

# Flexible 필라멘트 출력 팁

## Application Note



- 본문서의 내용은 일반적인 상황을 고려하여 작성된 것으로 문서에 삽입된 그림, 사진 및 설명이 모든 상황에 대응되지는 않습니다.
- 내용 중 일부 과정은 사용자가 진행하였을 때 장비의 고장이 발생할 수 있습니다. 지정 AS점을 사용해 주십시오.

## 1. Flexible 필라멘트

Flexible 필라멘트는 소재의 유연성 때문에 일반 PLA나 ABS와는 다른 느낌의 출력물을 뽑을 수 있고, 출력 모델에 따라 여러 분야에 이용할 수 있는 흥미로운 소재입니다.


그러나, 이 소재의 특성으로 인해 실제 3D프린터를 사용하여 출력을 하기가 어려운 것이 현실입니다.

당사에서는 TPU계열의 Flexible 필라멘트와 이를 인쇄할 수 있는 3D 프린터를 고객에게 공급하고 있습니다.

하지만 원하는 모델을 3D 프린터를 사용하여 출력하기 위해서는 장비의 상태가 적절히 관리되어야 하고, 적절한 출력조건을 사용해야 출력 성공률을 높일 수 있고 Flexible 필라멘트의 경우는 일반적인 PLA, ABS에 비해 좀더 까다로워 이를 충분히 고려하여야 출력 성공률을 높일 수 있습니다.

이 문서는 성공적인 Flexible 필라멘트 출력을 위한 몇 가지 Tip에 관한 내용입니다.

사용자는 이 문서에서 제공하는 Tip을 충분히 이해하고 Cubicon 3D 프린터를 사용한다면 Flexible 필라멘트를 사용하여 출력하는 데 큰 어려움이 없을 것이라 생각합니다.

	<p>* 일반적으로 판매되는 FFF(Fused Filament Fabrication) 방식의 Flexible 필라멘트는 Polyester계인 TPEE(Thermoplastic polyester elastomer)와 Urethane계인 TPU(Thermoplastic polyurethane)이 대표적입니다.</p> <p>* 당사에서 판매하는 Flexible 필라멘트는 TPU계열의 필라멘트로 TPEE계열의 경우 TPU보다 연성이 심해 일반 사용자가 3D프린터에 사용하기에는 쉽지 않습니다.</p>
---	---

## 2. Flexible 필라멘트 출력 팁

Flexible 필라멘트를 사용한 조형물의 출력 성공은 조형 모델의 형상에 맞는 출력 옵션(Cubicreator의 옵션설정) 및 출력하려는 프린터가 적절한 조건으로 구동될 수 있는 환경을 갖추고 있어야 합니다.

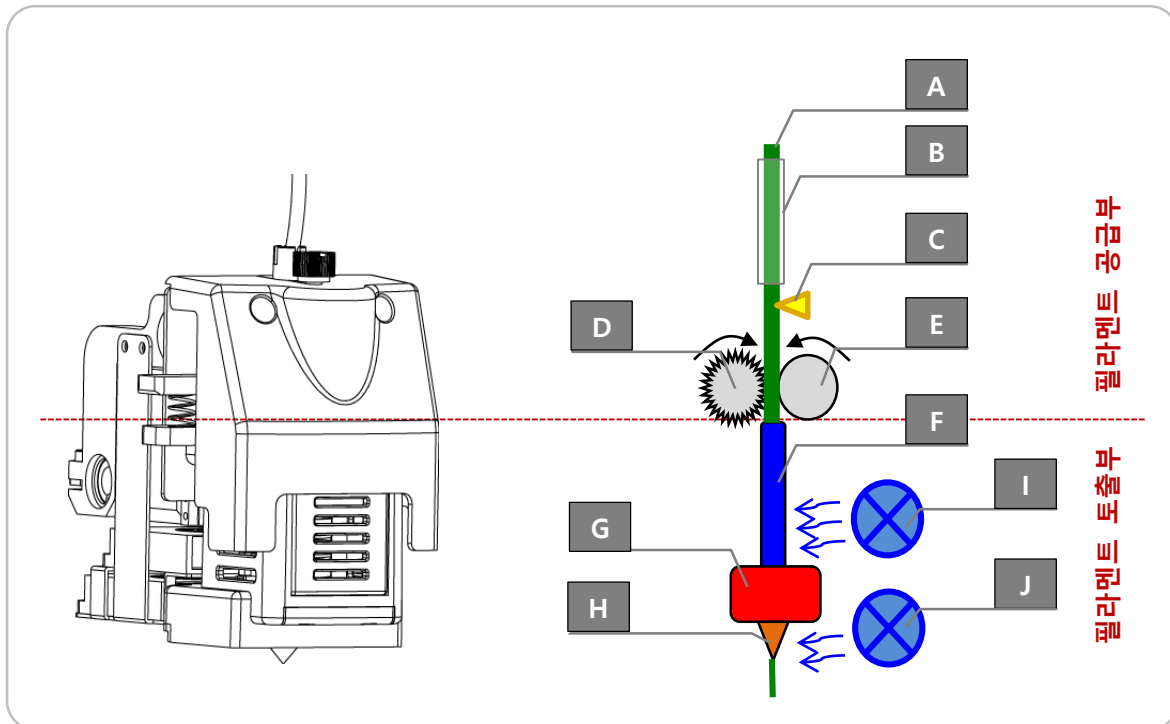
Flexible 필라멘트는 일반적인 PLA, ABS에 비해 필라멘트 자체로도 연성이 심한 소재입니다.

FFF방식의 일반적인 작동방식은 필라멘트를 녹이는 히팅부와 토출하는 노즐이 붙어 있고 그 앞단에서 필라멘트를 기어의 힘으로 밀어주어 히팅부에서 녹은 필라멘트를 원하는 위치에서 기어를 회전시켜 이 힘으로 녹지 않은 필라멘트를 이동시키고 녹지 않은 필라멘트가 노즐내부에서 녹은 필라멘트를 노즐 밖으로 밀어내는, 압출(Extrude)하는 방식입니다.

하지만, Flexible 필라멘트의 경우 필라멘트 고유의 연성으로 인하여 기어를 회전시켜 압출하는 것

이 어렵습니다. 따라서 **Flexible 필라멘트의 출력은 필라멘트를 녹여 밀어내는 것이 아닌 필라멘트를 녹여 흘러 내보내는 방식으로 출력이 진행되어야 합니다.**

다음의 내용은 필라멘트를 녹여 흘러 내보내기 어려운 상황을 짚어보고 이를 개선하는 방법에 대한 내용으로 이를 충분히 이해하고 출력환경을 설정하게 되면 출력 성공률을 높일 수 있게 됩니다.



Cubicon Single (3DP-110F)의 Extruder와 구성부 이해도

[A] 필라멘트	출력에 사용되는 필라멘트
[B] 테프론튜브	Extruder까지의 필라멘트 경로에 사용되는 테프론튜브
[C] 필라멘트 유무감지센서	필라멘트 유무를 감지하는 센서
[D] 드라이브(Drive) 기어	필라멘트 움직임을 제어하는 기어
[E] 아이들러(Idler)	드라이브기어에 필라멘트를 안착시키는 아이들러
[F] 노즐봉	드라이브기어에서 노즐까지의 필라멘트 경로 (Cooling Zone)
[G] 히팅블럭 (Heating Block)	필라멘트를 가열하는 녹이는 히팅블럭
[H] 노즐	필라멘트가 노출되는 노즐
[I] 쿨링팬 (Cooling Fan)	히터의 열기를 식히기 위해 사용되는 팬
[J] 조형팬 (Mold Fan)	토출 된 필라멘트를 식히기 위해 사용되는 팬

위의 그림은 Cubicon Single (3DP-110F)의 Extruder부와 각 기능을 이해하기 위한 요약도 입니다. 당사에서 판매되는 Flexible 필라멘트가 토출 가능한 3D프린터의 경우 유사한 기능을 하는 파트들이 포함되므로 참조하시기 바랍니다. (제품에 따라 차이가 있을 수 있습니다.)

이 그림을 기본으로 Flexible필라멘트를 토출하기 위해 확인할 사항을 살펴보겠습니다.

그림에서 보는 것처럼 필라멘트가 토출되기 위해 프린터에서 이동하는 경로에는 여러 가지 기능을 담당하는 부속품들로 구성되어 있습니다. 이 경로상의 여러 기능을 담당하는 부속들의 상태가 출력에 사용되는 필라멘트에 적합하지 않게 되면 출력에 문제가 발생하게 됩니다. 일반적인 PLA 나 ABS의 경우 필라멘트의 특성 (대표적으로 강도, 녹는 온도, 흐르는 온도)이 부속들의 상태변화에 영향이 적지만 Flexible 필라멘트의 경우 약간만 문제가 되어도 토출에 큰 영향을 미치게 되고 출력이 어렵게 됩니다.

서두에서도 언급하였지만 Flexible 필라멘트를 사용할 경우 가장 중요한 것은 필라멘트를 녹여 밀어내는 방식이 아닌, 필라멘트를 녹여 흘러 내보내는 방식으로 출력이 진행되어야 합니다.

## 2.1. 필라멘트 이동경로의 부하개선

편의상 그림과 같이 필라멘트 이동경로를 필라멘트 공급부와 필라멘트 토출부로 나누어 설명하겠습니다.

### 2.1.1. 필라멘트 공급부의 부하개선

필라멘트 공급부에는 필라멘트스풀(그림상에는 표시되지 않음), 테프론튜브, 필라멘트유무감지센서(Cubicon Single), 드라이브기어, 아이들러가 위치합니다.

각 부분에 문제가 생겨 필라멘트의 흐름에 문제가 있는 경우 (저항이 심한 경우) 필라멘트 공급이 원활하지 않아 문제가 발생하게 됩니다.

#### 1) 필라멘트스풀

- 필라멘트가 꼬여있거나 스풀의 회전이 원활한지 확인하십시오.
- Flexible 필라멘트의 경우 필라멘트의 특성상 스풀에 감긴 상태에서 필라멘트간에 접착이 심한 경우가 발생할 수 있습니다. 이 경우 프린터에서 필라멘트가 당겨지는 방향으로 스풀이 회전할 수 있도록 별도의 스풀홀더를 사용하시면 개선할 수 있습니다.

#### 2) 테프론튜브

- 스풀에서 Extruder까지 필라멘트 경로를 담당하는 테프론튜브는 지속사용에 따라 마모가 발생하게 됩니다. 특히 표면이 거친 필라멘트 등을 사용할 경우 튜브내부의 마모가 거칠게 발생하여 필라멘트 흐름을 방해하는 저항으로 작용합니다. 테프론튜브는 소모품이므로 필라멘트 흐름에 문제가 있을 정도의 저항이 발생한 경우는 교체하여 주십시오.
- 테프론튜브에 꺾임이나 꼬임 등이 발생한 경우 필라멘트 흐름에 문제가 발생하게 됩니다. 꺾임이나 꼬임을 해소한 후 사용하시고, 계속 문제가 발생하는 경우는 교체하여 주십시오.

#### 3) 필라멘트 유무감지센서

- Cubicon Single에는 필라멘트가 Extruder에 공급되지 않는 경우 사용자가 필라멘트를 교체할 수

있는 기능인 유무감지 기능이 포함되어 있습니다.

이 유무감지센서는 필라멘트를 스위치로 눌러 감지하도록 되어 있습니다.

통상적인 환경에서는 Flexible 필라멘트를 사용하여도 이상이 없으나 스위치가 파손되었거나 스위치가 오염된 경우 필라멘트 흐름에 저항이 발생할 수 있습니다. 이 경우 스위치를 교체하여야 합니다.

- Flexible 필라멘트를 Extruder에 넣을 경우 유무감지센서 스위치가 눌러 필라멘트를 넣는 것을 방해할 수 있습니다. 약간의 힘을 주어 필라멘트를 밀어 넣으시기 바랍니다.



**Flexible 필라멘트는 공급감지센서에 필라멘트가 심하게 눌러 오 동작 할 수 있습니다. 이 경우 필라멘트 공급감지 기능을 사용하지 않도록 설정하시기 바랍니다. (메뉴의 Configuration-Filament Check "Off" 설정)**

#### 4) 드라이브기어 / 아이들러

- 기어의 톱니, 아이들러에 오염물 부착이 심한 경우 필라멘트를 이동시키는 힘이 부족하게 되어 정상동작이 되지 않습니다. 보이는 부분을 솔 등으로 청소하시고 사용하시기 바랍니다.
- 관리의 잘못으로 기어의 톱니나 아이들러가 손상되어 필라멘트 이송에 문제가 발생한 경우는 교체가 필요합니다.



**드라이브기어 및 아이들러의 분해,수리는 사용자가 하기어렵습니다. 지정 AS점을 이용해 주시기 바랍니다. 지정되지 않은 사용자의 임의분해/수리에 의한 고장은 무상AS에서 제외됩니다.**

#### 2.1.2. 필라멘트 토출부의 부하개선

필라멘트 토출부는 노즐봉, 히팅블럭, 노즐로 구성되어 있습니다. 히팅블럭의 경우는 필라멘트와 직접 접촉하지 않고 노즐의 온도를 가열하는 역할을 하므로 설명에서 제외하겠습니다.

토출부의 노즐봉과 노즐의 내부는 눈으로 확인할 수 없는 내부의 부속이라 관리가 어렵고 문제가 발생한 이후에는 조치하기가 어렵습니다. 하지만, 토출 문제의 대부분은 이곳에서 발생하게 되고 문제가 발생하게 되면 수리가 쉽지 않아 교체하여야 하므로 문제가 발생하기 전에 적절한 관리가 필요합니다.

노즐봉이나 노즐은 FFF방식에서는 필연적으로 오염이 발생하는 부품이고 사용자의 관리에 따라 부품의 수명이 결정되므로 지속적이고 적절한 관리가 중요합니다.

#### 1) 노즐봉

- 드라이브기어에서 내려 보낸 필라멘트가 토출을 위해 이동하는 경로입니다.
- 노즐봉 입구에 필라멘트 조각 등의 오염물이 있을 경우 필라멘트 이동에 방해가 되므로 제거하시기 바랍니다.
- 사용하는 필라멘트에 부적절한 온도조건으로 사용하는 경우 노즐봉 내부에서 필라멘트가 변형

되어 필라멘트 흐름을 방해하게 됩니다. 노즐관리핀 등을 사용하여 노즐봉 내부에 변형된 필라멘트가 쌓이지 않도록 하시기 바랍니다.

- 노즐이 가열되어 있는 상태에서 노즐관리핀을 사용할 경우 노즐관리핀 주위로 필라멘트가 녹아 붙고 이 녹아 붙은 필라멘트들이 노즐관리핀 이동 중에 노즐봉 내부에 붙어 오염이 유발되므로 주의하여 사용하시고 오염이 발생하면 즉시 제거해 주시기 바랍니다.

## 2) 노즐

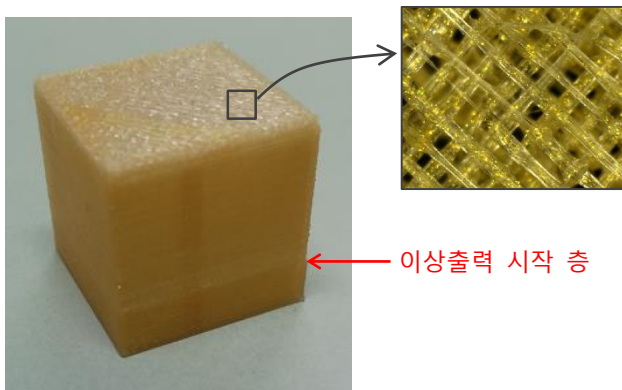
- 노즐은 출력 시 필라멘트 조건에 맞게 지속 가열되는 부품이고, 출력물과 접촉되는 부품으로 필라멘트에 의한 오염이나 마모가 지속되는 부품입니다.

따라서 노즐 내/외부에 필라멘트 탄화가 지속되고 오염물이 노즐 내부/외부에 쌓이게 되어 필라멘트 토출에 문제를 유발하게 되고, 심한 경우는 Extruder내부의 부품고장으로 프린터가 고장나는 결과를 가져오게 됩니다.

- 노즐내부에서 탄화된 필라멘트나 오염물들이 쌓이지 않도록 노즐관리핀을 사용한 노즐봉 및 노즐의 청소를 주기적으로 해주십시오.
- 필라멘트의 탄화는 토출되지 않은 필라멘트가 노즐내부에 있는 상태에서 지속적으로 가열될 경우 심해지므로 가열/냉각을 반복하지 마십시오.
- Flexible 필라멘트의 Extruder 노즐온도(필라멘트 스펙에 표기됨)는 실제 녹는 온도보다 높고, 이렇게 사용하는 것은 필라멘트의 흐름성을 좋게 하기 위한 것입니다. 하지만 이 때문에 Flexible 필라멘트의 탄화는 일반적인 PLA나 ABS보다 심하게 됩니다.

Flexible 필라멘트 사용시 필라멘트가 노즐에 끼워진 상태로 가열을 지속하지 마시고 최단시간에 토출되도록 해주십시오.

또한, Flexible 필라멘트 사용시에는 노즐관리핀을 사용한 노즐봉/노즐 청소를 자주 해 주시기 바랍니다.



이상출력 조형물



노즐내부의 탄화 찌꺼기

위의 사진은 품질문제가 발생한 조형물의 예입니다.

왼쪽 그림은 출력 중 일부 층부터 출력의 이상이 관찰된 예로서 토출되는 필라멘트의 양이 불규칙하여 출력이 비정상인 된 것입니다.

문제된 Extruder의 노즐을 분리하여 확인하였을 경우 노즐내부의 탄화가 심하여 우측과 같은 찌꺼기나 나왔고 이 찌꺼기들이 노즐로 나오지 않고 필라멘트의 토출을 방해한 것입니다.



노즐관리핀등을 사용하여 충분히 청소를 해주면 개선할 수 있으나, 노즐관리핀을 사용하여도 개선되지 않을 경우는 노즐을 교체하여야 합니다.

### 3) 필라멘트 교체 시 온도조건 주의

- 동일한 Extruder에서 여러 종류의 필라멘트를 사용하는 경우 노즐 청소를 충분히 하여야 하고 교체 이전과 이후의 필라멘트 토출온도를 고려하여야 합니다. 이는 노즐내부에 이전에 출력하던 필라멘트가 남아있는 상태이므로 이 남아있는 필라멘트를 충분히 제거하지 않으면 찌꺼기로 남아 탄화되거나 노즐로 녹아나가지 않고 노즐을 막는 원인으로 작용합니다.
- Flexible 필라멘트의 경우 녹은 필라멘트를 흘려 내보내는 식의 출력이 필요하므로 노즐내부에 다른 종류의 필라멘트가 남았을 경우 부하가 증가하여 심각한 출력문제를 유발하게 됩니다.

- 필라멘트 교체시의 청소는 다음과 같이 진행합니다.

편의상 출력 시 노즐의 권장온도를 ABS : 240C, PLA : 210C, Flexible : 230C로 고려하겠습니다.

아래 표에서 필라멘트(A)(노즐 속에 남아있는 필라멘트)를 필라멘트(B)로 교체하는 경우입니다.

	(A) PLA → (B) Flexible	(A) ABS → (B) Flexible	(A) Flexible → (B) PLA	(A) Flexible → (B) ABS
Unloading 노즐가열온도(UT)	210	240	230	230
Loading 노즐가열온도(LT)	230	240	230	240

#### ① Extruder에서 필라멘트(A) 제거

UT의 온도로 Extruder의 노즐을 가열하고 필라멘트(A)를 Unloading 합니다.

#### ② Extruder에 필라멘트 (B) 장착

LT의 온도로 Extruder의 노즐을 가열하고 필라멘트(B)를 Loading 합니다.


과정은 단순하나 다음의 사항을 충분히 주의하시기 바랍니다.

- Loading온도는 교체 전후의 필라멘트 중 높은 온도의 필라멘트로 하십시오.
- 필라멘트(B)의 Loading량은 충분히(30cm이상), 몇 회에 걸쳐 진행하십시오.  
즉, 30cm가량 Loading후 10여초 기다린 후 다시 Loading을 하는 것을 몇 회 반복합니다.
- 각 단계에 추가하여 노즐관리핀을 사용하여 노즐내부에 남은 필라멘트를 밀어내는 것도 좋은 방법입니다.
- 교체 전후의 필라멘트(A)/(B)가 무엇인가에 따라 Unloading/Loading 온도에서 노즐내의 필라멘트 탄화가 심해질 수 있으므로 교체과정(청소과정)은 가능한 빠른 시간 내에 진행하시고, 노즐내부에 녹아 있는 필라멘트는 온도가 높은 상태에서 방치하지 마십시오.
- 일반적으로 PLA나 Flexible필라멘트의 경우에는 녹은 필라멘트의 끈적임이 심하므로 필라멘트 교체 전 노즐내부에 남은 필라멘트가 PLA나 Flexible인 경우는 Loading시 좀더 많은 필라멘트를 토출하여 청소하는 것을 권장합니다.
- 필라멘트 교체 전 노즐내부에 남은 필라멘트를 확인하지 못할 경우에는 프린터에 사용하는 필라멘트 중 가장 높은 온도의 필라멘트가 노즐내부에 남은 것을 가정하고 청소하시기 바랍니다.

- 필라멘트 교체 전후의 노즐 청소는 동일한 종류의 필라멘트에서 색상만 교체하거나 새로운 필라멘트 스푼을 적용하는 경우에도 진행해 주시는 것을 권장합니다.

위의 표에 제시한 값은 절대적이 아닌 예시이므로 사용자가 충분한 경험을 통해 최적의 조건으로 설정하시기 바랍니다.

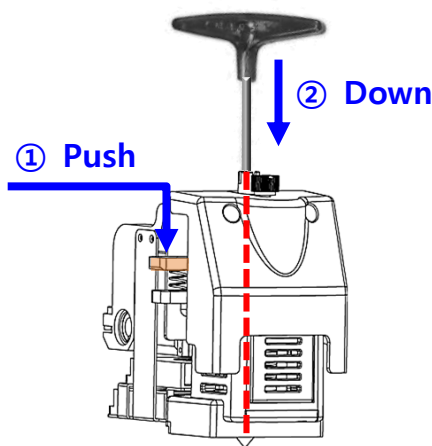
노즐의 청소는 무리하게 진행하여 부품을 파손하는 경우가 아니라면 자주 해주시는 것이 수명을 연장시키는 좋은 방법입니다.

	<p>* 노즐관리핀 사용시에는 Extruder 내부의 부품이 손상되지 않도록 부드럽고 적절한 힘을 서서히 가하면서 사용하시기 바랍니다.</p> <p>* 악세서리에 포함된 노즐관리핀은 사용자가 적절하게 사용하게 되면 아주 좋은 관리도구이나 과도한 힘을 주거나 지나친 사용을 하게되면 Extruder내부의 부품손상이 발생하게 됩니다. 이렇게 발생한 고장은 무상AS에서 제외되므로 주의하여 사용해 주시기 바랍니다.</p>
---	--

### 2.1.3. Extruder내부의 필라멘트 경로상태

필라멘트 공급부와 필라멘트 토출부의 부하에 문제가 없는 경우 Extruder 내부에서 필라멘트가 이동할 경우 직진성을 유지하는지 경로상태를 확인합니다.

필라멘트가 Extruder내부에서 직진성을 유지하지 못할 경우 PLA나 ABS는 연성이 상대적으로 없으므로 큰 문제가 없는 경우가 대부분이나, Flexible필라멘트는 필라멘트의 연성으로 인해 노즐 쪽으로 움직임을 방해하므로 중간에 꼬이거나 하는 등의 필라멘트 흐름에 문제가 생기고 결국 노즐로 토출시 문제가 발생하게 됩니다.



Extruder내부의 필라멘트 경로 직진성 확인은

- ① 필라멘트 누름손잡이를 아래로 누른 상태에서
- ② 노즐관리핀을 필라멘트 삽입구에서 Extruder내부로 넣어 노즐관리핀이 들어가는 상태를 확인합니다. Cubicon Single의 경우 유무감지센서나 드라이브기어/아이들러, 착탈부의 경계등에서 약간의 턱이나 부하가 느껴지지만 노즐관리핀이 벽에 부딪치는 정도의 심한 장벽이 느껴지면 내부 부품의 정렬 상태를 확인하여야 합니다. 이 경우 착탈 Extruder의 장착상태를 다시 한번



확인하시고 정렬상태 문제가 지속되면 지정 AS센터에 정렬상태 조정을 요청하시기 바랍니다.

#### 2.1.4. 출력시작시 노즐과 베드의 간격

Cubicon Single은 Auto Leveling 기능이 포함되어 있어 노즐과 베드의 간격을 자동으로 적절하게 조절 합니다. 하지만, 기능에 문제가 발생하여 노즐과 베드의 간격이 너무 가까울 경우 필라멘트 토출시 베드에 막혀 토출이 되지 않고 필라멘트가 꼬이거나 갈리게 됩니다.

이 경우 전원을 끄신 후 10초 정도 기다리신 후 다시 켜서 재 동작 시키십시오.

계속해서 문제가 발생하면 지정된 AS점을 통해 점검을 요청하시기 바랍니다.

## 2.2. 필라멘트 출력 옵션 설정

**Flexible 필라멘트의 토출은 노즐에서 필라멘트를 녹여 밀어 내보내는 것이 아닌 흘러 내보내는 방식으로 출력하는 것이 필요합니다.** 이런 조건을 확보하기 위해 프린터 점검뿐 아니라 출력옵션 설정이 중요합니다.

- 당사에서 권장하는 Flexible 필라멘트의 출력온도는 Bed 65C, Extruder 노즐 230C입니다. 적정온도는 필라멘트나 출력모델에 따라 달라질 수 있으므로 충분한 경험 후 조절하시는 것을 권장합니다.

- Extruder 노즐의 온도는 출력속도와 밀접한 관계가 있습니다. 출력속도를 빠르게 한다면 노즐을 통해 필라멘트를 빨리 녹여 토출해야 하므로 출력속도가 느린 경우보다 노즐의 온도를 올려야 합니다. 만일 속도에 적합하지 않은 낮은 온도를 설정하게 되면 필라멘트는 기어의 회전을 통해 계속 공급되지만 노즐로 녹아나가지 않으므로 필라멘트가 Extruder내에서 꼬이거나 하여 토출이 되지 않고 노즐이 막힌 것 같은 토출결과가 나타날 수 있습니다.

출력속도에 따른 적절한 노즐온도를 설정하십시오.

- 노즐온도의 설정은 Spool 스티커에 표기된 온도범위내에서 사용하시기 바랍니다.

출력적정온도보다 낮을 경우 흐름성이 나빠져 토출에 문제가 생길 수 있고,

출력적정온도보다 높을 경우 흐름성이 과다해 토출량에 문제가 생기거나 탄화가 발생할 수 있습니다.

통상적으로 Flexible필라멘트의 출력적정온도 범위는 PLA나 ABS보다 작습니다. 또한 적정온도 범위를 벗어나는 경우 출력실패 확률이 증가 합니다.

- 모델에 따라 구간 구간 출력속도는 다를 수 있습니다. 직선구간과 곡선구간 등은 감가속이 포함되어 속도는 변하기 때문입니다. 모델에 따라 적절한 속도와 온도를 선택해야 합니다.

- 출력물의 표면이 거칠거나 한 경우 온도를 낮추면 표면품질이 개선될 수 있습니다.

Flexible필라멘트를 사용한 출력 시 출력속도의 적정온도보다 높을 경우 노즐내부에서 녹은 필라멘트가 원하는 위치에서 토출되기 전에 녹아 흘러내리는 경우가 생깁니다. 이 경우 실제 토출할 때는 필라멘트의 양이 모자라게 되고 기포 등이 포함되어 표면 거칠기가 불량해집니다.

- 바닥보조물 중 Raft를 사용하는 경우 온도설정에 주의하여야 합니다.

Raft는 출력모델의 바닥이 불균일 하거나 출력 Bed표면에 문제가 있는 경우 이를 개선하기 위

해 사용하는 보조물로 Raft출력시에는 속도뿐 아니라 노즐로 토출되는 필라멘트의 양이 많습니다. 즉, 노즐로 공급되는 필라멘트의 양이 통상적인 경우보다 많게 되므로 필라멘트를 녹이기 위해 열의 공급을 늘여야 합니다. Raft를 사용한 출력 시 Raft를 출력하는 동안에는 노즐온도를 5~10도가량 높게 설정하면 도움이 됩니다.

### 2.3. 필라멘트 변형 주의

필라멘트 Spool에 감긴 초기 필라멘트와 달리 Spool에서 풀리게 되면 필라멘트의 휨성질등이 바뀌게 됩니다. Flexible필라멘트의 경우 필라멘트 자체의 연성이 커서 Spool에서 풀린 필라멘트에 변형될 수 있는 힘을 가하게 되면 필라멘트의 직진성을 보장하지 못해 (필라멘트가 쉽게 구부러짐) Extruder내로 공급하기 어렵습니다. 따라서 Flexible 필라멘트의 경우 변형되지 않도록 Spool에 감은 채로 사용하는 것을 권장합니다. 또한 외부의 힘, 온도, 습도 등에 변형이 일어나지 않도록 주의해 주시기 바랍니다.