

SAF™ 소재의 자동차용 화학물질에 대한 내성

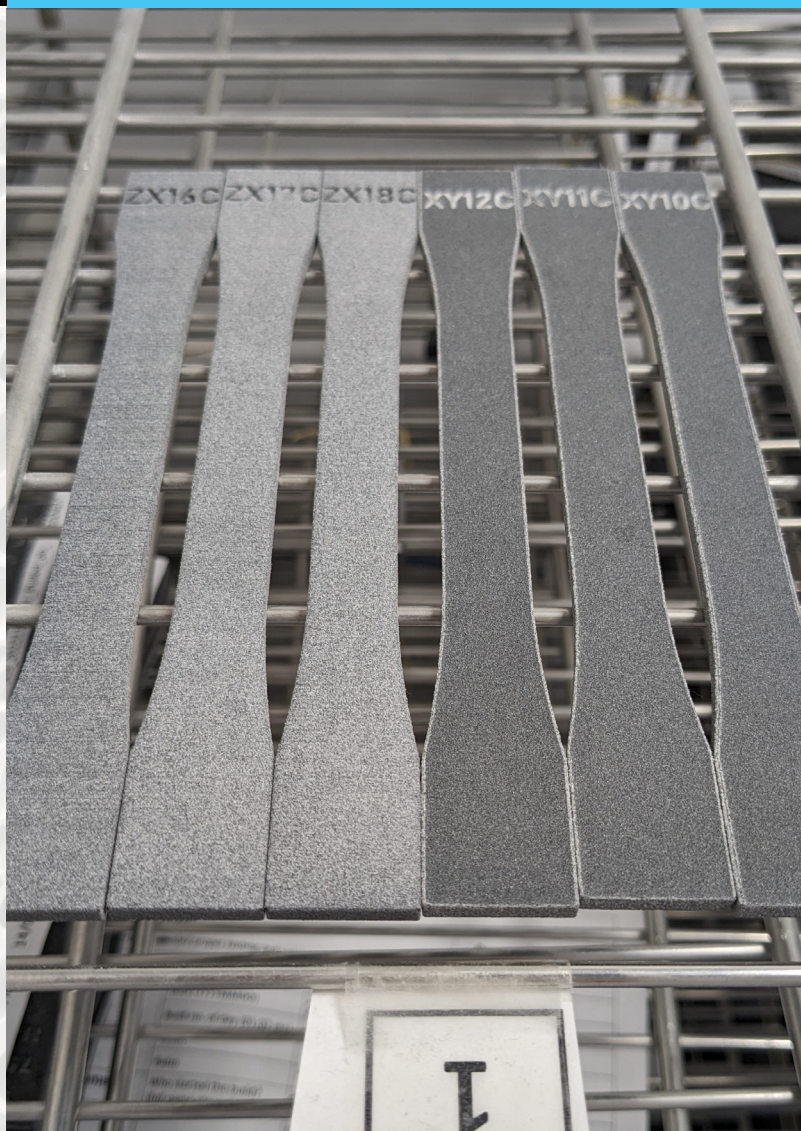
결과는 이 백서에 나와 있습니다.

소개

이 문서의 목적은 Stratasys® High Yield PA11, SAF PA12, SAF PP가 자동차용 화학물질에 노출될 때의 성능을 고객에게 알려주는 것입니다.

테스트된 시약은 다음과 같습니다.

- 배터리 산
- 워셔액
- 부동액
- 증류수
- 합성 엔진 오일
- 가솔린
- 실리콘 그리스
- 디젤
- 석유 그리스





실험 방법

실험은 플라스틱의 화학 시약 내성을 평가하는 표준 실험을 정의한 ASTM D543에 따라 진행되었습니다.

표본은 Stratasys H350™ SAF™ 3D 프린터를 사용해 제작되었으며, 수직(ZX) 및 수평(XY) 프린트 방향을 모두 테스트하였습니다. 시험에 사용된 두 가지 표본 유형은 다음과 같습니다.

- ASTM D638 Type 1 인장 바, 기계적 특성의 변화를 평가하기 위한 것입니다.
- 치수 및 무게 변화를 평가하기 위한 50.80mm x 3.175mm 디스크

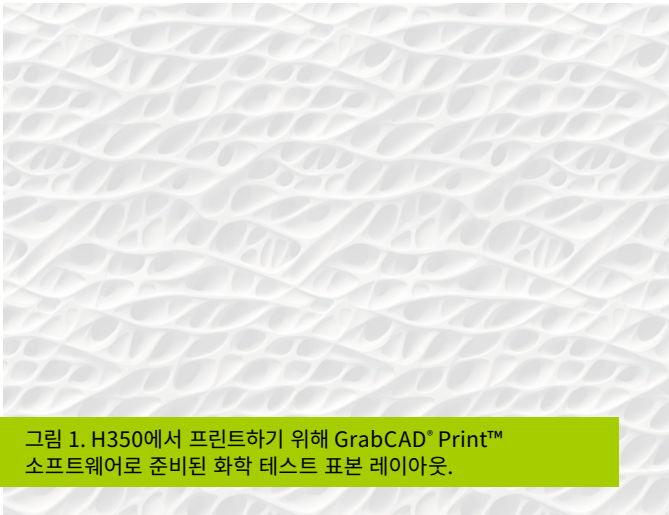
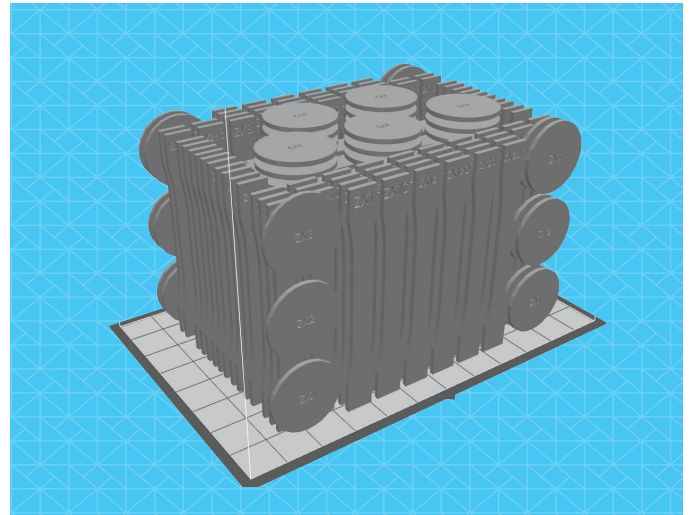


그림 1. H350에서 프린트하기 위해 GrabCAD® Print™ 소프트웨어로 준비된 화학 테스트 표본 레이아웃.



각 실험에 대해 모든 검체는 시약과 접촉하기 전에 최소 40시간 동안 23°C 및 50% 상대 습도에서 사전 컨디셔닝되었습니다. 대조 표본은 실험 기간 동안 전처리 랙에 남아 있었고(그림 2), 테스트 표본은 4L 시약 수조에 168시간(1주일) 동안 담갔습니다.

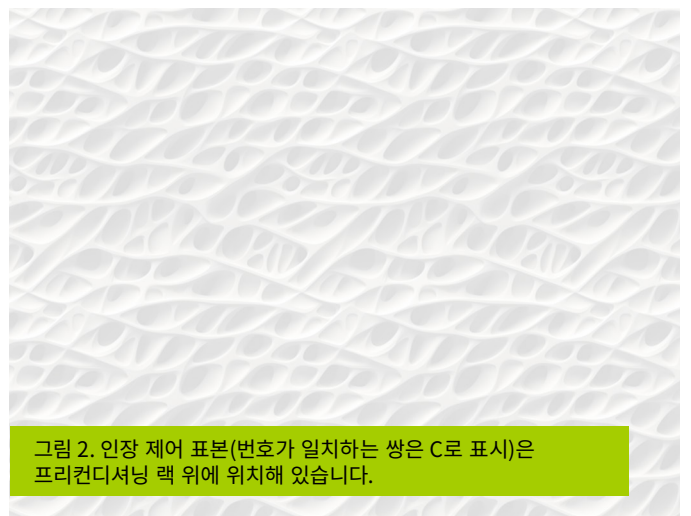
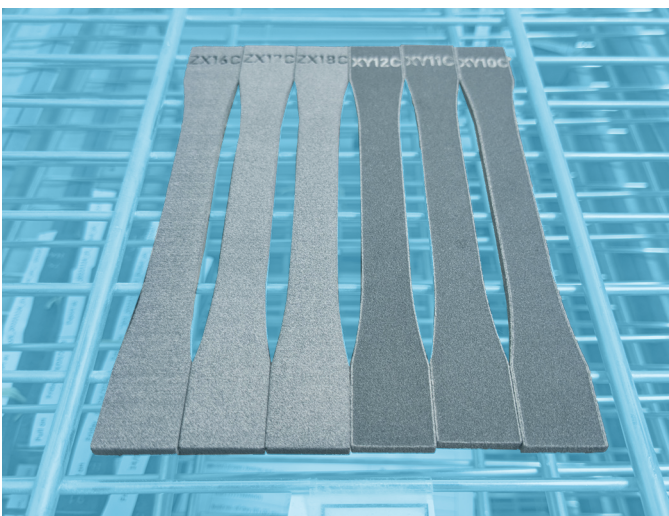


그림 2. 인장 제어 표본(번호가 일치하는 쌍은 C로 표시)은 프리컨디셔닝 랙 위에 위치해 있습니다.



프레임은 스테인리스 스틸과 니크롬 와이어로 제작되어 시약에 담겨 있는 동안 용기 벽이나 서로와 닿지 않도록 표본을 제자리에 고정했습니다(그림 3).

실험을 밀봉하기 전에 용기 내에 자석 교반 막대도 배치했습니다. 이것은 168시간 동안 6회, 각각 24시간 간격으로 30분 동안 시약을 휘젓는 데 사용되었습니다. 디지털 타이머가 장착된 마그네틱 교반 플레이트(그림 4)는 모든 실험에서 휘젓는 시간이 동일하도록 했습니다.



그림 3. 강철 프레임에 고정된 부품을 시약에 담근 상태에서 테스트합니다.

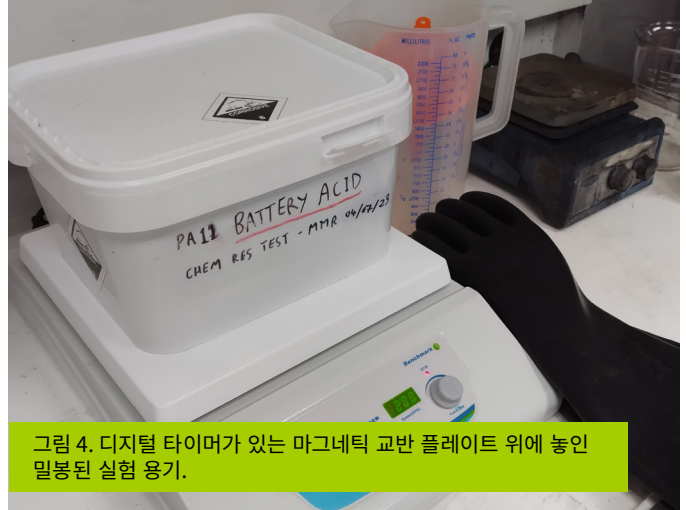


그림 4. 디지털 타이머가 있는 마그네틱 교반 플레이트 위에 놓인 밀봉된 실험 용기.

앞서 설명한 방법은 실리콘 및 석유 그리스에는 실용적이지 않습니다. 대신, 각 테스트를 시작할 때 시약을 두껍게 스프레이로 코팅한 후 24시간마다 얇게 재도포했습니다. 각 적용마다 균일한 커버리지를 위해 부품을 육안으로 확인했습니다.

인장 표본

인장 시험은 ASTM D638에 따라 Tinius Olsen 10ST 범용 시험 장치(그림 5)에서 진행했습니다. 이러한 테스트는 시약 수조에서 뺀 후 30분 이내에 수행되었습니다.



그림 5. 사용된 인장 시험 장치.

시약당 총 12개의 검체를 테스트했습니다. 테스트를 위한 제어 값을 측정하기 위해 동일한 빌드에서 제작된 시약에 담긴 6개 부품을 사용했습니다. 제어 부품은 해당 테스트 부품에 인접하여 프린트되었습니다.

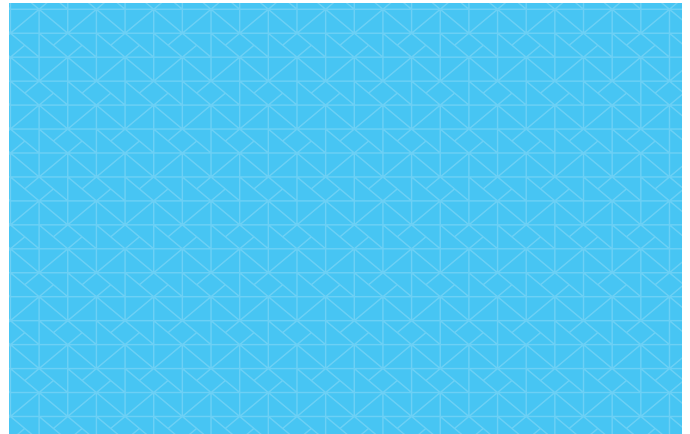


무게 및 치수 디스크

무게 및 치수 테스트는 디스크 모양 표본의 침수 전후 값을 비교했습니다(그림 6). 무게는 A&D HR-100AZ 분석 저울을 사용하여 측정했습니다. 두께와 직경 값은 각각 마이크로미터와 디지털 캘리퍼스를 사용하여 수동으로 측정되었습니다. 시약당 총 6개의 중량 및 치수 품목을 테스트했습니다.



그림 6. 배터리 산에 담긴 후의 PA12 무게 및 치수 표본입니다.



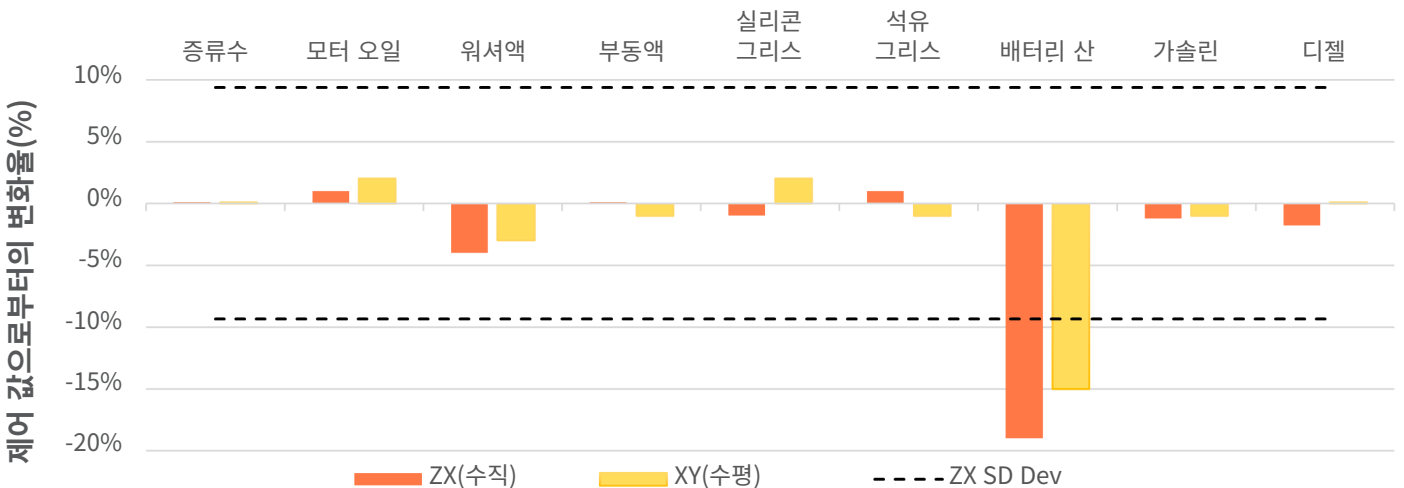
모든 중량 및 치수 디스크는 시약을 제거한 후 전처리 랙에서 추가로 168시간 동안 보관했고, 화학 물질과 접촉한 후 부품이 어떻게 건조되는지 조사하기 위해 다시 무게를 측정했습니다.

속성별 변동률(%) 그래프

PA11 결과

Stratasys가 선호하는 재료로서, 표준 편차 값은 High Yield PA11 데이터시트에서 확인할 수 있습니다. 이는 검은색 점선으로 표시됩니다.

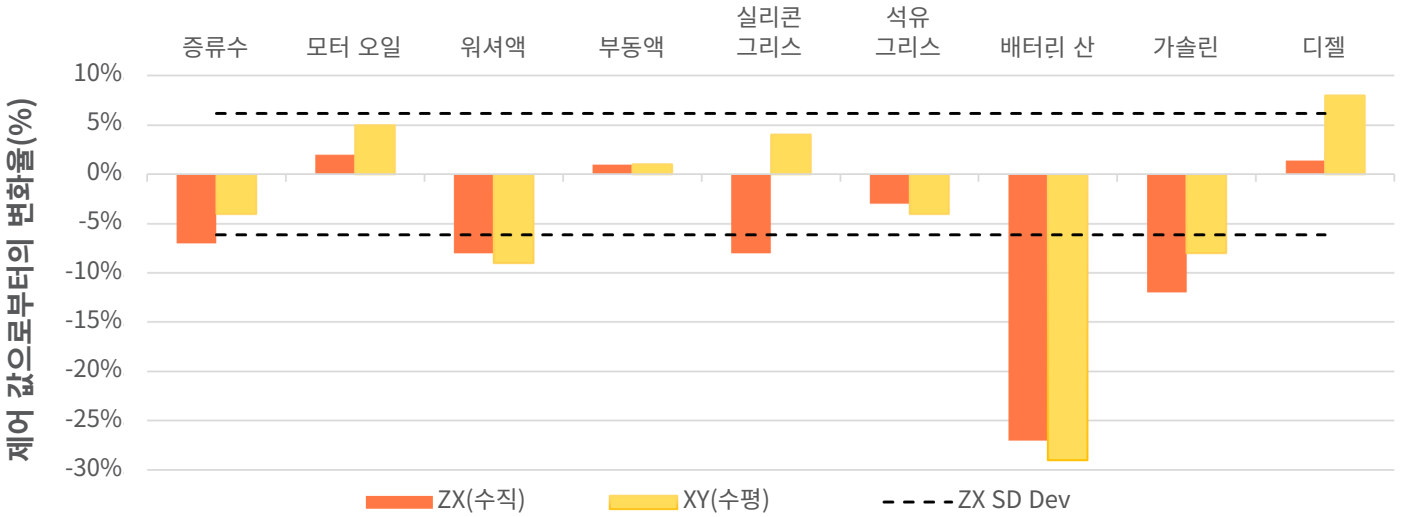
PA11 UTS% 공칭값 변화



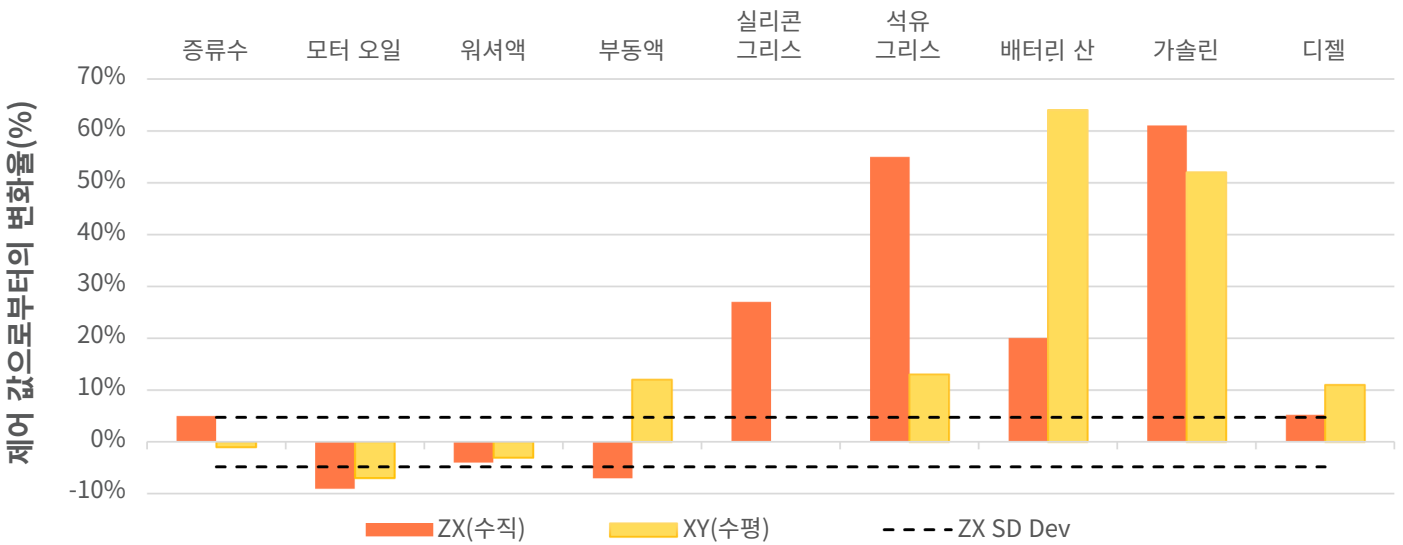


PA11 결과(계속)

PA11 공칭 수치 대비 영률(%) 변화



PA11 파단 연신율(%) 공칭값 변화



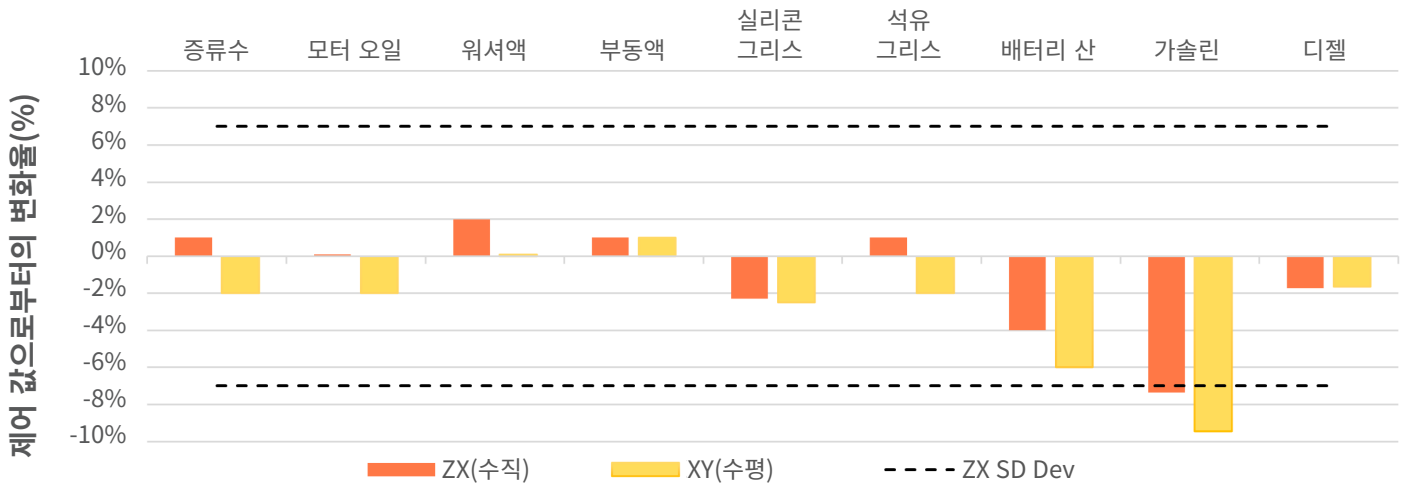


속성별 변동률(%) 그래프

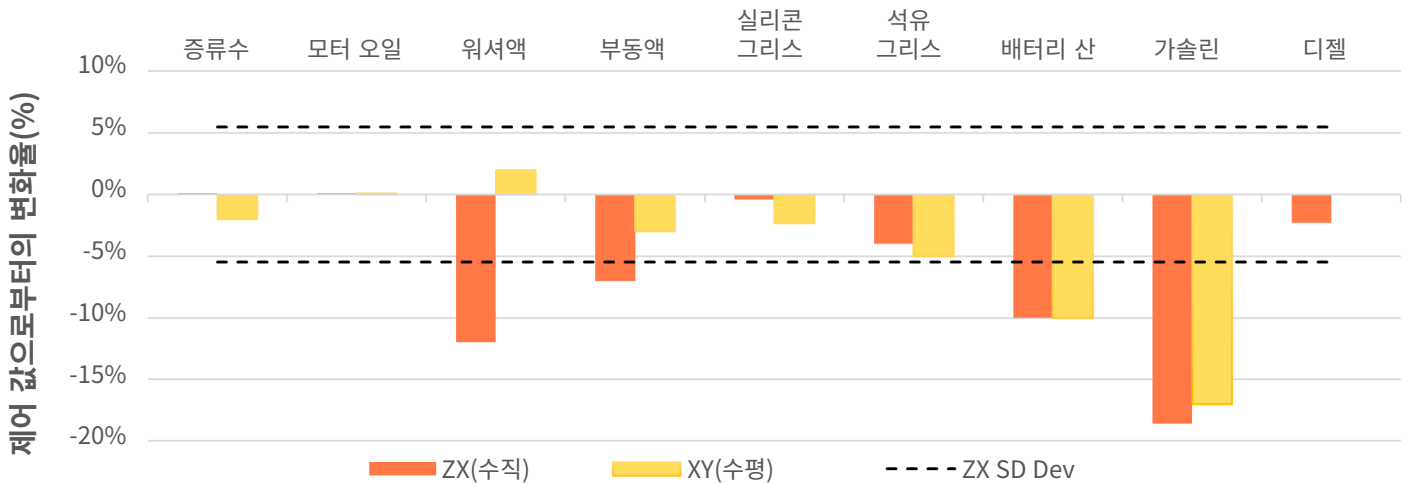
PA12 결과

그래프에서 검은색 점선으로 표시된 표준 편차 값.

PA12 UTS% 공칭값 변화



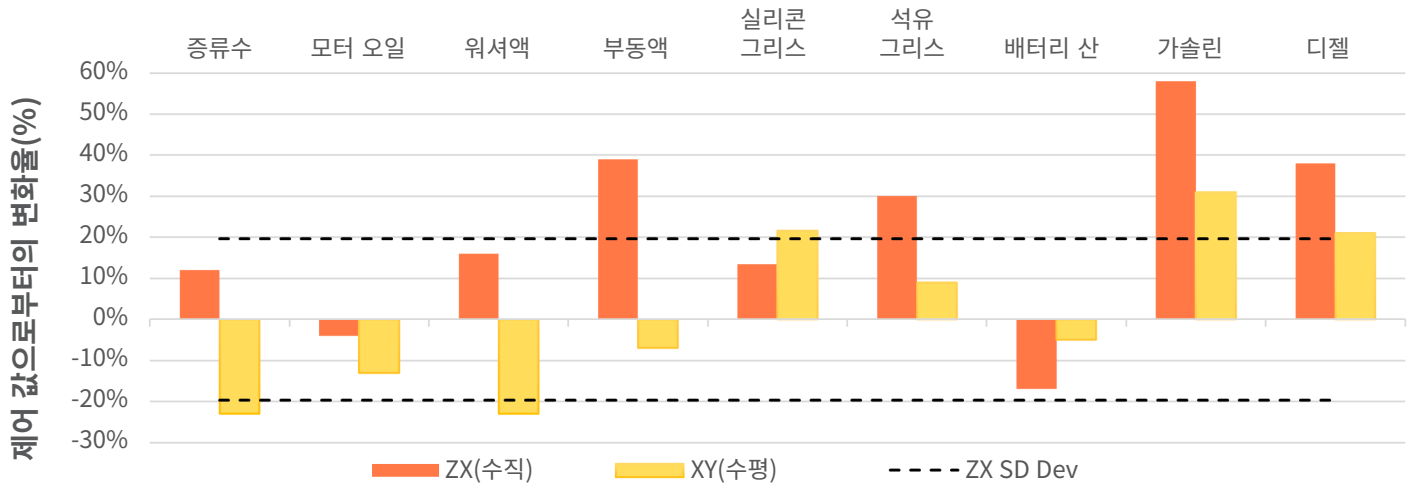
PA12 공칭 수치 대비 영률(%) 변화





PA12 결과 (계속)

PA12 파단 연신율(%) 공칭값 변화



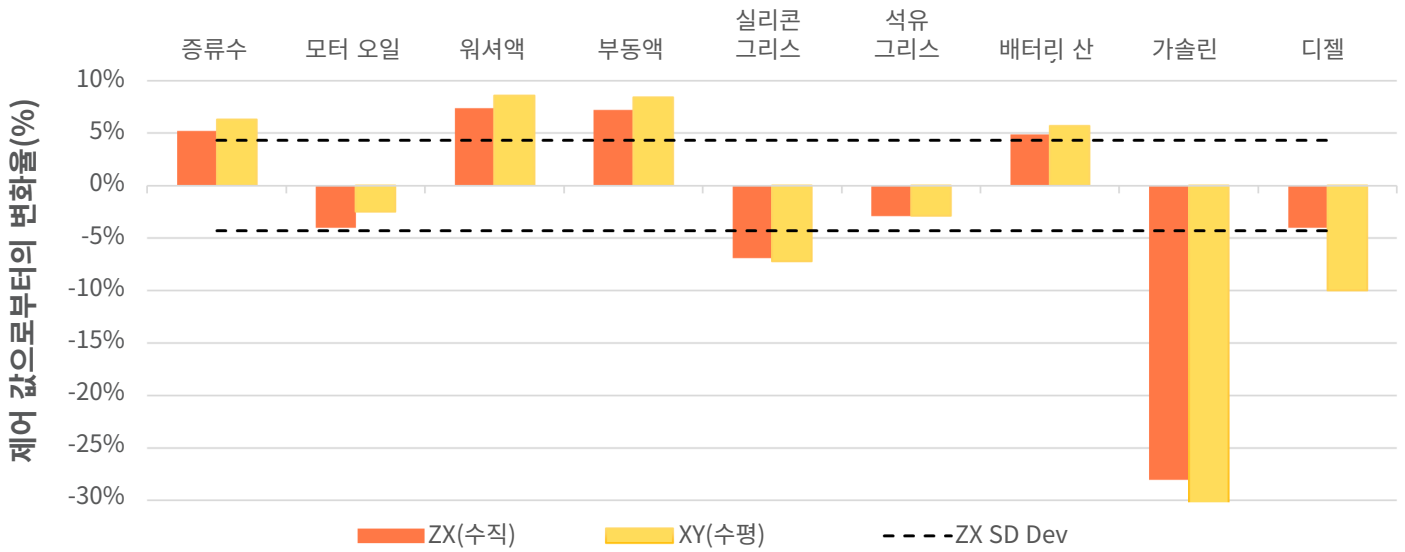


속성별 변동률(%) 그래프

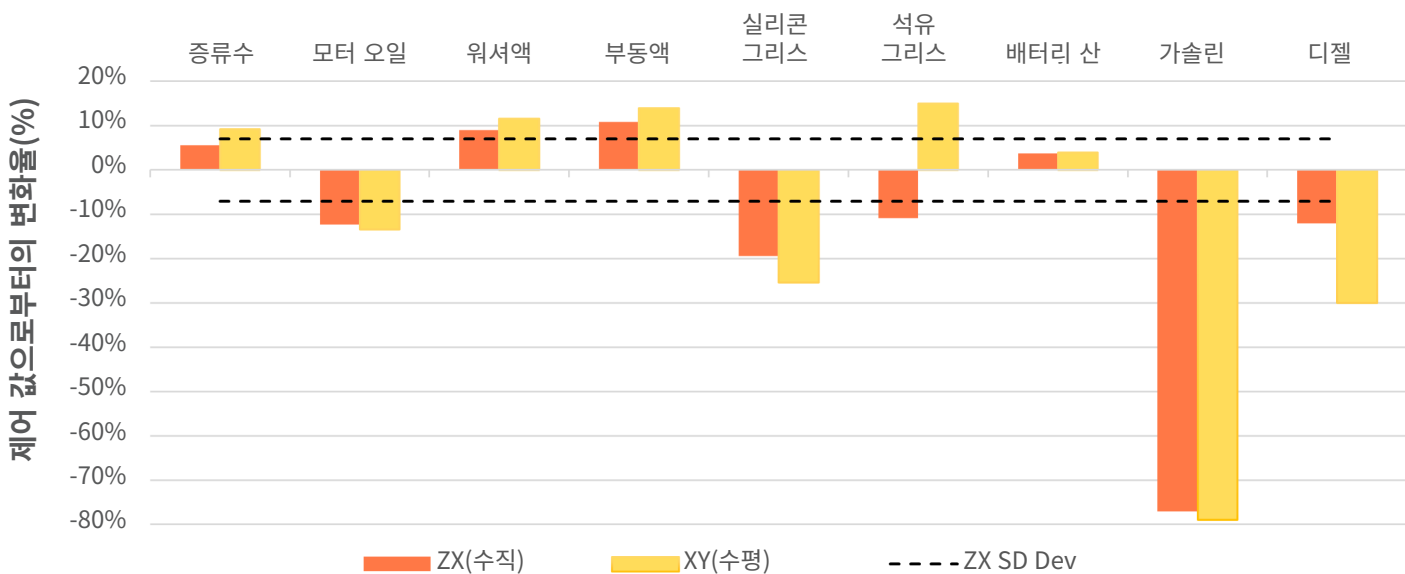
PP 결과

Stratasys가 선호하는 재료로서, 표준 편차 값은 SAF PP 데이터시트에서 확인할 수 있습니다.
이는 검은색 점선으로 표시됩니다.

PP UTS % 공칭값 변화



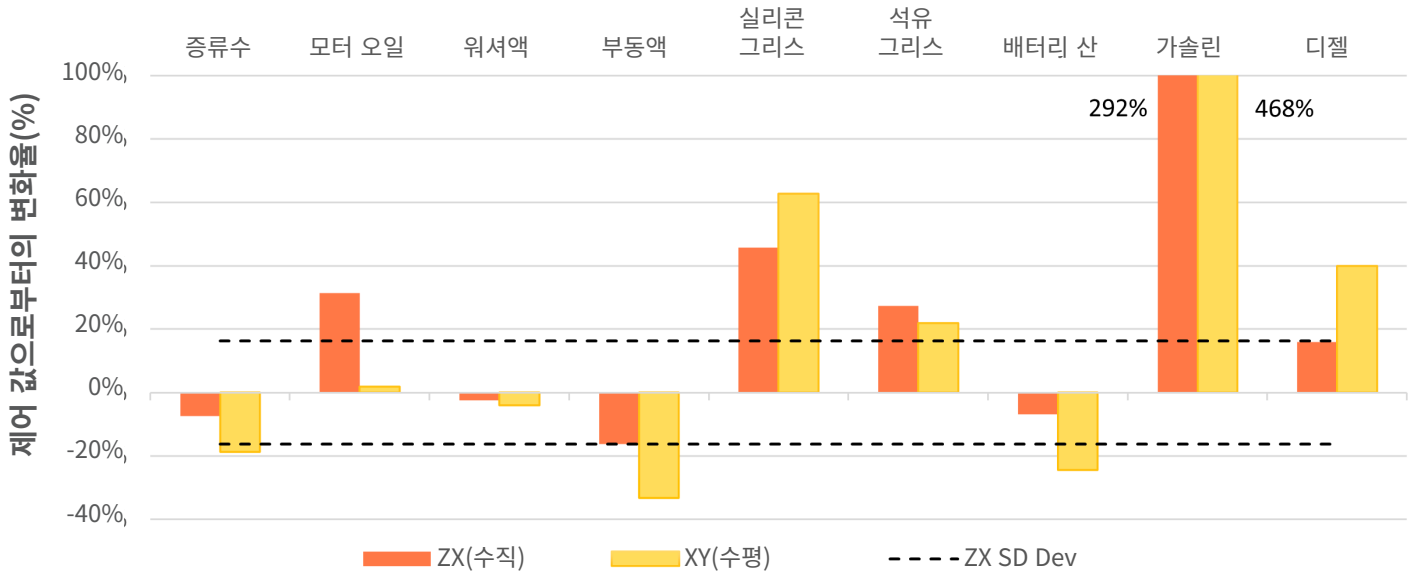
PP 공칭 수치 대비 영률(%) 변화





PP 결과(계속)

PP 파단 연신율(%) 공칭값 변화





최종 결과 표

PA11 기계적 특성의 변화 - 168시간 노출(ASTM D543)

	시약	ZX 비율(%) 변화	XY 비율(%) 변화
UTS (MPa)	증류수	0%	0%
	모터 오일(합성)	+1%	+2%
	워셔액	-4%	-3%
	부동액	0%	-1%
	실리콘 그리스	-1%	+2%
	석유 그리스	+1%	-1%
	배터리 산	-19%	-15%
	휘발유 (가솔린)	-1%	-1%
	디젤	-2%	0%
계수 (MPa)	증류수	-7%	-4%
	모터 오일(합성)	+2%	+5%
	워셔액	-8%	-9%
	부동액	+1%	+1%
	실리콘 그리스	-8%	+4%
	석유 그리스	-3%	-4%
	배터리 산	-27%	-29%
	휘발유 (가솔린)	-12%	-8%
	디젤	+1%	+8%
EaB (%)	증류수	+5%	-1%
	모터 오일(합성)	-9%	-7%
	워셔액	-4%	-3%
	부동액	-7%	+12%
	실리콘 그리스	+27%	0%
	석유 그리스	+55%	+13%
	배터리 산	+20%	+64%
	휘발유 (가솔린)	+61%	+52%
	디젤	+5%	+11%

High Yield PA11 기준값

속성(방향)	평균값
인장력(ZX)	47MPa
인장력(XZ, YX)	51MPa
파단 연신율(ZX)	11%
파단 연신율(XZ, YX)	30%
인장 계수(ZX)	1609MPa
인장 계수(XZ, YX)	1529MPa



최종 결과 표

PA12 기계적 특성의 변화 - 168시간 노출(ASTM D543)

	시약	ZX 비율(%) 변화	XY 비율(%) 변화
UTS (MPa)	증류수	+1%	-2%
	모터 오일(합성)	0%	-2%
	워셔액	+2%	0%
	부동액	+1%	+1%
	실리콘 그리스	-2%	-3%
	석유 그리스	+1%	-2%
	배터리 산	-4%	-6%
	휘발유 (가솔린)	-7%	-9%
	디젤	-2%	-2%
계수 (MPa)	증류수	0%	-2%
	모터 오일(합성)	0%	0%
	워셔액	-1%	+2%
	부동액	-7%	-3%
	실리콘 그리스	0%	-2%
	석유 그리스	-4%	-5%
	배터리 산	-10%	-10%
	휘발유 (가솔린)	-19%	-17%
	디젤	-2%	0%
EaB (%)	증류수	+12%	-23%
	모터 오일(합성)	-4%	-13%
	워셔액	+16%	-23%
	부동액	+39%	-7%
	실리콘 그리스	+14%	+22%
	석유 그리스	+30%	+9%
	배터리 산	-17%	-5%
	휘발유 (가솔린)	+58%	+31%
	디젤	+38%	+21%

SAF PA12 참조 값

속성(방향)	평균값
인장력(ZX)	46MPa
인장력(XZ, YX)	47MPa
파단 연신율(ZX)	5%
파단 연신율(XZ, YX)	11%
인장 계수(ZX)	1700MPa
인장 계수(XZ, YX)	1750MPa

참고: 연신율 값이 작은 것은 PA12의 강성 때문입니다. 결과적으로 이 테스트는 노이즈에 더 취약하며 제한된 표본 크기에서 큰 백분율 변화를 볼 수 있습니다.



최종 결과 표

PP의 기계적 특성 변화 - 168시간 노출(ASTM D543)

	시약	ZX 비율(%) 변화	XY 비율(%) 변화
UTS (MPa)	증류수	+5%	+6%
	모터 오일(합성)	-4%	-3%
	워셔액	+7%	+9%
	부동액	+7%	+8%
	실리콘 그리스	-7%	-7%
	석유 그리스	-3%	-3%
	배터리 산	+5%	+6%
	휘발유 (가솔린)	-28%	-36%
	디젤	-4%	-10%
계수 (MPa)	증류수	+6%	+9%
	모터 오일(합성)	-12%	-13%
	워셔액	+9%	+12%
	부동액	+11%	+14%
	실리콘 그리스	-19%	-25%
	석유 그리스	-11%	+15%
	배터리 산	+4%	+4%
	휘발유 (가솔린)	-77%	-79%
	디젤	-12%	-30%
EaB (%)	증류수	-8%	-19%
	모터 오일(합성)	+31%	+2%
	워셔액	-2%	-4%
	부동액	-16%	-33%
	실리콘 그리스	+46%	+63%
	석유 그리스	+27%	+22%
	배터리 산	-7%	-25%
	휘발유 (가솔린)	+292%	+468%
	디젤	+16%	+40%

SAF PP 참조 값

속성(방향)	평균값
인장력(ZX)	25.8MPa
인장력(XZ, YX)	25.8MPa
파단 연신율(ZX)	10.7%
파단 연신율(XZ, YX)	22.5%
인장 계수(ZX)	1212MPa
인장 계수(XZ, YX)	1260MPa



최종 결과 표

PA11 무게 및 치수 변화 - 168시간 노출(ASTM D453)

	시약	ZX 비율(%) 변화	XY 비율(%) 변화
직경	증류수	0.0%	0.0%
	모터 오일(합성)	0.0%	0.0%
	워셔액	0.0%	0.0%
	부동액	0.1%	-0.1%
	실리콘 그리스	0.0%	0.0%
	석유 그리스	0.0%	0.0%
	배터리 산	0.4%	0.4%
	휘발유 (가솔린)	0.1%	0.3%
	디젤	0.1%	0.0%
두께	증류수	0.2%	0.7%
	모터 오일(합성)	0.0%	-0.5%
	워셔액	0.2%	1.0%
	부동액	0.0%	0.1%
	실리콘 그리스	-0.4%	-0.2%
	석유 그리스	0.1%	0.3%
	배터리 산	7.0%	6.6%
	휘발유 (가솔린)	0.6%	0.5%
	디젤	-0.7%	0.0%
무게	증류수	1.0%	0.6%
	모터 오일(합성)	1.0%	0.4%
	워셔액	0.3%	0.3%
	부동액	0.9%	0.4%
	실리콘 그리스	1.0%	0.6%
	석유 그리스	1.8%	1.0%
	배터리 산	13.3%	13.0%
	휘발유 (가솔린)	1.2%	1.2%
	디젤	0.5%	0.2%
무게 (168시간 건조 후)	증류수	0.2%	0.2%
	모터 오일(합성)	1.0%	0.5%
	워셔액	0.3%	0.4%
	부동액	0.2%	0.2%
	실리콘 그리스	0.2%	0.2%
	석유 그리스	1.6%	0.9%
	배터리 산	11.5%	10.9%
	휘발유 (가솔린)	0.6%	0.7%
	디젤	0.2%	0.1%



최종 결과 표

PA12 무게 및 치수 변화 - 168시간 노출(ASTM D453)

	시약	ZX 비율(%) 변화	XY 비율(%) 변화
직경	증류수	0.1%	0.1%
	모터 오일(합성)	0.0%	0.0%
	워셔액	0.0%	0.0%
	부동액	0.0%	0.0%
	실리콘 그리스	0.0%	0.0%
	석유 그리스	0.0%	0.0%
	배터리 산	0.1%	0.1%
	휘발유 (가솔린)	0.3%	0.2%
	디젤	0.1%	0.0%
두께	증류수	0.1%	0.1%
	모터 오일(합성)	-0.4%	-0.1%
	워셔액	-0.1%	0.0%
	부동액	-0.4%	0.1%
	실리콘 그리스	0.1%	0.2%
	석유 그리스	2.4%	0.6%
	배터리 산	1.1%	1.3%
	휘발유 (가솔린)	0.6%	0.4%
	디젤	0.0%	-0.3%
무게	증류수	-2.1%	-1.0%
	모터 오일(합성)	1.0%	0.7%
	워셔액	0.7%	0.5%
	부동액	1.4%	1.1%
	실리콘 그리스	1.0%	0.5%
	석유 그리스	1.8%	1.2%
	배터리 산	3.9%	3.8%
	휘발유 (가솔린)	1.2%	1.2%
	디젤	0.7%	0.6%
무게 (168시간 건조 후)	증류수	2.3%	-2.1%
	모터 오일(합성)	1.3%	1.0%
	워셔액	0.4%	0.4%
	부동액	0.2%	1.5%
	실리콘 그리스	0.3%	0.6%
	석유 그리스	1.8%	1.3%
	배터리 산	3.0%	3.2%
	휘발유 (가솔린)	0.5%	0.6%
	디젤	0.6%	0.5%



최종 결과 표

PP 무게 및 치수 변화 - 168시간 노출(ASTM D453)

	시약	ZX 비율(%) 변화	XY 비율(%) 변화
직경	증류수	0.0%	0.0%
	모터 오일(합성)	0.0%	0.0%
	워셔액	-0.6%	0.0%
	부동액	-0.1%	-0.1%
	실리콘 그리스	0.3%	0.4%
	석유 그리스	0.1%	0.1%
	배터리 산	0.0%	-0.1%
	휘발유 (가솔린)	5.0%	4.4%
	디젤	0.3%	0.3%
두께	증류수	0.6%	0.0%
	모터 오일(합성)	0.0%	-0.3%
	워셔액	-0.1%	-0.3%
	부동액	-0.1%	-0.3%
	실리콘 그리스	1.3%	1.4%
	석유 그리스	0.4%	0.5%
	배터리 산	-0.2%	-0.1%
	휘발유 (가솔린)	4.1%	5.5%
	디젤	1.1%	0.2%
무게	증류수	0.2%	0.1%
	모터 오일(합성)	1.1%	0.9%
	워셔액	0.2%	0.2%
	부동액	0.3%	0.1%
	실리콘 그리스	2.3%	2.8%
	석유 그리스	2.6%	1.9%
	배터리 산	0.5%	0.3%
	휘발유 (가솔린)	15%	15%
	디젤	1.4%	1.3%
무게 (168시간 건조 후)	증류수	0.0%	0.0%
	모터 오일(합성)	1.0%	0.9%
	워셔액	0.0%	0.0%
	부동액	0.6%	0.0%
	실리콘 그리스	0.8%	1.0%
	석유 그리스	2.04%	1.6%
	배터리 산	0.0%	0.0%
	휘발유 (가솔린)	3.7%	3.6%
	디젤	0.7%	0.7%



PA11 결론

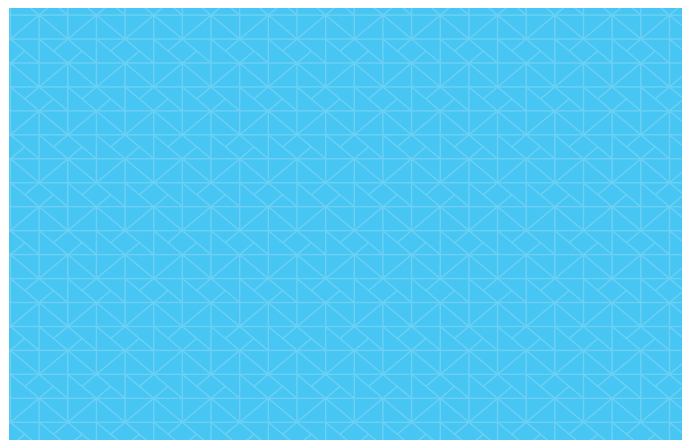
시약	무게 & 치수 안정성	기계적 안정성
증류수	우수함	우수함
합성 엔진 오일	우수함	우수함
워셔액	우수함	우수함
부동액	우수함	우수함
실리콘 그리스	우수함	우수함
석유 그리스	우수함	우수함
배터리 산	제한된 내화학성	제한된 내화학성
휘발유 (가솔린)	우수함	우수함
디젤	우수함	우수함

High Yield PA11은 테스트된 9개 화학 물질 중 7개에 대해 우수한 내화학성을 입증했습니다. 증류수, 합성 엔진 오일, 스크린 워시, 부동액 냉각수, 실리콘 그리스, 석유 그리스 및 디젤이 재료에 미치는 영향은 무시할 수 있는 것으로 관찰되었습니다. 배터리 산은 평균 -17%의 기계적 강도 감소를 일으켰으며 재료의 연화로 인한 탄성 증가를 일으켰습니다. 휘발유 침수는 또한 가소화 효과를 초래하는 것으로 보입니다.

모든 시약의 치수 변화는 무시할 수 있는 수준이었지만 PA11에서 배터리 산에 담갔을 때 눈에 띄는 중량 증가가 관찰되었습니다. 밝은 회색에서 진한 파란색으로의 영구적인 착색 변화도 관찰되었는데(그림 7), 이러한 변화가 관찰된 유일한 테스트였습니다.



그림 7. 168시간 건조 후 PA11 배터리 산 테스트의 부품에서 색 변화가 나타났습니다.





PA12 결론

시약	무게 & 치수 안정성	기계적 안정성
증류수	우수함	우수함
합성 엔진 오일	우수함	우수함
워셔액	우수함	우수함
부동액	우수함	우수함
실리콘 그리스	우수함	우수함
석유 그리스	우수함	우수함
배터리 산	좋은 내화학성	좋은 내화학성
휘발유 (가솔린)	우수함	좋은 내화학성
디젤	우수함	우수함

SAF PA12는 9개 화학 물질 중 7개에 우수한 내화학성을 나타냈습니다. 증류수, 합성 엔진 오일, 스크린 워시, 부동액, 냉각수, 실리콘 그리스, 석유 그리스 및 디젤의 영향은 미미한 것으로 관찰되었습니다.

PA12는 배터리 산에 노출되었을 때 부품 강도와 탄성이 모두 약간 감소했습니다. 휘발유 침수는 또한 기계적 특성에서 유사한 경미한 감소를 나타냈습니다.

이 테스트 동안 모든 치수 변화는 무시할 수 있었습니다. 이 소재는 또한 배터리 산에 노출되었을 때 무게가 약간 증가했고, PA11보다는 더 나은 성능을 보였습니다.



PP 결론

시약	무게 & 치수 안정성	기계적 안정성
증류수	우수함	우수함
합성 엔진 오일	우수함	우수함
워셔액	우수함	우수함
부동액	우수함	우수함
실리콘 그리스	좋은 내화학성	좋은 내화학성
석유 그리스	우수함	우수함
배터리 산	우수함	우수함
휘발유 (가솔린)	제한된 내화학성	제한된 내화학성
디젤	우수함	우수함

SAF PP는 9개 화학물질 중 7개에 대해 우수한 내화학성을 입증했습니다. 증류수, 엔진 오일, 스크린 워시, 부동액, 석유 그리스, 배터리 산 및 디젤의 영향은 무시할 수 있는 것으로 관찰되었습니다. 예상대로 석유는 이 물질의 기계적 특성을 크게 저하시켰습니다. 이 결과는 강력한 가소화 효과를 시사합니다.

이 소재는 배터리 산(농축 황산)에 노출됐을 때 예외적인 성능을 보였으며, 현재 산성 응용 분야에 가장 적합한 SAF 3D 프린팅 소재임을 확인했습니다.



[stratasys.com](https://www.stratasys.com)
ISO 9001:2015 인증

Stratasys 본사
7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344
+1 800 801 6491(미국 수신자 부담)
+1 952 937-3000(국제)
+1 952 937-0070(팩스)

1 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496
Rehovot 76124, Israel
+972 74 745 4000
+972 74 745 5000(팩스)

백서
SAF

© 2024 Stratasys. 무단 복제 불가. Stratasys, Stratasys Signet 로고, SAF, H350, GrabCAD와 GrabCAD 프린트는 Stratasys Inc.의 등록 상표입니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자의 자산이며, Stratasys는 이러한 비 Stratasys 제품의 선택, 성능 또는 사용과 관련하여 어떠한 책임도 지지 않습니다. 제품 사양은 예고 없이 변경될 수 있습니다.
WP_SAF_Chemical Resistance to Automotive Chemicals_A4_0624a