



# Figure 4® Rigid Gray

## Production Rigid

열 및 기계적 성능의 균형으로 오래 사용하는 부품을 위한 고대비 회색 플라스틱

Figure 4

### 다이렉트 플라스틱 부품 생산으로 툴링 비용과 시간 절약

Figure 4® Rigid Gray는 사출 금형 수준의 표면 마감 처리와 장기적 환경 안정성을 제공하는 회색 컬러의 생산 등급 소재입니다. 고대비 회색 컬러가 텍스처 및 레터링이 필요한 고정밀 부품에 적합합니다. 도색, 도금 및 레이저 에칭에 적합하여 높은 정교함과 정확도가 요구되는 소비자 제품이나 일반 소형 부품의 프로토타입 및 생산용으로 추천합니다.

이 레진은 파단 시 네킹과 함께 열가소성 현상을 보이므로 덮개 등 강성 스펙트럼 응용 분야에 적합합니다. 또한 72°C의 열 변형 온도 및 30%의 연신율을 제공합니다. 신속한 프린트 속도 및 간소화된 후처리로 탁월한 처리량을 자랑합니다.

### 취급 및 후처리 가이드라인

이 소재에는 적절한 혼합, 클리닝, 건조, 경화가 필요합니다. 이 문서의 끝 부분에서 후처리 정보를 확인할 수 있습니다.

참고: 모든 특성은 본 문서에 제시된 후처리 방법을 사용할 경우에 한합니다. 이 방법에서 벗어날 경우 다른 결과가 산출될 수도 있습니다.

자세한 내용은 다음 Figure 4 사용자 안내서에서 확인할 수 있습니다.

<http://infocenter.3dsystems.com>

Figure 4 Standalone:

<http://infocenter.3dsystems.com/figure4standalone/node/1546>

Figure 4 모듈형:

<http://infocenter.3dsystems.com/figure4modular/node/1741>

### 응용 분야

- 하우징 및 덮개와 같은 정적 강성 제품의 부품
- 섬세함과 정확도가 요구되는 소비자 제품 및 일반 용도의 소형 부품
- 도색, 도금, 레이저 에칭이 필요한 부품
- 시각화 기능이 가장 중요한 기능적 프로토타입 및 소량 생산 부품

### 혜택

- 실내외 장기 사용 부품
- 텍스처와 레터링용의 섬세한 시각화가 필요한 고대비 회색 컬러 제품
- 2차 열 경화가 필요하지 않은 마감 처리된 부품의 고속 처리
- 탁월한 표면 품질, 정확도 및 반복성
- 도색, 도금, 레이저 에칭이 필요한 부품

### 기능

- ASTM 방식 테스트 결과 각각 실내 8년, 실외 1.5년의 장기적 기계 환경 안정성 및 색상 유지 성능을 제공합니다.
- 인장 테스트에서 파단 시 네킹과 함께 열가소성 현상
- 0.455MPa에서 72°C HDT
- 연신율 30%
- 굴곡 탄성률 2200MPa
- ISO 10993-5에 따른 생체 적합성 충족
- UL 94 HB 난연성
- 층 두께가 50마이크론일 때 최대 48mm/hr에 이르는 빠른 프린트 속도

## Figure 4 Rigid Gray

### 소재 특성

전체 기계적 특성은 해당되는 경우 ASTM 및 ISO 표준에 따라 제공됩니다. 그 밖에 난연성, 유전 특성, 24시간 흡수성과 같은 특성이 제공되므로 이러한 특성들을 바탕으로 소재의 기능을 더욱 정확하게 판단하여 설계를 결정하는 데 도움이 될 수 있습니다. 모든 부품은 최소 40시간 동안 23°C 및 50% RH에서 ASTM 권장 표준에 따라 적절한 상태로 유지됩니다.

지금까지 알려진 솔리드 소재 특성을 보면 수직축(ZX 방향)을 따라 프린트되어 있습니다. Figure 4 소재 특성은 등방성 특성 섹션에서 자세하게 설명하겠지만 프린트 방향을 따라 비교적 균일하게 나타냅니다. 해당 특성을 나타내기 위해 특정 방향으로 맞출 필요가 없습니다.

| 액체 소재       |  |  |                         |
|-------------|--|--|-------------------------|
| 측정          | 상태/방법                                    | 미터 단위  | 영어                      |
| 점도          | Brookfield Viscometer @ 25°C(77°F)       | 300cps   | 726lb/ft-hr             |
| 컬러          |  |  | 회색                      |
| 액체 밀도       | Kruss K11 Force Tensiometer @ 25°C(77°F) | 1.07g/cm <sup>3</sup>  | 0.036lb/in <sup>3</sup> |
| 기본 프린트 층 두께 | 내부                                       | 50µm   | 0.002in                 |
| 속도 - 표준 모드  | 내부                                       | mm/hr  | 48                      |
| 포장 부피       |  | 1kg 병 - Figure 4 Standalone<br>2.5kg 카트리지 - Figure 4 모듈형<br>9kg 용기 - Figure 4 Production |                         |

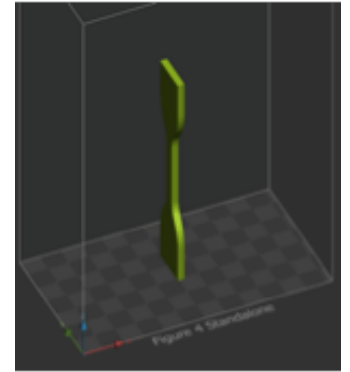
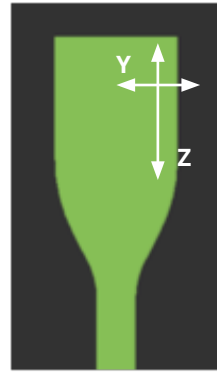
| 솔리드 소재                  |                             |                       |                         |                                |                       |                          |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 미터 단위                   | ASTM METHOD                 | 미터 단위                 | 영어                      | ISO METHOD                     | 미터 단위                 | 영어                       |
| 물리적                     |                             |                       | 물리적                     |                                |                       |                          |
| 고체 밀도                   | ASTM D792                   | 1.15g/cm <sup>3</sup> | 0.042lb/in <sup>3</sup> | ISO 1183                       | 1.15g/cm <sup>3</sup> | 0.042lb/in <sup>3</sup>  |
| 24시간 수분 흡수              | ASTM D570                   | 0.99%                 | 0.99%                   | ISO 62                         | 0.99%                 | 0.99%                    |
| 기계적                     |                             |                       | 기계적                     |                                |                       |                          |
| 극한 인장 강도                | ASTM D638                   | 61MPa                 | 8,800psi                | ISO 527 -1/2                   | 57MPa                 | 8200psi                  |
| 항복 인장 강도                | ASTM D638                   | 61MPa                 | 8,800psi                | ISO 527 -1/2                   | 57MPa                 | 8200psi                  |
| 인장 탄성률                  | ASTM D638                   | 2400MPa               | 350ksi                  | ISO 527 -1/2                   | 2600MPa               | 373ksi                   |
| 연신율                     | ASTM D638                   | 30%                   | 30%                     | ISO 527 -1/2                   | 20%                   | 20%                      |
| 항복신장률                   | ASTM D638                   | 4.6%                  | 4.6%                    | ISO 527 -1/2                   | 4.4%                  | 4.4%                     |
| 굴곡 강도                   | ASTM D790                   | 87MPa                 | 12,700psi               | ISO 178                        | 90MPa                 | 12,500psi                |
| 굴곡 탄성률                  | ASTM D790                   | 2200MPa               | 320ksi                  | ISO 178                        | 2400MPa               | 346ksi                   |
| 아이조드 노치 충격              | ASTM D256                   | 21J/m                 | 0.4ft-lb/in             | ISO 180-A                      | 2.9kJ/m <sup>2</sup>  | 1.4ft-lb/in <sup>2</sup> |
| 아이조드 언노치 충격             | ASTM D4812                  | 150J/m                | 3ft-lb/in               | ISO 180-U                      | 12.6kJ/m <sup>2</sup> | 6ft-lb/in <sup>2</sup>   |
| 쇼어 경도                   | ASTM D2240                  | 82D                   | 82D                     | ISO 7619                       | 82D                   | 82D                      |
| 열                       |                             |                       | 열                       |                                |                       |                          |
| Tg(DMA, E")             | ASTM E1640<br>(1C/min에서 E") | 60°C                  | 142°F                   | ISO 6721-1/11<br>(1C/min에서 E") | 60°C                  | 142°F                    |
| HDT @ 0.455MPa/66PSI    | ASTM D648                   | 72°C                  | 162°F                   | ISO 75- 1/2 B                  | 70°C                  | 157°F                    |
| HDT @ 1.82MPa/264PSI    | ASTM D648                   | 59°C                  | 138°F                   | ISO 75- 1/2 A                  | 56°C                  | 133°F                    |
| CTE < Tg                | ASTM E831                   | 81ppm/°C              | 45ppm/°F                | ISO 11359-2                    | 81ppm/°K              | 45ppm/°F                 |
| CTE > Tg                | ASTM E831                   | 166ppm/°C             | 92ppm/°F                | ISO 11359-2                    | 166ppm/°K             | 92ppm/°F                 |
| UL 난연성                  | UL 94                       | HB                    | HB                      |                                |                       |                          |
| 전기                      |                             |                       | 전기                      |                                |                       |                          |
| 유전 강도(kV/mm) @ 3.0mm 두께 | ASTM D149                   | 15                    |                         |                                |                       |                          |
| 유전 상수 @ 1MHz            | ASTM D150                   | 3.27                  |                         |                                |                       |                          |
| 손실 계수 @ 1MHz            | ASTM D150                   | 0.02                  |                         |                                |                       |                          |
| 체적 저항(ohm - cm)         | ASTM D257                   | 7.16x10 <sup>15</sup> |                         |                                |                       |                          |

## Figure 4 Rigid Gray

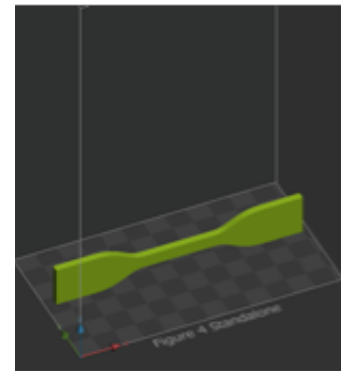
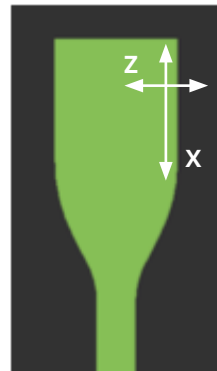
### 등방성 특성

Figure 4 기술은 기계적 특성이 전체적으로 등방성인 부품을 프린팅합니다. 따라서 XYZ축 중 하나를 따라 프린팅된 부품은 유사한 결과를 갖습니다.

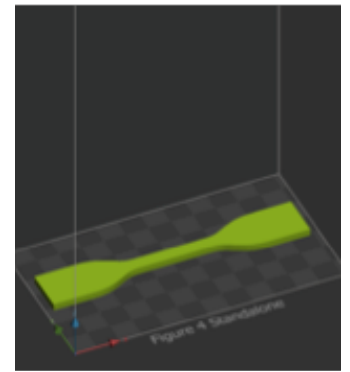
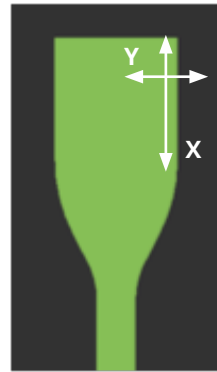
가장 높은 기계적 특성을 갖도록 부품의 방향이 정해질 필요가 없어 기계적 특성에 대한 부품 방향의 자유도가 더욱 향상됩니다.



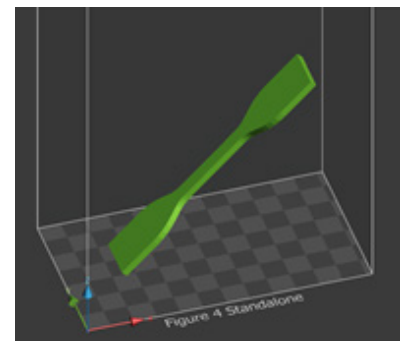
ZY - orientation



XZ - orientation



XY - orientation



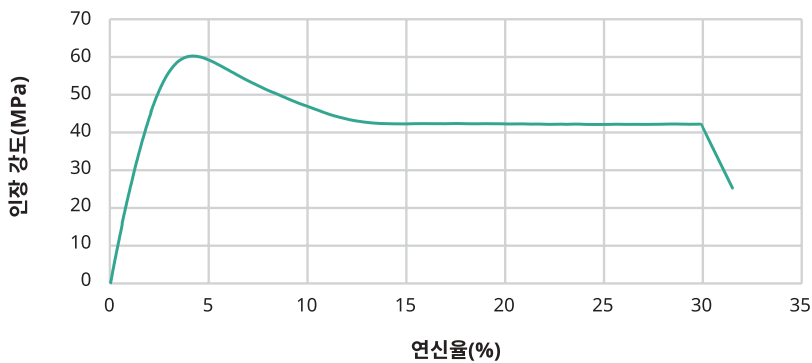
Z45-Degree - orientation

| 슬리드 소재     |            |         |          |         |          |
|------------|------------|---------|----------|---------|----------|
| 미터 단위      | 방법         | 미터 단위   |          |         |          |
| 기계적        |            |         |          |         |          |
|            |            | ZY      | XZ       | XY      | Z45      |
| 극한 인장 강도   | ASTM D638  | 61MPa   | 56MPa    | 62MPa   | 58MPa    |
| 항복 인장 강도   | ASTM D639  | 61MPa   | 56MPa    | 62MPa   | 58MPa    |
| 인장 탄성률     | ASTM D640  | 2400MPa | 2,300MPa | 2200MPa | 2,300MPa |
| 연신율        | ASTM D641  | 30%     | 17%      | 20%     | 15%      |
| 항복신장률      | ASTM D642  | 4.6%    | 4.5%     | 4.8%    | 4.3%     |
| 굴곡 강도      | ASTM D790  | 87MPa   | 88MPa    | 78MPa   | 71MPa    |
| 굴곡 탄성률     | ASTM D790  | 2200MPa | 2200MPa  | 1800MPa | 1,600MPa |
| 아이조드 노치 충격 | ASTM D256  | 21J/m   | 24J/m    | 23J/m   | 24J/m    |
| 쇼어 경도      | ASTM D2240 | 82D     | N/A      | N/A     | N/A      |

### 응력 변형 곡선

Figure 4 Rigid Gray는 더 나은 스냅 및 클립 성능을 제공하는 파괴 전의 긴 플라스틱 변형 연성 네킹과 함께 열가소성 현상을 보여줍니다.

FIGURE 4 RIGID GRAY



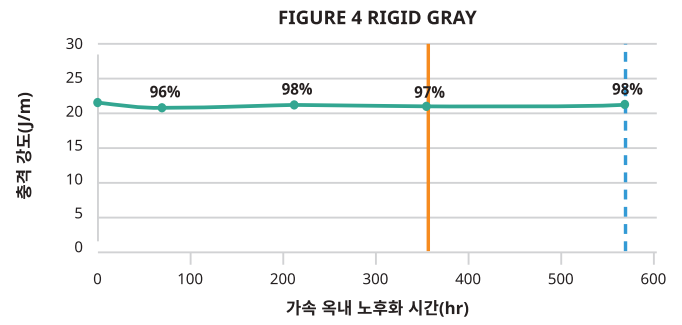
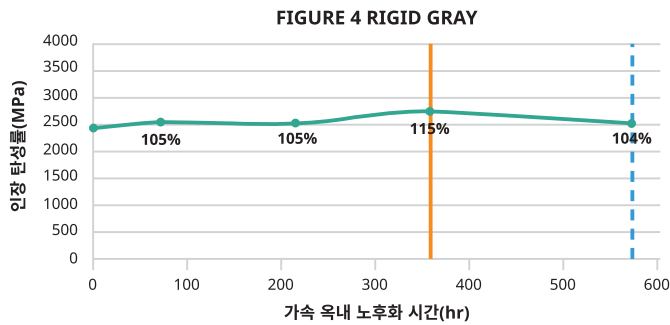
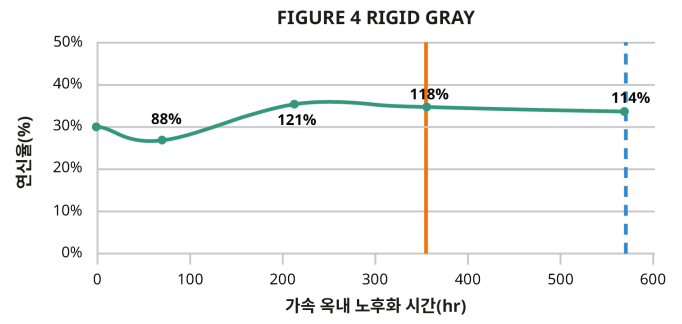
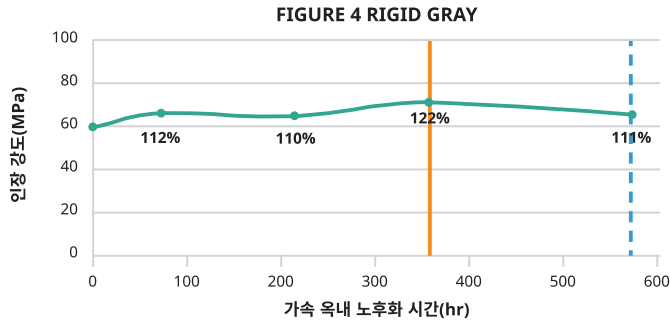
## Figure 4 Rigid Gray

### 장기적 환경 안정성

Figure 4 Rigid Gray는 장기적인 환경 UV 및 습도 안정성을 제공하도록 엔지니어링되었습니다. 이 소재는 지정된 시간 동안 최초 기계적 속성을 높은 비율로 유지하는 테스트를 거쳤습니다. 작업 또는 부품에 대해 고려할 실제 설계 조건을 제공합니다. 실제 데이터 값은 Y축에 있으며, 데이터 지점은 최초 값의 비율(%)입니다.

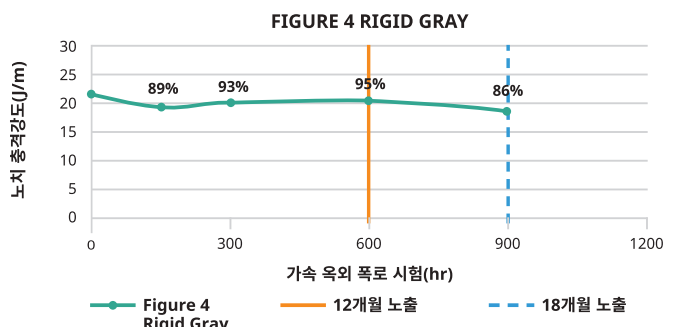
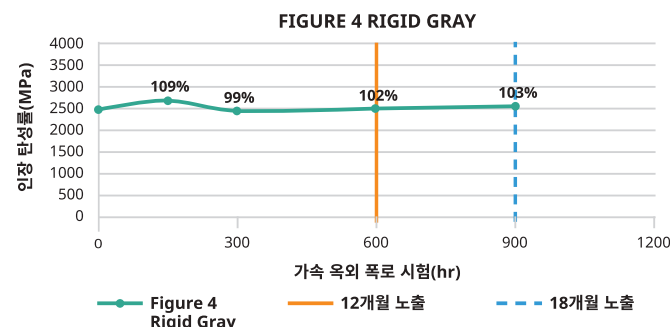
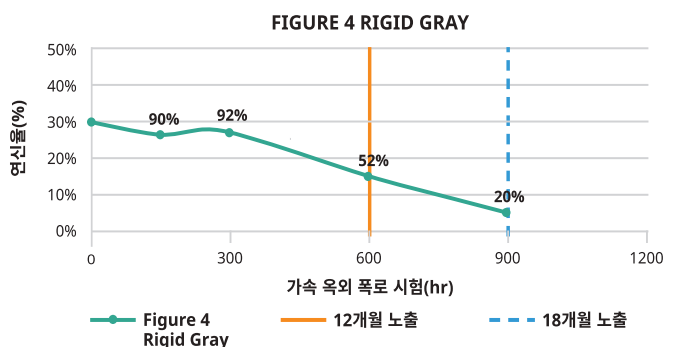
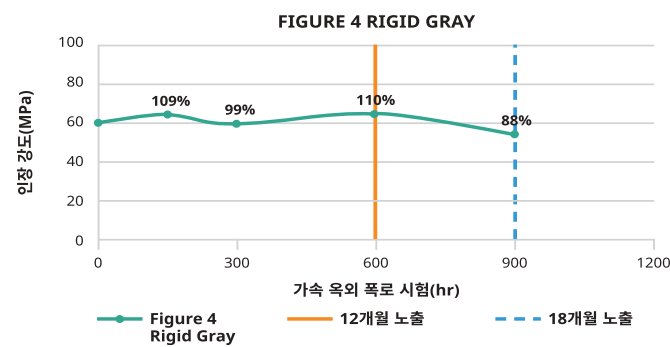
실내 안정성: ASTM D4329 표준 방법에 따라 테스트됨.

실내 안정성



실외 안정성: ASTM G154 표준 방법에 따라 테스트됨.

실외 안정성



## Figure 4 Rigid Gray

### 자동차 유체 호환성

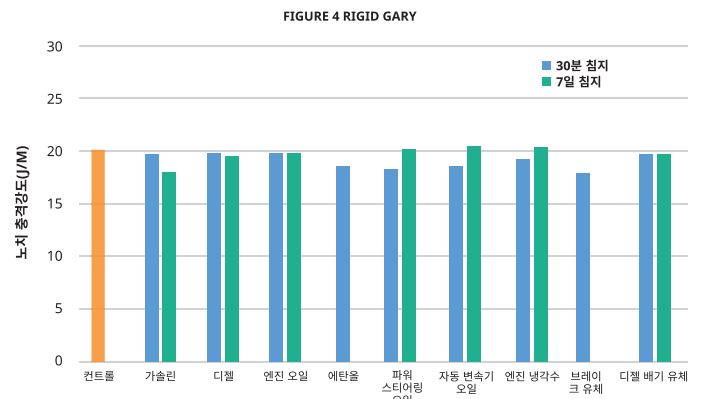
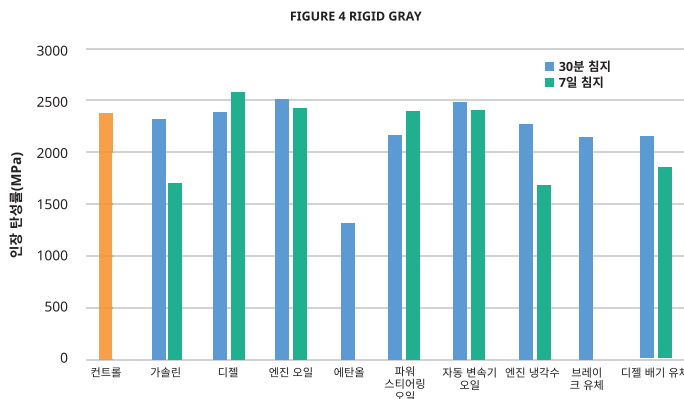
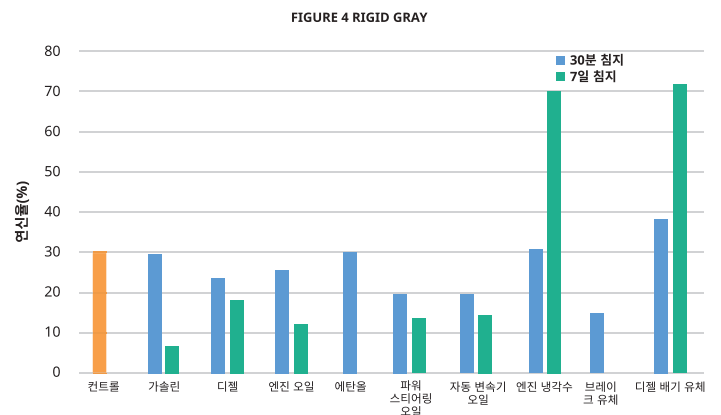
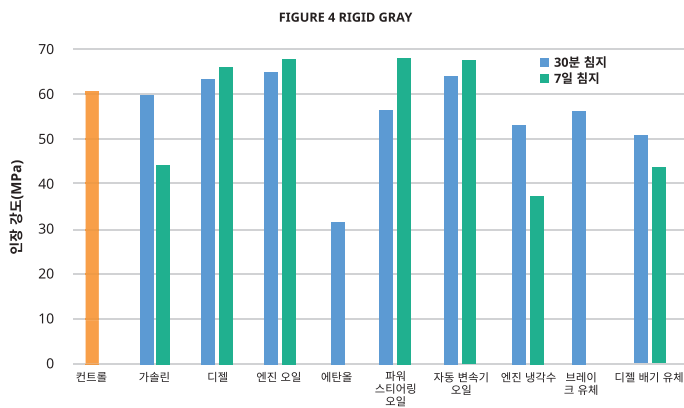
탄화수소 및 세척 화학물질과 소재의 호환성은 부품 응용 분야에 중요합니다. Figure 4 Rigid Gray 부품은 USCAR2 테스트 조건에 따라 밀봉 및 표면 접촉 호환성 테스트를 거쳤습니다. 아래의 유체는 사양당 다음 두 가지 방법으로 테스트되었습니다.

- 7일 동안 침지한 후 비교를 위해 기계적 특성 데이터를 취합니다.
- 30분 동안 침지한 후 꺼내 7일 후 비교를 위해 기계적 특성 데이터를 취합니다.

데이터는 그 기간 측정된 특성 값을 반영합니다.

| 자동차 오일        |                                     |           |
|---------------|-------------------------------------|-----------|
| 오일            | 사양                                  | 테스트 온도 °C |
| 가솔린           | ISO 1817, 액체 C                      | 23 ± 5    |
| 디젤 연료         | 905 ISO 1817, 오일 No. 3 + 10% p-자일렌* | 23 ± 5    |
| 엔진 오일         | ISO 1817, 오일 No. 2                  | 50 ± 3    |
| 에탄올           | 85% 에탄올 + 15% ISO 1817 액체 C*        | 23 ± 5    |
| 파워 스티어링 오일    | ISO 1917, 오일 No. 3                  | 50 ± 3    |
| 자동 변속기 오일     | Dexron VI(복미 특정 연료)                 | 50 ± 3    |
| 엔진 냉각수        | 50% 에틸렌글리콜 + 50% 증류수*               | 50 ± 3    |
| 브레이크 유체       | SAE RM66xx(xx는 최신 가용 유체로 대체하여 사용)   | 50 ± 3    |
| 디젤 배기 유체(DEF) | ISO 22241에 따른 API 인증                | 23 ± 5    |

\*해결 방안은 부피에 따른 백분율로 결정됩니다.



## Figure 4 Rigid Gray

### 화학적 호환성

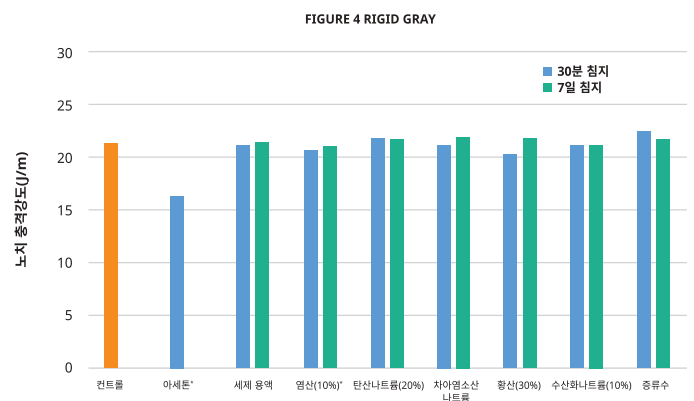
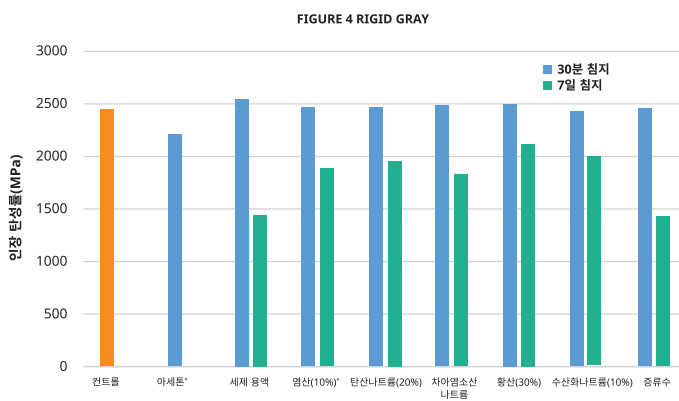
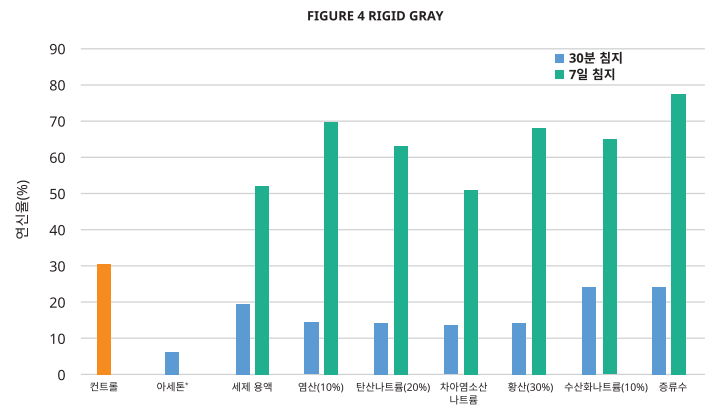
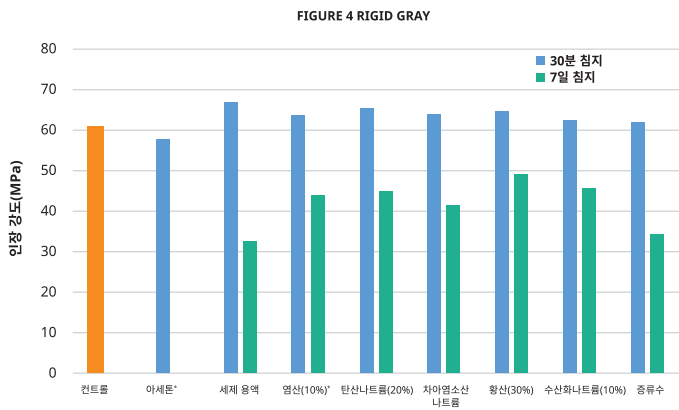
세척 화학물질과의 호환성은 부품 응용 분야에 중요합니다. Figure 4 Rigid Gray 부품은 ASTM D543 테스트 조건에 따라 밀봉 및 표면 접촉 호환성 테스트를 거쳤습니다. 아래의 유체들은 사양당 다음 두 가지 방법으로 테스트되었습니다.

- 7일 동안 침지한 후 비교를 위해 기계적 특성 데이터를 취합니다.
- 30분 동안 침지한 후 꺼내 7일 후 비교를 위해 기계적 특성 데이터를 취합니다.

데이터는 그 기간 측정된 특성 값을 반영합니다.

\*소재가 7일 담금 훈련을 거치지 않았음을 나타냅니다.

| 화학적 호환성               |
|-----------------------|
| 6.3.3 아세톤             |
| 6.3.12 강력 세제 용액       |
| 6.3.23 염산(10%)        |
| 6.3.38 탄산나트륨 용액(20%)  |
| 6.3.44 차아염소산나트륨 용액    |
| 6.3.46 황산(30%)        |
| 6.3.42 수산화나트륨 용액(10%) |
| 6.3.15 증류수            |



## Figure 4 Rigid Gray

### 생체 적합성 정보

아래의 후처리 지침에 따라 프린트 및 처리된 Figure 4® Rigid Gray 테스트 쿠폰은 ISO 10993-5, 의료 기기의 생물학적 평가 - Part 5: 체외 세포 독성 시험에 따른 평가를 목적으로 외부 생물학 시험 기관으로 보내졌습니다. *테스트 결과는 Figure 4 Rigid Gray가 위 시험에 따른 생체 적합성 기준을 통과하였음을 보여줍니다.*

Figure 4® Rigid Gray 소재를 고객이 원하는 응용 분야에 사용할 때 안전한지, 합법적인지, 기술적으로 적합한지 결정할 책임은 각 고객에게 있습니다. 고객은 자체적인 테스트를 수행하여 이러한 적합성을 확인해야 합니다. 관련 법률 및 규정의 잠재적 개정을 비롯해 이러한 소재의 변경 가능성으로 인해 3D Systems는 이러한 소재의 상태가 앞으로 바뀌지 않거나, 특정 용도에서 생체 적합성을 충족할 것이라고 보장하지 않습니다. 따라서 3D Systems는 고객이 이러한 소재를 계속해서 사용할 경우 정기적으로 상태를 확인하도록 권장합니다.

## Figure 4 Rigid Gray

### ISO 10993-5를 통과하는 데 필요한 후처리 지침

#### 혼합 지침

이 소재에는 프린트하기 전에 시간이 지남에 따라 매우 천천히 침전되는 안료가 있습니다. 최상의 결과를 얻으려면 병에 다음 소재를 혼합하십시오.

#### 1kg 병 - Figure 4 Standalone

- 첫 사용 시 3D Systems LC-3D Mixer에서 1시간 동안 병 회전
- 후속 사용 시 10분 동안 회전

#### 2.5kg 카트리지 - Figure 4 모듈형

- 카트리지를 설치하기 전에 2분 동안 병을 부드럽게 흔들기
- Modular 시스템의 경우, 사용하는 날마다 처음에 병을 20분간 흔들어 줌

프린트 작업 사이 30초 동안 트레이의 소재를 교반하려면 레진 믹서를 사용하십시오.

#### 수동 클리닝 지침

- IPA(세척 및 행굼)의 2개의 용기로 수동 클리닝
- 부품을 교반하는 동안 2.5분간 '세척' IPA로 클리닝
- 부품을 교반하는 동안 2.5분간 '클리닝' IPA로 행굼
  - 기계적 특성을 보존하기 위해 IPA로의 총 노출 시간을 10분 이상 초과하지 마십시오.
- 수동 교반 및/또는 부드러운 브러시를 사용하여 클리닝
- 클리닝이 효과적이지 않을 때는 IPA 교체

#### 건조 지침

- 오븐에서 35°C로 25분간 건조

#### UV 경화 시간

- 3D Systems LC-3DPrint Box UV 경화 후처리 장치 또는 Figure 4 UV 경화 장치 350: 90

자세한 내용은 다음 Figure 4 사용자 안내서에서 확인할 수 있습니다. <http://infocenter.3dsystems.com>

Figure 4 Standalone: <http://infocenter.3dsystems.com/figure4standalone/node/1546>

Figure 4 모듈형: <http://infocenter.3dsystems.com/figure4modular/node/1741>

