

KEPITAL의 물리적, 기계적 특성

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

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, 피로성 시험 등의 장기적 물성이 모두 중요하다.

1. 항복, 파단의 기본 개념

인장시험(ISO 527)은 플라스틱의 강도, 탄성률, 신율을 평가하는 방법이다. 인장시험의 결과는 시편에 가해진 응력(stress)을 길이의 변형(strain)에 대하여 표시하여 응력 변형 곡선(S-S curve)으로 나타낸다. 변형의 초기에는 응력이 사라지면 원래 상태로 돌아 오지만 특정한 응력, 즉 항복점(yield point) 이상에서는 변형이 영구적으로 발생한다.

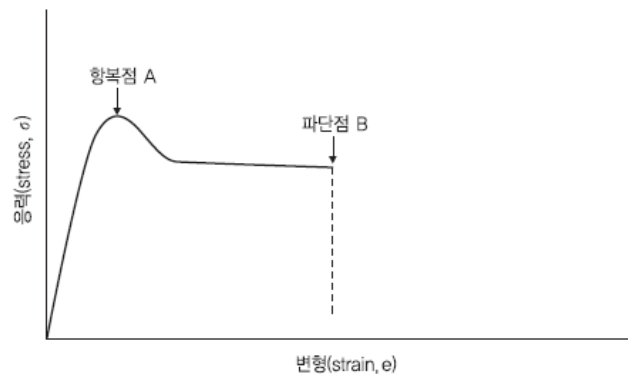


그림 1. 인장시험의 응력 변형 곡선과 항복점

그래프에서 A가 항복점이며 이때의 항복강도는 탄성변형이 일어나는 한계응력이며 B는 파괴가 일어나는 파단점이다. 인장강도는 응력 변형 곡선(S-S curve)에서 재료가 견딜 수 있는 최대응력(σ_{max})이다.

2. KEPITAL의 응력 변형 곡선(S-S curve)

그림 2는 KEPITAL 주요 Grade의 인장시험의 응력 변형 곡선이다. 인장시험의 응력 변형 곡선에서 최대 응력값이 인장강도이다.

KEPITAL 주요Grade의 인장강도는 다음과 같다.

(ISO527, 온도 23°C)

Grade	인장강도(MPa)	시험속도(mm/min)
F20-03	65	50
FG2025	160	50
TE-24	41	50

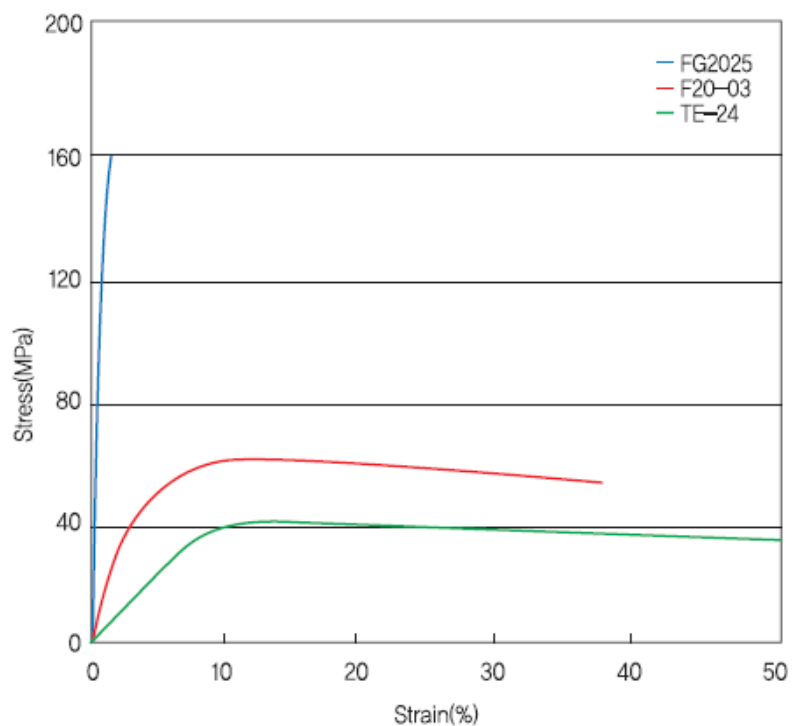


그림 2. KEPITAL 주요 Grade의 응력 변형 곡선(ISO 527, 온도 23 °C)

그림 3은 KEPITAL 주요 Grade의 굴곡시험(ISO 178)에 대한 응력 변형 곡선이다.

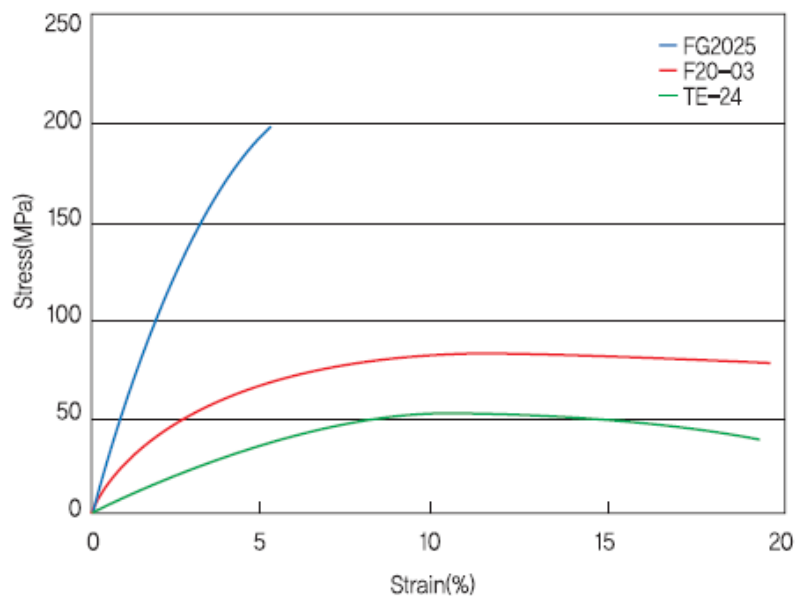


그림 3. 굴곡시험의 응력 변형 곡선(ISO 178, 온도 23 °C, 2.0 mm/min)

3. 물성의 온도 의존성

KEPITAL은 넓은 온도 범위에서 균형있는 물리적, 기계적 특성을 유지한다.

그림 4는 온도별 인장시험의 응력 변형 곡선이며,

그림 5는 온도별 인장강도 의존성을 나타낸다.

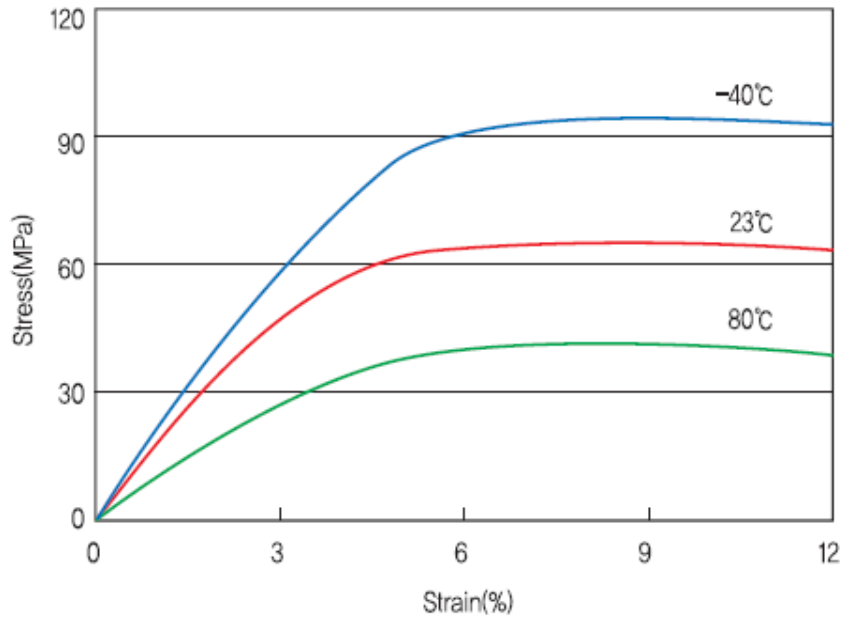


그림 4. F20-03의 온도별 인장 응력 변형 곡선(ISO 527, 시험속도 50 mm/min)

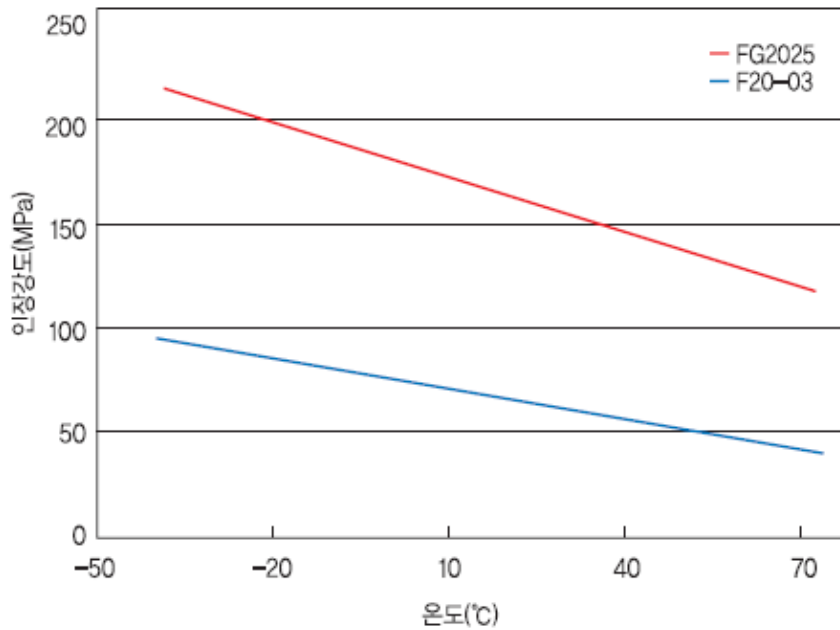


그림 5. KEPITAL의 인장강도 온도 의존성(ISO 527, 시험속도 50 mm/min)

4. 충격강도

충격강도는 시험편에 순간적인 충격하중을 가하여 재료의 파괴에 필요한 에너지를 나타내는 물성이다. 충격강도를 평가하는 방법은 샤르피 시험법(Charpy impact test, ISO 179)과 아이조드 시험법(Izod impact test, ASTM D256)이 주로 사용된다.

충격강도는 노치(notch), 비노치(unnotch) 시험 방법으로 평가할 수 있으나, 일반적으로 충격 하중의 응력이 집중될 수 있도록 시험편에 노치를 만든 후에 평가한다.

KEPITAL의 충격강도는 온도, 습도에 대한 영향이 적어서 넓은 온도 범위와 환경에서도 고유의 물성을 유지한다.

표 1. KEPITAL 주요 Grade의 Charpy 충격강도(ISO 179, 노치 시편, 23°C)

Grade	F20-03	FG2025	TE-24
충격강도	6.5	8	18

5. 전단강도(Shear Strength)

파단 전에 그 재료가 유지될 수 있는 최대 전단 응력을 전단강도라 한다.

전단강도는 전단응력의 영향을 받은 재료의 최대강도로 시험편이 완전히 전단되는데 필요한 최대하중이다. 전단부의 단면형태에 따라 응력의 단위로 나타낸다(ASTM D732).

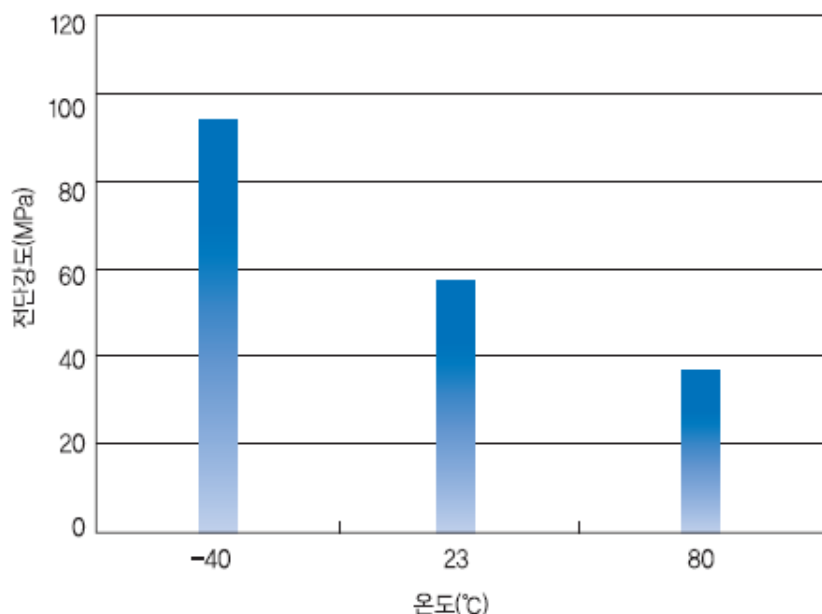


그림 6. KEPITAL F20-03의 온도별 전단강도(ASTM D732, t 3 mm, 속도 1.25 mm/min)

6. 비체적 곡선

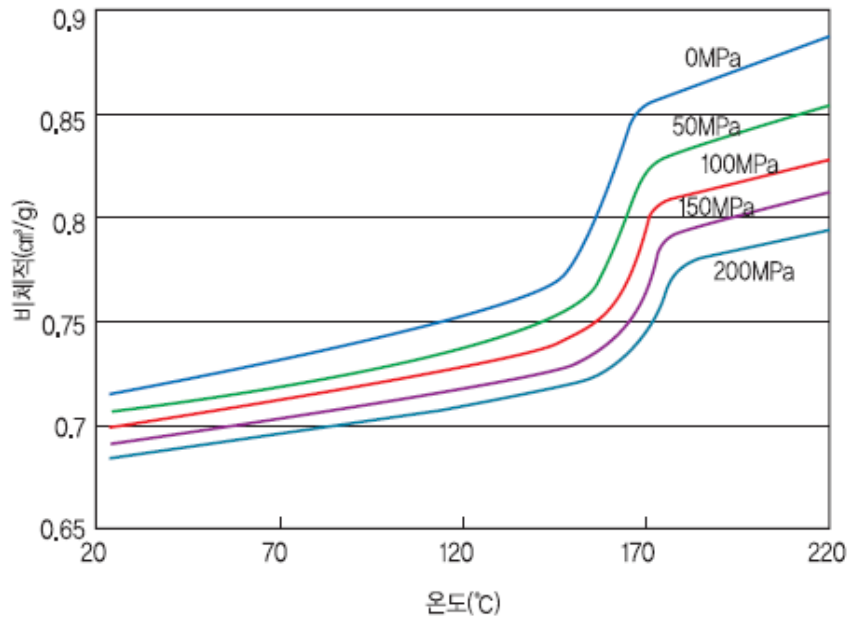


그림 7. KEPITAL F20-03의 비체적 곡선

사출성형시 수축이 발생하는 가장 근본적인 원인은 용융상태에서 냉각이 이루어질 때, 온도 저하에 따른 열수축과 KEPITAL의 결정화에 의한 수축이 함께 발생하기 때문이다. 아울러 냉각 속도가 빠르거나, 고압하에서 냉각이 될수록 체적 변화는 적게 발생한다. KEPITAL의 비체적 곡선은 그림 7과 같으며, KEPITAL의 용융점 부근인 160 °C 전후를 통해서 급격한 체적 변화가 발생하는 것을 알 수 있다.

7. 경도(Hardness)

플라스틱 재료의 경도는 주로 로크웰 경도(Rockwell hardness)로 나타낸다.

로크웰 경도(ASTM D785)는 압입하는 강구 크기 및 하중에 따라 15종류의 시험 조건이 나뉘어진다. 플라스틱의 경도는 보통 M scale 또는 R scale로 나타내며 측정된 값이 클수록 단단한 것을 나타낸다.

KEPITAL 표준 Grade의 점도에 따른 경도 변화는 다음과 같다.

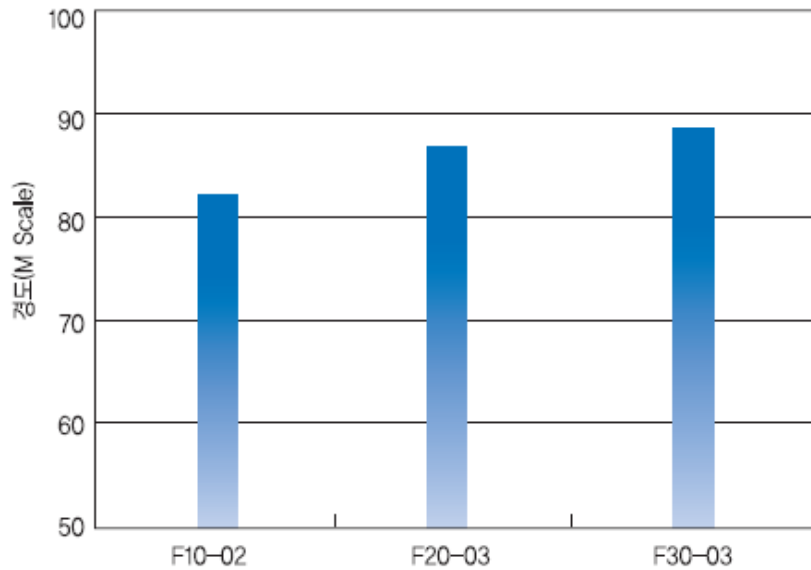


그림 8. KEPITAL Grade별 경도 변화

KEPITAL 내충격 Grade의 내충격제 함량에 따른 경도변화는 다음과 같다.

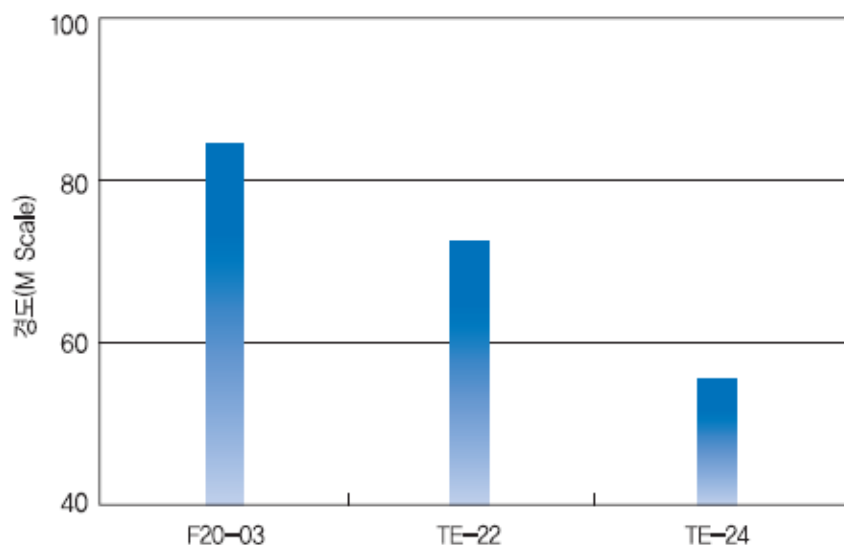


그림 9. KEPITAL 내충격 Grade의 경도 변화

8. 포아송비(Poisson's ratio)

포아송비(Poisson's ratio, ν)는 길이가 L 이고 폭이 H 인 막대기에 당김힘이 가해졌을 때 길이 방향의 변형률에 대한 폭 방향의 연신율의 비율이다.

플라스틱 재료의 포아송비는 시험 시간, 온도, 응력 등 환경의 영향을 받는다.

KEPITAL F20-03의 포아송비는 약 0.35이다.

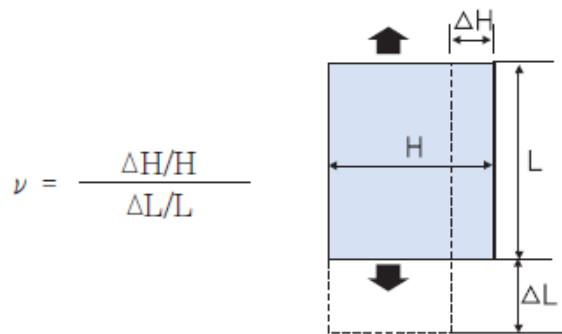


그림 10. 포아송비(Poisson's ratio)의 이해

일반적인 구조해석에 사용되는 재료의 물성치는 인장탄성계수(E)와 포아송비(ν)이다.

재료의 신장이 일어날 때 신장의 길이 방향 뿐만 아니라 수직 방향으로도 변형이 일어나기 때문에 그 비율을 정한 것이 포아송비(ν)이며 E 와 ν 값을 알고 있으면 전단탄성계수(G) 값을 구할 수 있다.

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

9. 내크리프(Creep) 특성

열가소성 수지는 점탄성 특성(Viscoelastic property)을 보유하고 있기 때문에 하중에 의한 초기 변형 이외에 시간이 경과함에 따라 추가 변형이 발생한다. 크리프 변형은 일정한 하중에 의해 장시간에 걸쳐 변형이 일어나는 현상이다. 하중의 정도와 시간에 따라 다르지만, 주어진 하중을 제거하게 되면, 성형된 제품은 원래의 모양으로 일부 또는 전체적으로 복원되는 특성을 나타낸다.

KEPITAL의 크리프 변형에 미치는 영향인자는 다음과 같다.

- (1) 응력, 온도, 사용환경
- (2) 분자량 및 GF/무기물 함량
- (3) 성형품Design 영향

다음은 KEPITAL 주요 Grade에 대한 인장 크리프 특성과 굴곡 크리프 특성을 보여주고 있다.

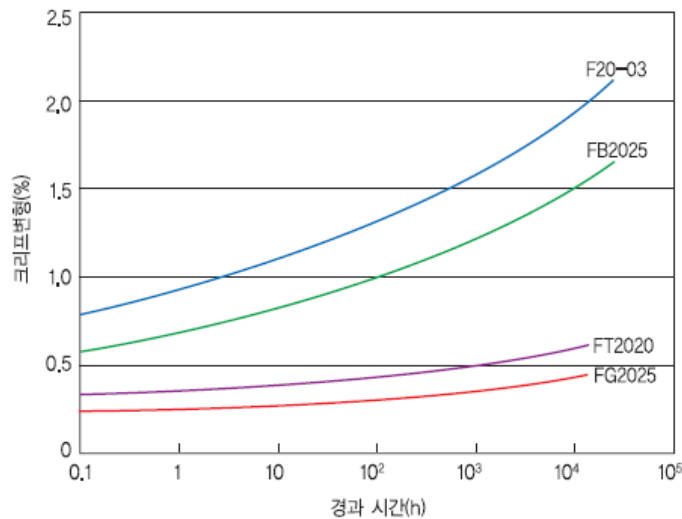


그림 11. KEPITAL의 굴곡 크리프 특성(23°C, 20 MPa)

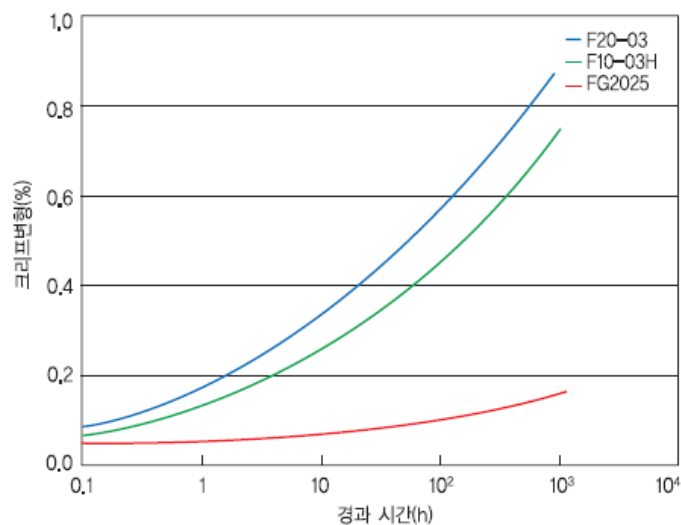


그림 12. KEPITAL의 인장 크리프 특성(23°C, 12 MPa)

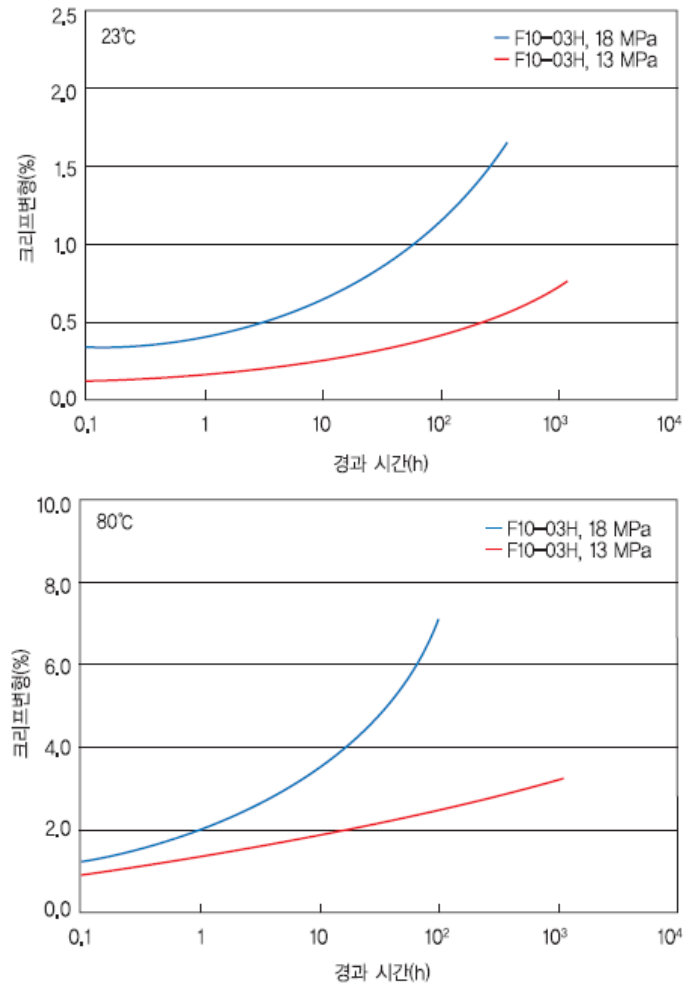


그림 13. F10-03H의 온도, 하중에 따른 크리프 시험(23°C, 80°C)

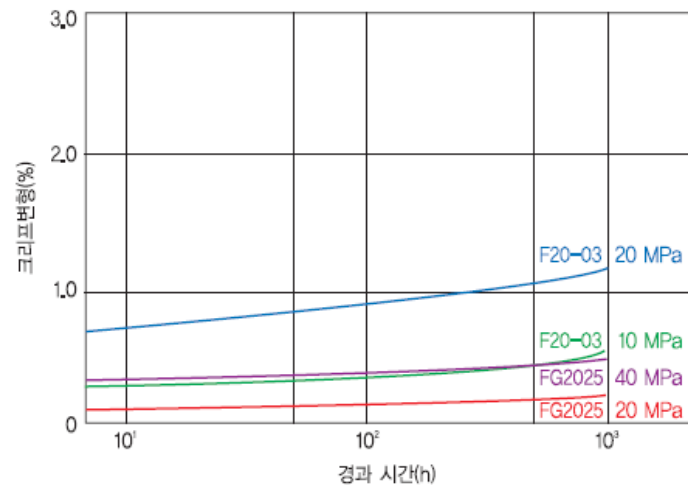


그림 14. FG2025, F20-03의 굴곡 크리프 특성(23°C)

크리프 파괴는 부품에 일정한 부하를 장시간 계속해서 받으면 변형이 발생하고 결국에는 파손되는 현상이다.

플라스틱은 점탄성 특성을 가지고 있기 때문에 금속 재료 대비 쉽게 크리프 변형이 나타난다. 특히 파이프, 내압용기, 나사체결, 인서트성형, 후가공 공정에서의 압입품 등과 같은 부품을 설계시에는 반드시 사전에 크리프 특성이 고려가 되어야 한다.

그림 15는 KEPITAL F20-03의 크리프 파괴 특성을 보여주고 있다.

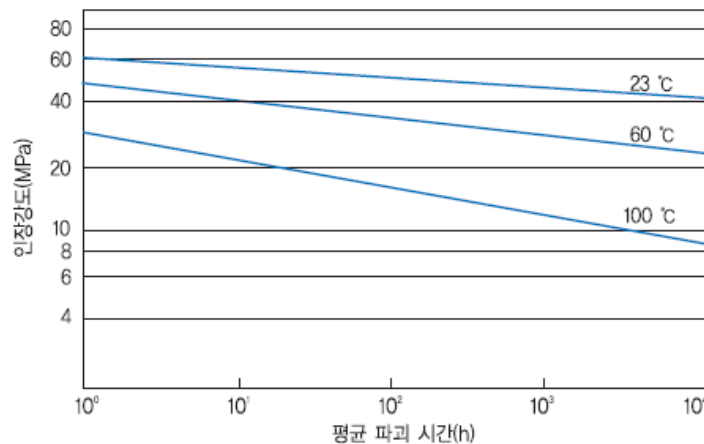


그림 15. KEPITAL F20-03의 크리프 파괴 특성

10. 내피로(Fatigue) 특성

구조 설계 및 해석은 부품에 일정한 하중을 가하였을 때 부품이 파괴가 되지 않고 정상적으로 구동을 할 수 있는지의 결과로 부품이 1회의 하중만 받은 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 설계시에는 이러한 플라스틱의 피로 특성을 반드시 고려하여야 한다.

플라스틱의 피로 특성을 평가하는 방법은 크게 3가지가 있다.

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

하중제어(S-N)방법은 단지 탄성응력만을, 변형율제어(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 동력 전달축, 밸브 스프링, 기어 등을 들 수 있다.

변형률 제어법은 초기 균열을 유발시키는 소성변형률을 모델화 할 수 있다.

따라서 소성변형률이 현저한 곳에 적용이 가능하다.

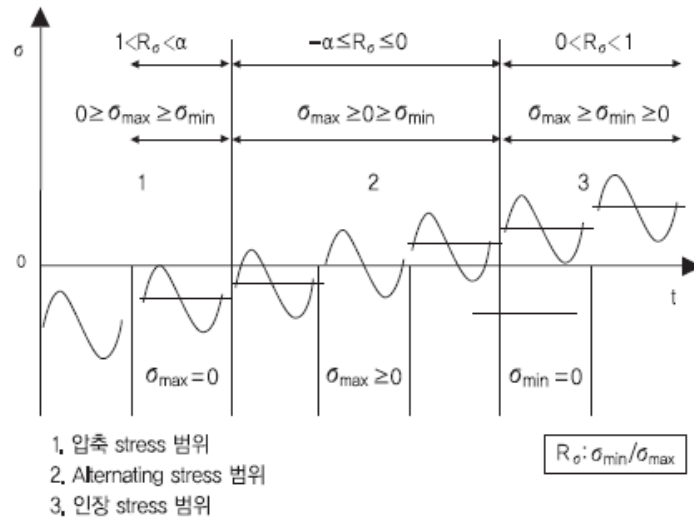


그림 16. 피로시험법의 Stress 범위

그림 17은 FG2025 제품의 하중 제어법으로 측정한 피로 시험 결과이다.

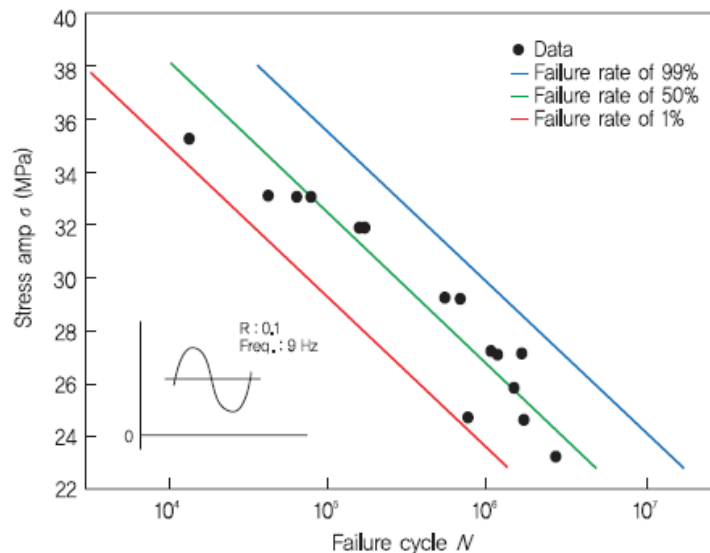


그림 17. KEPITAL FG2025 하중 제어법 피로 시험

그림 18은 KEPITAL 주요 비강화 제품을 변형률 제어법으로 피로 특성을 평가한 결과이다.

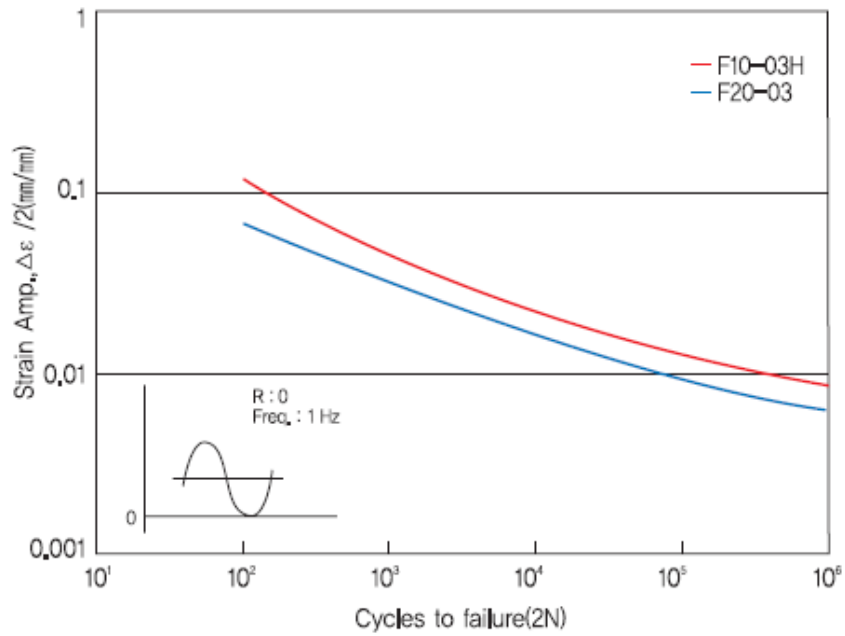


그림 18. KEPITAL 비강화 제품의 변형률 제어법 피로 시험

본사

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

연구소

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

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

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.