은 매우 중요하다. 흔히 분자량은 고유점도 $[\eta]$ 를 측정하는 점도계 방식으로 결정된다.

분자량은 **Mark-Houwink Equation**

$$M = K [\eta]^\alpha$$

에 의해 계산된다. 여기서 **K**와 **α**는 실험적으로 얻어진 상수이다.

KEPLOY 9950C의 경우, 고유점도 $[\eta]$ 는 대략 1600–3500 ml/g의 값을 가지며,

$$K = 5.37 \times 10^4, \alpha = 1.49$$

이다. 이렇게 해서 얻어진 KEPLOY 9950C의 분자량은 약 9,000,000 g/mol이다.

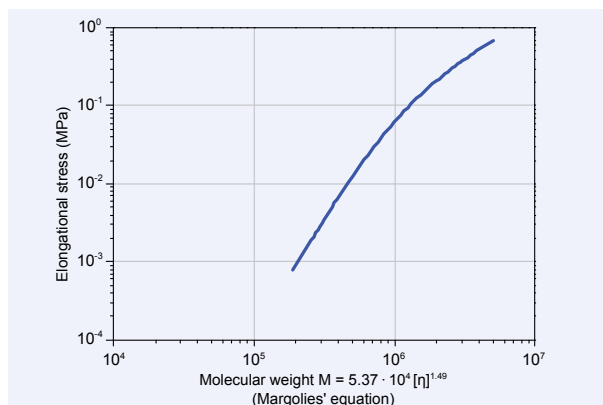
4.2.2 용융점도 및 분자량 vs. 신장응력

열가소성 수지의 경우 용융점도와 분자량 사이에 직접적인 상관관계가 있다. KEPLOY 9950C와 같은 초고분자량 폴리에틸렌의 경우 용융점도가 극히 높기 때문에 보통의 측정방법을 사용할 수 없다.

그 대신 현실적으로 신장응력을 측정한다. 측정방법은 다음과 같다.

아령 모양 시편에 각기 다른 무게의 추를 달아서 150℃로 가열된 실리콘 오일 내에 걸어놓고 신율이 600% 늘어나는데 걸린 시간을 기록하여 각 시편에 가해진 응력(시편의 초기 단면적당 하중)에 대한 log-log 그래프를 그린다. 표시된 점들을 연결하여 직선을 얻고 10분간 신장할 때 가해진 응력을 내삽(Interpolate)으로 구한다. 이를 신장응력이라고 한다.

KEPLOY 9950C는 0.5–0.7 MPa의 신장응력 값을 갖는다.



[그림 1] 분자량 vs. 신장응력

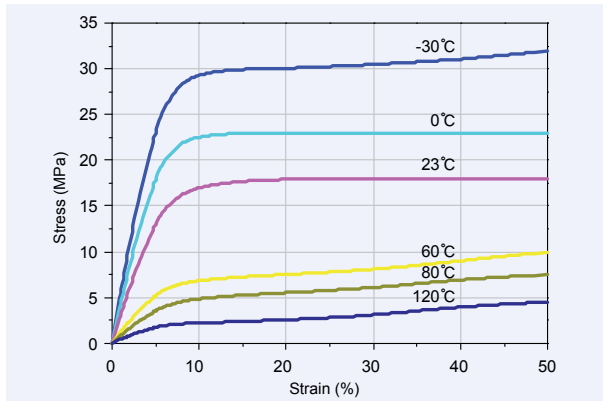
[그림 1]은 점도계 방법으로 구한 분자량의 함수로서의 신장응력을 나타낸다.

150℃ 이상에서 신장응력을 측정할 경우, 시편들은 초기에 불규칙적으로 잠깐 늘어난 후 끊어지는 걸 볼 수 있다. 150℃ 이상의 Chamber 안에서 실행하는 인장 시험에서도 마찬가지로 시험편이 끊어진다. 이 현상은 KEPLOY 9950C로 성형품을 만드는 열성형 가공 시 매우 중요하다. 너무 높은 온도에서의 열성형은 피한다. 또한 가공 속도를 느리게 해야 Crack이 발생하지 않는다.

4.3 기계적 성질

4.3.1 KEPLOY 9950C의 응력 변형 곡선

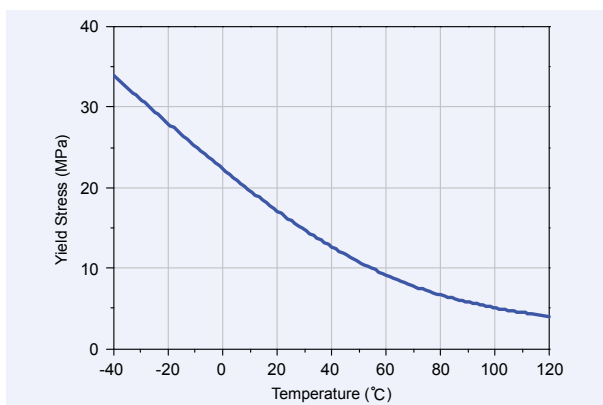
[그림 2]는 ISO 527에 의거한 인장시험의 응력 변형 곡선이다. 인장시험의 응력 변형 곡선에서 최대값이 인장 강도이다. 정상적인 방법으로 제조된 KEPLOY 9950C 제품의 인장강도는 15 MPa 이상의 값을 나타낸다.



[그림 2] KEPLOY 9950C 응력 변형 곡선

그래프에서와 같이 KEPLOY 9950C는 넓은 온도 범위에서 균형 있는 물리적, 기계적 특성을 유지한다.

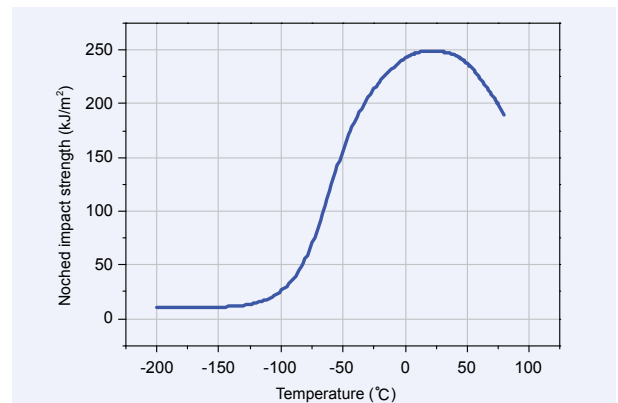
[그림 3]은 온도에 따른 KEPLOY 9950C의 항복응력을 나타낸다.



[그림 3] 온도에 따른 항복응력

4.3.2 충격강도

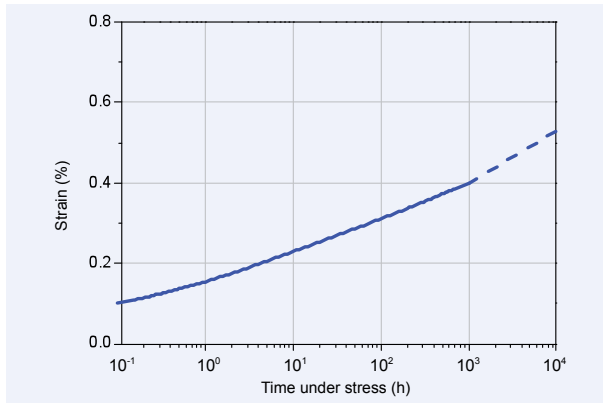
KEPLOY 9950C의 중요한 특성 중 하나는 높은 충격 강도이다. 이러한 특성은 매우 낮은 온도에서도 잘 유지된다. 일반적인 ENPLA의 충격강도 측정 규격인 ISO 179에 의거한 Notched Charpy Impact Test에서는 어떠한 시험편도 파단되지 않는다. 이러한 이유로 인해 UHMWPE에 대한 Notched 충격시험 방법이 수정되었으며, ISO 11542-2로 규정되었다.



[그림 4] 온도에 따른 노치충격강도

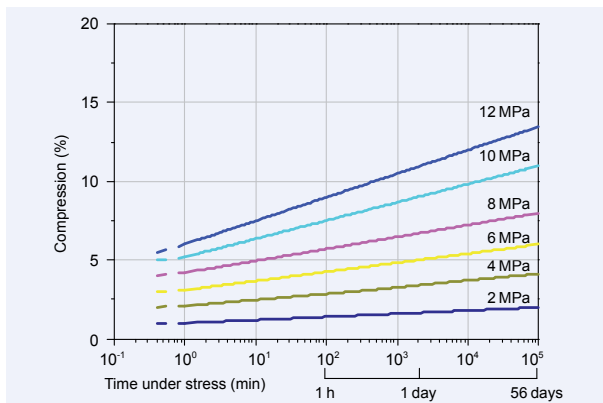
4.3.3 내크리프(Creep) 특성

열가소성 수지는 점탄성 특성(Visco-elastic Property)을 보유하고 있기 때문에 하중에 의한 초기 변형 이외에도 시간이 경과함에 따라 추가 변형이 발생한다. 크리프 변형은 일정한 하중에 의해 장기간에 걸쳐 변형이 일어나는 현상이다. 하중의 정도와 시간에 따라 다르지만, 주어진 하중을 제거하게 되면, 성형된 제품은 원래의 모양으로 일부 또는 전체적으로 복원되는 특성을 나타낸다. 크리프 시험은 일정 응력 하에서의 재료의 거동을 보여준다. 응력에 의한 변형은 시간이 지남에 따라 증가한다. 크리프, 즉 저온흐름(Cold Flow)은 열가소성 수지의 대표적인 성질이다. 이것은 [그림 5]에서 볼 수 있다. 이는 23°C에서 인장응력 하에서의 KEPLOY 9950C의 크리프 거동을 보여준다. 이 인장응력 하에서의 크리프 시험은 1,000 시간까지 행한 후 10,000 시간까지 외삽한다.

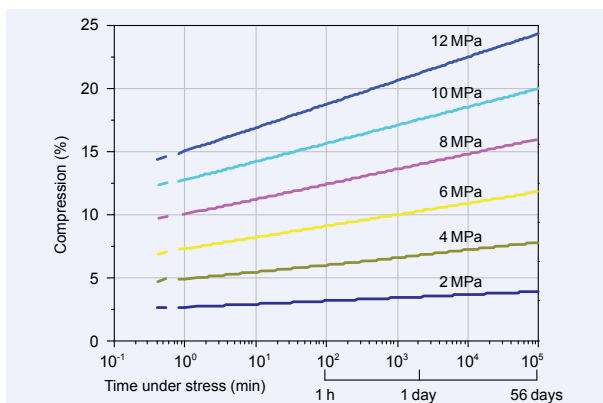


[그림 5] Creep 특성

압축응력 하에서의 크리프 시험에서도 비슷한 거동을 보이는 것을 알 수 있다. [그림 6~7]은 23, 80℃에서 여러 가지 압축 응력에 대해 8주 동안의 압축률의 증가를 보여준다. 시험편에서 응력을 제거했을 때에는 부분적인 회복이 일어난다.



[그림 6] 압축응력에서의 크리프 거동, 23℃



[그림 7] 압축응력에서의 크리프 거동, 80℃

[표 1]은 24시간 동안 응력을 제거했을 때의 영구 변형을 보여준다.

[표 1] 응력 제거 후 압축률 및 영구변형률

구 분	압축 응력 [MPa]					
	2	4	6	8	10	12
압축률 (23℃)	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4
압축률 (80℃)	1.6	3.2	4.8	6.4	8.1	9.7
영구변형률 (23℃)	0.6	1.2	1.8	2.4	2.9	3.5
영구변형률 (80℃)	1.1	2.3	3.5	4.6	5.8	6.9

주) 1. 압축률 : 응력제거 1분 후 측정치 [%]

2. 영구변형률 : 응력제거 24 시간 후 측정치 [%]

4.4 내마찰마모 특성

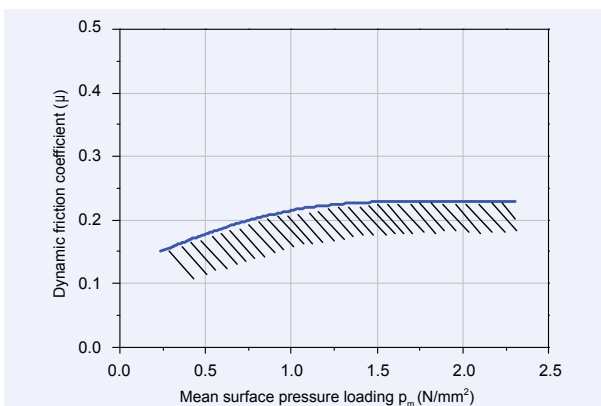
일반적으로 UHMWPE는 마찰마모가 발생하는 구동재로써 매우 적합하다. 일반적으로 엔지니어링 플라스틱에서는 POM이 자기윤활성을 가진 소재로써 널리 알려져 있으나, UHMWPE는 기계적인 강성이 부족할 뿐, 자기윤활성 측면에서는 더욱 뛰어남이 증명되었다. 특히 금속 표면에 대한 비윤활 조건에서의 슬라이딩 섭동에서는 상당히 뛰어난 자기윤활성을 발휘한다.

마찰 및 마모는 각 소재의 고유한 물성이 아닌 구동조건과 환경에 의해 결정되는 특성이다.

최근 제품의 수명 및 비용 절감에 대한 관심이 증대되면서 마찰 및 마모 특성은 중요시 되고 있다.

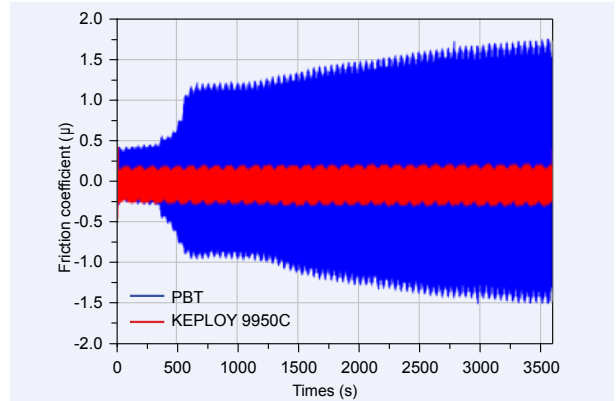
4.4.1 마찰(Friction)

표면 접촉을 하고 있는 두 고체가 상대 운동을 하려고 할 때는 항상 그 운동에 대한 저항이 발생한다. 이러한 현상을 마찰이라 하며 이 때의 저항력이 마찰력이다. [그림 8]에서는 KEPLOY 9950C의 하중에 따른 동마찰계수 변화를 나타내고 있다.



[그림 8] 하중에 따른 동마찰계수

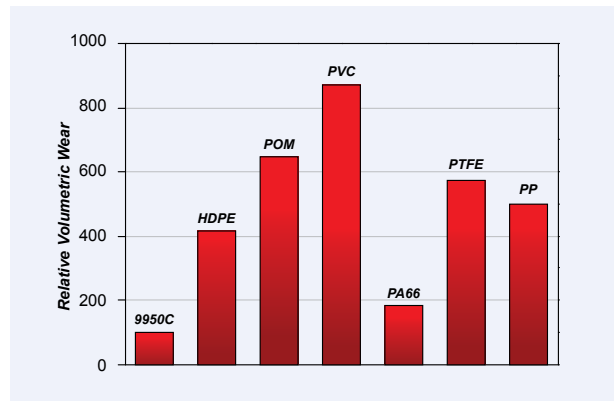
또한 상대재가 유리인 구동환경은 UHMWPE의 자기윤활 특성이 발휘되는데 아주 적합한 환경이다. [그림 9]는 KEPLOY 9950C와 유리와의 왕복섭동에 의한 마찰 평가 결과이다.



[그림 9] KEPLOY 9950C vs. 유리

4.4.2 마모(Wear)

마모는 물체의 표면에서 기계적인 운동에 의해 물체가 점차적으로 부스러지면서 떨어져 나가는 현상이다. KEPLOY 9950C는 이러한 마모특성에서 매우 우수한 성능을 보인다. [그림 10]은 KEPLOY 9950C의 내마모성이 다른 플라스틱류에 비해 상당히 우수하다는 것을 보여준다.



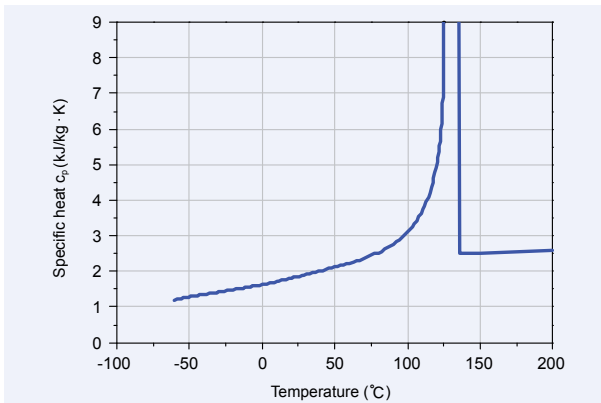
[그림 10] 내마모성 평가 결과

KEPOLY 9950C는 일반적인 UHMWPE와 마찬가지로 극히 낮은 온도 환경에서도 내마모성이 유지된다.

4.5 열적 특성

4.5.1 비열

비열은 단위 질량의 물질이 단위 온도까지 상승하는데 필요한 열량으로 KEPLOY 9950C는 100℃까지 서서히 증가하며 용융점에서 급격히 증가한다. 용융점 이상의 온도에서는 용융 상태의 비열을 나타낸다. [그림 11]은 이러한 특성을 나타내는 KEPLOY 9950C의 비열 측정 결과이다.



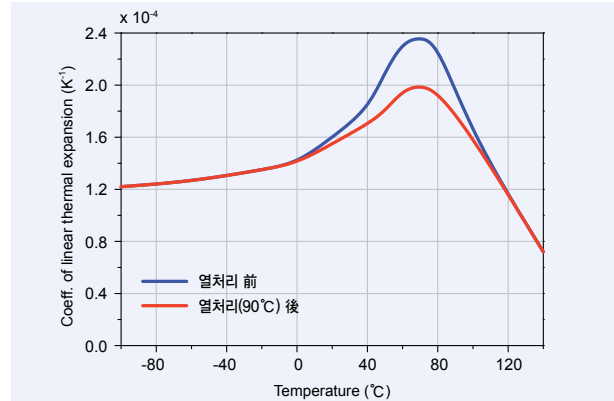
[그림 11] 비열 측정 결과

4.5.2 열변형 온도

열변형온도(ISO 75)는 플라스틱 재료가 규정된 하중에서 일정한 변형량(0.25 mm)이 발생하는 온도로 상대적인 내열성의 평가에 사용된다. KEPLOY 9950C의 열변형온도는 42℃ 정도이다.

4.5.3 선팅창계수

플라스틱은 온도가 상승하면 팽창을 하게 된다. 재료를 사용하는 온도 변화가 큰 환경에 노출되는 경우 제품의 치수 변화, 치수 변화에 의한 간섭 또는 파괴가 일어나는 것을 파악하기 위해 선팅창계수는 매우 중요하다. [그림 11]은 열처리 하지 않은 KEPLOY 9950C, [그림 12]는 열처리한 KEPLOY 9950C의 선팅창계수를 보여준다. 열처리는 80~90℃ 온도 구간에서 3시간 동안 진행하였다.



[그림 12] 선팅창계수 (열처리 전/후)

4.5.4 내열성

플라스틱의 내열성은 용융점, 열변형온도, 선팅창계수 등의 항목 및 장기적으로 사용 가능한 온도는 장기 내열성을 통해 알 수 있다.

KEPLOY 9950C는 저분자량의 PE보다 내열성이 뛰어나다. 이는 소재 자체의 점탄성 특성으로 인해 용융점 이상의 온도에서도 일정 기간 형태를 유지하며 놀라운 치수 안정성을 갖기도 한다. 하지만 용융점이상에서 장기간 노출 시에는 대부분의 플라스틱 소재가 그렇듯이 열분해의 위험성이 존재하므로 피하는 것이 바람직하다.

4.5.5 열전도도

금속과 달리 플라스틱 재료는 단열특성을 보이고 있어 낮은 열전도도를 갖는다. 이러한 열전도성을 향상시키기 위해 일반적으로 Carbon 계통의 무기물을 첨가하기도 하는데 KEPLOY 9950C에 포함되어진 CNT는 함량이 매우 낮음으로 인해 고체 상태에서의 열전도도는 0.4 W/mK 미만인 열적부도체 이다.

4.6 전기적 성질

일반적으로 UHMWPE는 전기적 특성이 부도체에 가까운 수치로 알려져 있다. 최근 전기전자 및 반도체 산업의 발전에 따라 기존의 절연 특성뿐만 아니라 도전성 또는 대전방지성이 요구되는 소재에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다.

KEPOLY 9950C는 이러한 산업계의 요구에 따라 대전방지성을 우수하게 설계한 제품이며, 이러한 전기적 특성을 부여하기 위하여 CNT를 적용하였다. 일반적으로 플라스틱에 무기물이 첨가되었을 경우 기계적 물성이 변하게 되는데, KEPLOY 9950C는 이러한 CNT의 사용을 최적화하여 Base Resin 자체의 고유 물성이 나타나도록 설계되었다.

4.6.1 표면저항률

표면저항률(ASTM D257)은 시험편의 표면적 사이에 전압이 인가될 때 측정되는 재료의 전기적 저항이다. 일반적으로 플라스틱 재료에 있어서 도전성, 대전방지성 및 절연성을 표현할 때 가장 널리 사용되는 특성이다. [표 2]는 표면저항률에 따른 Grade의 분류를 나타내고 있다.

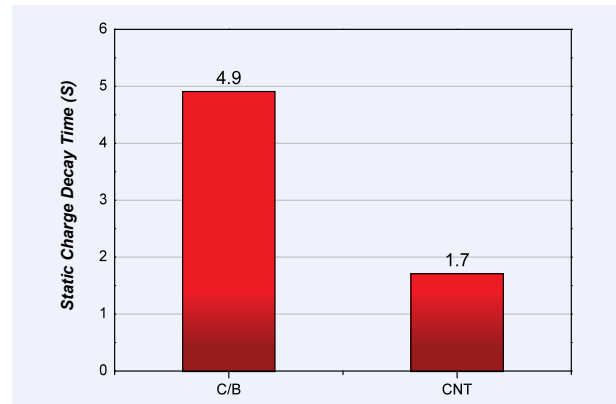
[표 2] 표면저항에 따른 Grade 구분

표면저항	$10^4 \sim 10^6 \Omega$	$10^6 \sim 10^9 \Omega$
특 성	정전전도성	정전분산성
Grade	9950C R5	9950C R7

4.6.2 SCDT(Static Charge Decay Time)

SCDT(Static Charge Decay Time)는 시험편에 일정한 정전기전하를 하전한 후 50%로 반감되는 시간을 의미한다. 이는 대전방지성을 갖는 소재에 있어서 우열을 판별할 때 많이 적용되곤 한다. 일반적으로 UHMWPE에 대전방지성을 적용하기 위해서는 C/B(Carbon Black)을 많이 적용하는데, KEPLOY 9950C의 경우 CNT를 적용함으로써 상대적으로 더 뛰어난 SCDT를 나타내는 것으로 평가되었다.

[그림 13]은 UHMWPE에 C/B를 적용한 제품과 KEPLOY 9950C를 비교 평가한 결과이다.



[그림 13] UHMWPE C/B vs. KEPLOY 9950C (CNT)

4.6.3 체적저항률

체적저항률(ASTM D257)은 시험편의 단위 입방체의 반대편 사이에 전위가 가해질 때 측정되는 재료의 전기적 저항이다. 체적 저항률은 재료의 내부 전류만을 기준으로 측정된 저항으로 이를 통해 절연체로서의 사용 여부를 판단할 수 있다.

4.6.4 내전압(절연파괴강도)

절연체에 전압을 인가하여 단계적으로 증가시킬 때 어느 한도를 넘으면 갑자기 대전류가 흘러서 절연이 파괴되는데 이때 전압의 한계값을 내전압 또는 절연 파괴강도라고 한다. 플라스틱의 내전압 측정(ASTM D149)은 제조된 시험편을 두 전극 사이에 장착한 후 전압을 0에서부터 단계적으로 증가시켰을 때, 전류가 흐르게 되는 때의 전압을 시험 두께로 나누어 구한다.

4.7 내화학적 성질

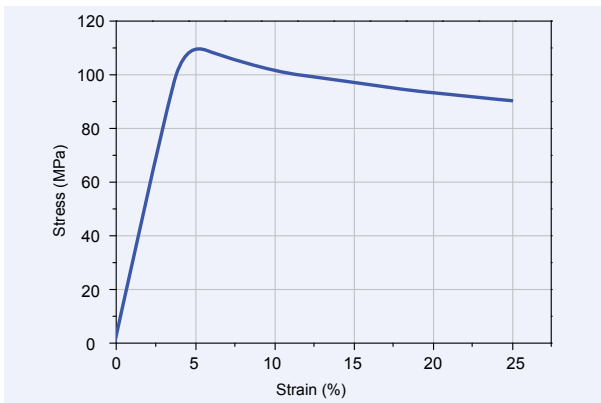
다른 PE와 마찬가지로 KEPLOY 9950C는 산화성 강산 이외의 내화학성은 상당히 우수하다. (자세한 내용은 Ticona社의 “Resistance to chemicals and other media” Brochure 참조)

5. KEPAEK C

5.1 기계적 성질

5.1.1 인장 특성

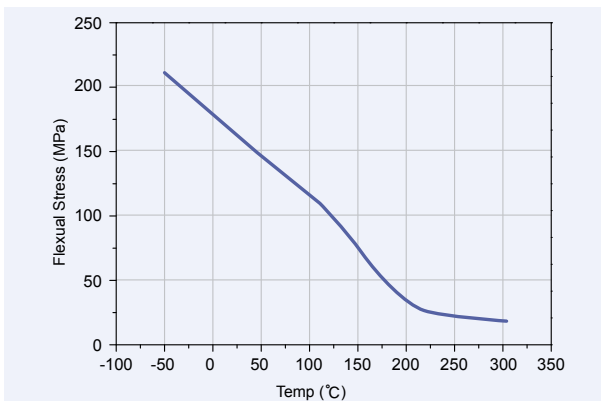
KEPAEK C의 인장 특성은 PEEK와 마찬가지로 일반적인 Engineering Plastic보다 상당히 우수하다. [그림 14]는 KEPAEK C의 S-S(Stress-Strain) Curve이다. (ISO 527)



[그림 14] KEPAEK C의 S-S Curve

5.1.2 굴곡 특성

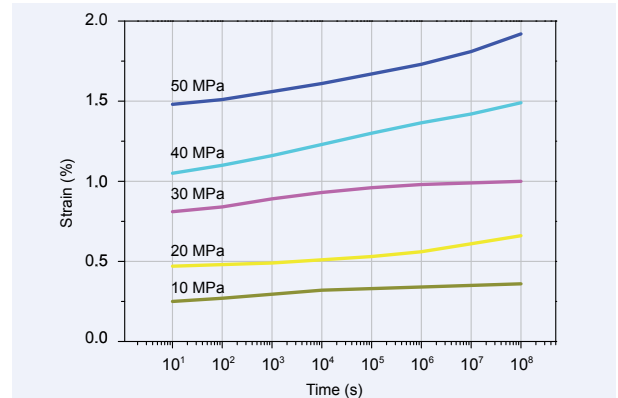
KEPAEK C는 상당히 넓은 온도구간에서 우수한 굴곡 특성을 가지고 있다. 아래 [그림 15]는 온도 변화에 따른 KEPAEK C의 굴곡 강도이다.



[그림 15] 온도 변화에 따른 KEPAEK C의 굴곡강도

5.1.3 크리프 특성

KEPAEK C는 일반적인 엔지니어링 플라스틱 대비 상당히 우수한 Creep 특성을 나타낸다. 이는 일정한 하중 또는 힘을 받는 부품에 있어서 부품의 사용시간이 늘어남을 의미한다.



[그림 16] 상온에서의 KEPAEK C 크리프 변형률

5.1.4 피로 특성

구조 설계 및 해석은 부품에 일정한 하중을 가하였을 때, 부품이 파괴가 되지 않고 정상적으로 구동을 할 수 있는 지의 결과로 부품이 1회의 하중만 받는 것에 대한 해석이 이루어진 것이다.

실제 부품은 장시간에 걸쳐 주기적으로 반복된 응력 또는 변형이 주어지게 되면 피로현상이 발생한다. 이러한 현상에 의해 일어나는 파괴 또는 구동의 실패를 피로파괴라고 한다. 따라서 구조물의 설계 시에는 이러한 플라스틱의 피로 특성을 반드시 고려하여야 한다.

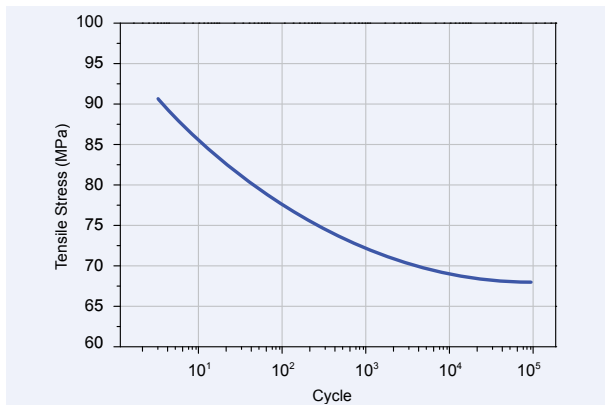
플라스틱의 피로 특성을 평가하는 방법은 크게 3가지이다.

- (1) 하중 제어법(Load control)
- (2) 변형률 제어법(Strain control)
- (3) Grip간 변형률 제어법(Position control)

하중제어(S-N) 방법은 단지 탄성응력만을, 변형률 제어(E-N)방법은 탄성-소성, 응력-변형률의 특성을 파악할 수 있다.

피로시험에서 일반적인 시험방법은 없으며, 각 제어법에는 장점과 한계가 있으므로 재료, 하중이력, 사용환경 등을 기초로 선정하도록 하고 있다.

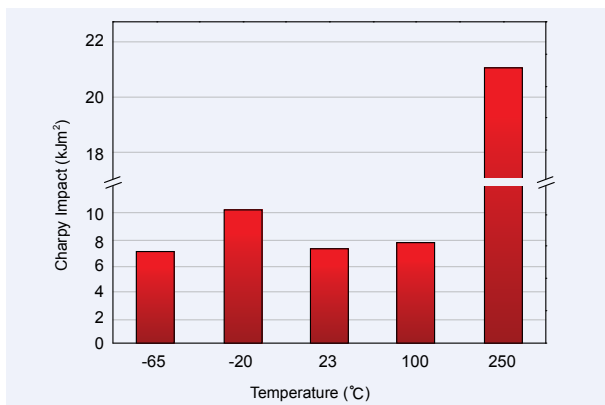
하중제어(S-N) 방법은 거의 모든 상황에서 대략적인 수명을 평가하는데 사용될 수 있으며, 일정 진폭하중에 적용되며, 그 예로 동력전달축, 밸브 스프링, 기어 등을 들 수 있다. 변형률 제어법은 초기 균열을 유발시키는 소성변형률을 모델화 할 수 있다. 따라서 소성변형률이 현저한 곳에 적용이 가능하다.



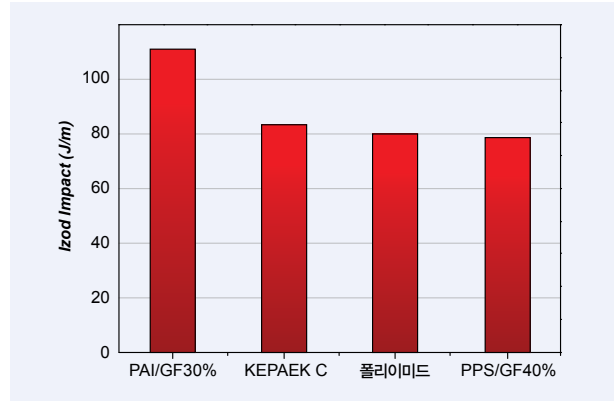
[그림 17] KEPAEK C의 S-N Curve

5.1.5 충격 특성

일반적으로 플라스틱 재료들은 상온대비 저온에서 충격 특성이 떨어지는 것으로 알려져 있다. 하지만 PEEK류의 소재들은 저온에서의 충격특성이 상당히 우수한 것으로 알려져 있다. KEPAEK C 역시 이러한 특성을 가지고 있다.



[그림 18] KEPAEK C 온도에 대한 충격 강도



[그림 19] KEPAEK C 및 여타수지의 Izod 충격강도

상기 [그림 19]에서는 기타 고내충격성을 가지고 있는 플라스틱과 KEPAEK C에 대한 Notched IZOD Impact Test 결과를 살펴 볼 수 있다. 결론적으로 대부분의 고내충격 제품은 G/F(Glass Fiber)가 충전된 제품인데 반하여 비강화 소재에서는 KEPAEK C가 상당히 높은 충격강도를 가짐을 알 수 있다.

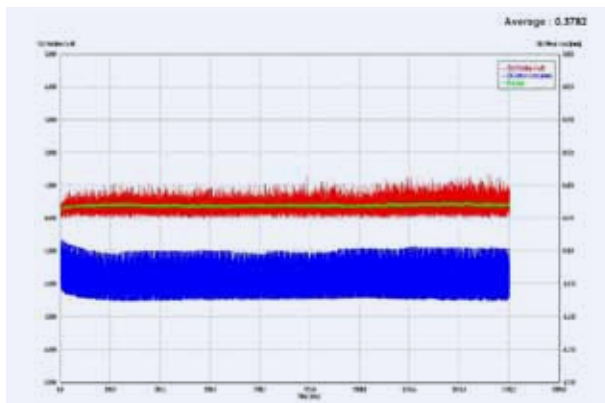
5.2 내마찰마모 특성

최근 제품의 수명 및 비용 절감에 대한 관심이 증대되면서 마찰 및 마모 특성은 점차 중요시 되고 있다. KE-PAEK C는 우수한 내마찰마모 특성을 통해 다양한 제품에 적용되고 있다. 특히 윤활제의 사용이 제한되는 특수 분야에 적합하다.

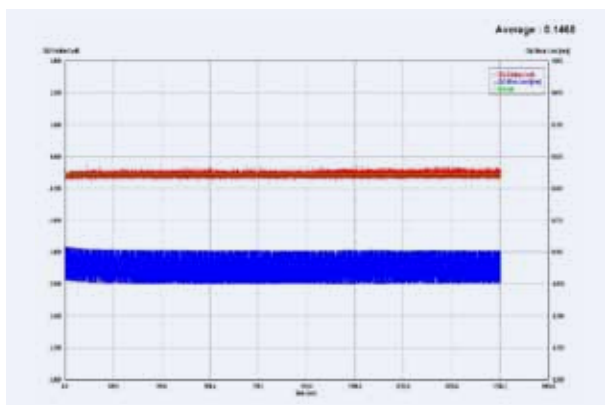
5.2.1 마찰(Friction) & 마모(Wear)

KEPAEK C Grade에 대한 마찰마모 평가를 진행하기 위해 당사에서는 Thrust Washer 시험기 및 왕복마찰마모 시험기를 사용하여 평가하였다. KEPAEK C는 일반적인 PEEK 대비 경도측면에서 우수함으로 인해 상대재가 딱딱한 부품에 적용 시 다른 비강화 PEEK 대비 우수한 마찰특성을 나타낸다.

[그림 20~21] 및 [표 3]은 타사의 PEEK와 KEPAEK (CNT 미함유품) 및 KEPAEK C를 사용하여 마찰마모 평가를 진행한 결과이다.



[그림 20] A社 PEEK vs. Glass 마찰평가 결과



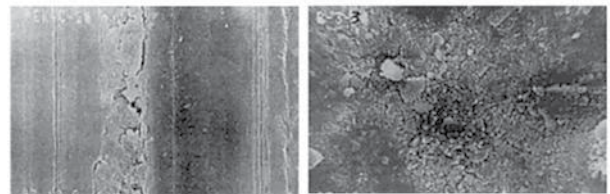
[그림 21] KEPAEK vs. Glass 마찰평가 결과

[그림 20] 및 [그림 21]을 살펴보면 KEPAEK의 동마찰계수 변화가 A社 PEEK 대비 안정적임을 알 수 있다. 이러한 결과는 아래 [표 3]에 정리하였다.

[표 3] PEEK vs. KEPAEK 마찰평가

구분	단위	PEEK	KEPAEK	KEPAEK C
동마찰계수	—	2.03	1.83	1.39
Rmax	μm	145	110	32
경도	HRR	102	103	104

주) 1. PEEK : A社 PEEK (압출용)
2. KEPAEK : KEP PEEK (압출용)
3. KEPAEK C : KEP PEEK/CNT (압출용)



[그림 22] 좌 : KEPAEK / 우 : A社 PEEK

또한 마찰마모 평가 후 시편의 마찰 표면을 Optical Microscope을 사용하여 살펴보면 (그림22 참조) KE-PAEK이 A社 PEEK 대비 표면상태가 상당히 우수한 것을 알 수 있다.

5.3 열적 특성

5.3.1 열변형온도

지속적으로 하중 또는 응력을 받는 부품 및 시료에서 지정된 변형량에 도달하는 온도의 측정이 열변형온도(HDT)이다. 이는 플라스틱의 단기적 열성능으로 규정할 수 있다. KEPAEK C는 다른 여타의 고내열 플라스틱 대비 우수한 열변형온도 특성을 가지고 있다.

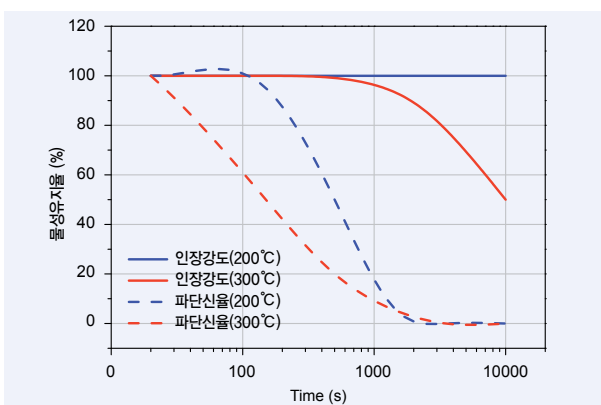
5.3.2 선팅창계수

온도 변화가 큰 환경에서 사용되는 부품을 설계할 때 높은 정밀성이 요구될 때에는 반드시 열팽창을 고려하여야 한다. 일반적으로 결정성 플라스틱 소재의 열팽창은 고분자의 성질 뿐만 아니라 가공조건 및 그에 따른 내부 응력, 부품의 형상 및 열이력에 의존한다. 이러한 내부 응력은 Annealing 공정을 통해 상당히 해결할 수 있으나, 부품 가공환경과 구동환경의 온도 차이가 크다면 반드시 선팅창계수를 고려해야 한다.

KEPAEK C의 선팅창계수는 $0.5 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ 정도이다.

5.3.3 장기 내열성

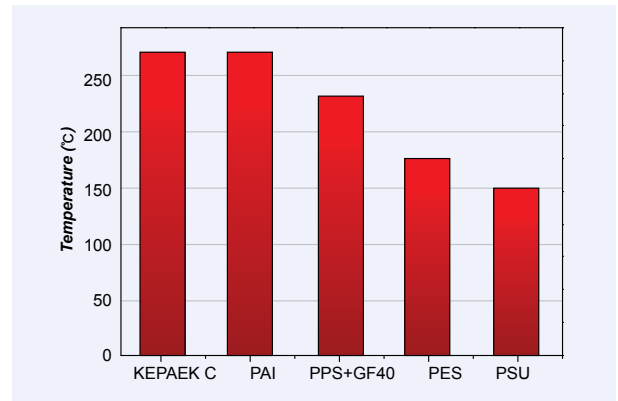
KEPAEK은 고온에서의 장기 물성이 안정적으로 유지되는 대표적인 플라스틱이다.



[그림 23] KEPAEK C의 고온 체류 시험

이는 기본적으로 PEEK 계통의 플라스틱의 공통적인 특징이다. 일반적으로 구동환경이 200°C 이상의 온도조건이라면 대부분의 Engineering Plastic은 열노화로 인해 장기적인 제품 수명을 보장할 수 없다.

하지만 KEPAEK C의 경우 용융점이 340°C 정도이므로 200°C 정도의 구동환경에서 상당히 장기간 기본 물성을 유지하는 것을 알 수 있다.



[그림 24] 고기능 수지들에 대한 RTI

플라스틱의 장기 내열성을 나타내는 또 다른 방법은 UL 746B 규격의 RTI(Relative Temperature Index)이다. UL Card에 표기된 수치는 연속적으로 10만 시간 사용 후에도 초기 물성치의 최소 50%가 유지되는 온도를 나타낸다.

5.4 전기적 성질

일반적으로 PEEK는 전기적 특성이 부도체에 가까운 수지로 알려져 있다. 최근 전기전자 및 반도체 산업의 발전에 따라 기존의 절연 특성뿐만 아니라 내열성, 내화학성, 도전성 또는 대전방지성이 요구되는 소재에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다.

KEPAEK C는 이러한 산업계의 요구에 따라 대전방지성을 우수하게 설계한 제품이며, 이러한 전기적 특성을 부여하기 위하여 CNT를 적용하였다. KEPAEK C는 당사의 우수한 CNT 분산 기술을 바탕으로 CNT의 사용을 최적화하여 Base Resin 자체의 고유 물성이 나타나도록 설계되었다.

5.4.1 표면저항률

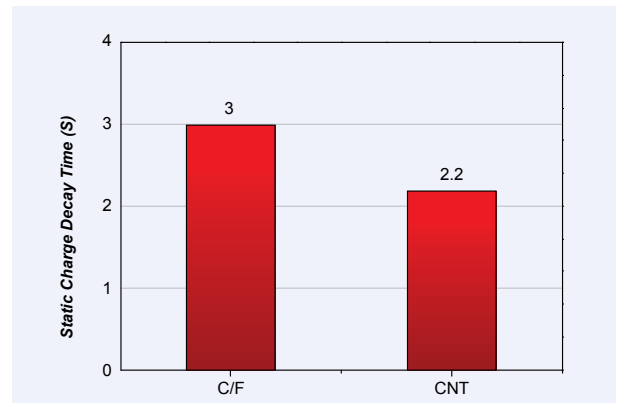
일반적으로 PEEK에 대전방지성 및 도전성을 부여하기 위해서는 C/B(Carbon Black), Graphite 또는 C/F(Carbon Fiber)등의 도전성 Filler를 주로 적용하는데, 원하는 표면 저항을 얻기 위해서는 상대적으로 다량의 Filler를 투입하여야 한다. KEPAEK C의 경우 Nano Scale의 CNT를 극소량 적용함으로 인해 PEEK의 고유 특성인 인성, 충격성, 내마모성 등을 유지하면서, 다량의 도전성 Filler 적용 시 발생 위험이 높은 도전성 Particle에 의한 2차 오염의 가능성을 현저히 낮출 수 있는 장점이 있다. 또한, 기존의 Filler를 사용한 대전방지성 및 도전성 PEEK 제품들의 문제점인 성형제품 부위별 표면저항 편차를 CNT의 우수한 분산 기술을 통해 해결하였다.

KEPAEK C는 표면 저항 영역에 따라 크게 R5 ($10^4 \sim 10^6 \Omega$) 와 R7 ($10^6 \sim 10^9 \Omega$) 두 가지 제품군으로 구분된다.

5.4.2 SCDT(Static Charge Decay Time)

KEPAEK C의 경우 극소량의 CNT를 적용하였음에도 불구하고 다량의 도전성 Filler를 투입한 기존의 PEEK 제품 대비 동등 이상의 SCDT를 구현함을 확인할 수 있다.

[그림 25]는 PEEK에 Carbon Fiber를 30% 투입한 제품과 KEPAEK C를 비교 평가한 결과이다.



[그림 25] PEEK C/F 30 % vs. KEPAEK C (CNT)

6. 품질 및 규격 인증

고객과 함께 풍요로운 미래를 창조하는 한국엔지니어링플라스틱(주)는 세계속의 기업으로 거듭나고자 끊임 없는 노력과 도전의식으로 국제적인 품질인증시스템인 ISO 9000을 시작으로 QS-9000, ISO/TS 16949로 발전시켰으며, 시험결과와 신뢰성을 향상하고자 KOLAS(공인시험기관 인정기구)로부터 ISO 17025를 근간으로 하는 공인시험소 인정을 받았습니다. 나아가 국제적으로 그 품질의 안정성과 우수성을 UL, CSA, NSF, FDA 및 BS6920 등의 규격인증을 획득함으로써 명실공히 세계속의 메이커임을 입증 받았습니다.

구분	인증 규격
시스템 규격	<ul style="list-style-type: none"> · ISO/TS 16949 · ISO 9001 · ISO 14001 · K-OHSMS 18001
<ul style="list-style-type: none"> ISO/TS 16949 : 자동차 분야의 통합 품질 경영시스템 ISO 9001 : 품질 경영시스템 ISO 14001 : 환경 경영시스템 K-OHSMS 18001 : 안전보건 경영시스템 	



I 규격 인증서 I



ISO/TS 16949



ISO 9001



ISO 14001

본사

04532, 서울특별시 중구 소공로 94 (OCI빌딩, 14층)
Tel. 02-728-7481 Fax. 02-714-9235

Headquarters

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7481 Fax. +82-2-714-9235

연구소

15850, 경기도 군포시 고산로 166, 104동 201호 (당정동, SK벤티움)
Te Tel. 031-436-1300 Fax. 031-436-1301

EU & America Sales

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7467 Fax. +82-2-714-9235

Asia Sales

14th Floor, OCI BLDG., 94, Sogong-ro, Jung-gu, Seoul, 04532, Republic of Korea
Tel. +82-2-728-7491 Fax. +82-2-714-9235

China Sales

上海聚醚醚化工贸易有限公司
上海市长宁区天山路1717号SOHO天山广场2幢T2-903C室(200051)
Tel. +86-21-6237-1977 ; E-mail: cpac.sales@gpac-kpac.com

Disclaimer: 1. 상기 자료는 본 제품에 대해 당사의 현재 기술 수준에서 측정된 것이며, 측정 방법 및 조건에 따라 변경될 수 있습니다. 본 제품에 고객에 의해 안료 및 기타 첨가제가 사용된 경우 상기 자료는 적용되지 않습니다. 본 제품은 (치)의학 Implants 용으로는 적합하지 않으며, 고객은 안전 및 보건 기준에 따라 본 제품을 사용해야 합니다. 제품 사용의 결정 및 책임은 고객에게 있으며, 상기 자료는 법적 소송 및 근거자료로 활용될 수 없습니다.

2. 상기 성형수축률은 당사 시험편 금형을 이용하여 특정 사출조건에 한하여 측정된 수치이므로, 측정조건에 따라 다소 변동될 수 있습니다. 귀사에서 제작하고자 하는 금형의 경우 두께, 디자인, 사출기, 사출조건 등이 당사 시험편 금형과 상이하여 상기 수축률과 차이가 있을 수 있으므로, 귀사의 설계조건, 사출성형조건 등을 충분히 검토하신 후 필요 시 보정하여 적용하시기 바랍니다. 제작하고자 하는 금형과의 수축률 차이가 발생할 경우 당사에서는 어떠한 법적 책임도 질 수 없으며, 모든 책임은 귀사에 있음을 분명히 밝혀 드립니다.