

토출불량 현상의 이해

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. 토출불량

일반적인 FFF(Fused Filament Fabrication) 방식의 3D프린터는 가는 선으로 만들어진 필라멘트를 Extruder(압출기)에 공급하고 Extruder내에서 필라멘트를 녹여 기어의 힘으로 밀어내며 원하는 위치로 이동하여 토출하면서 출력물을 만들어내는 방식입니다.

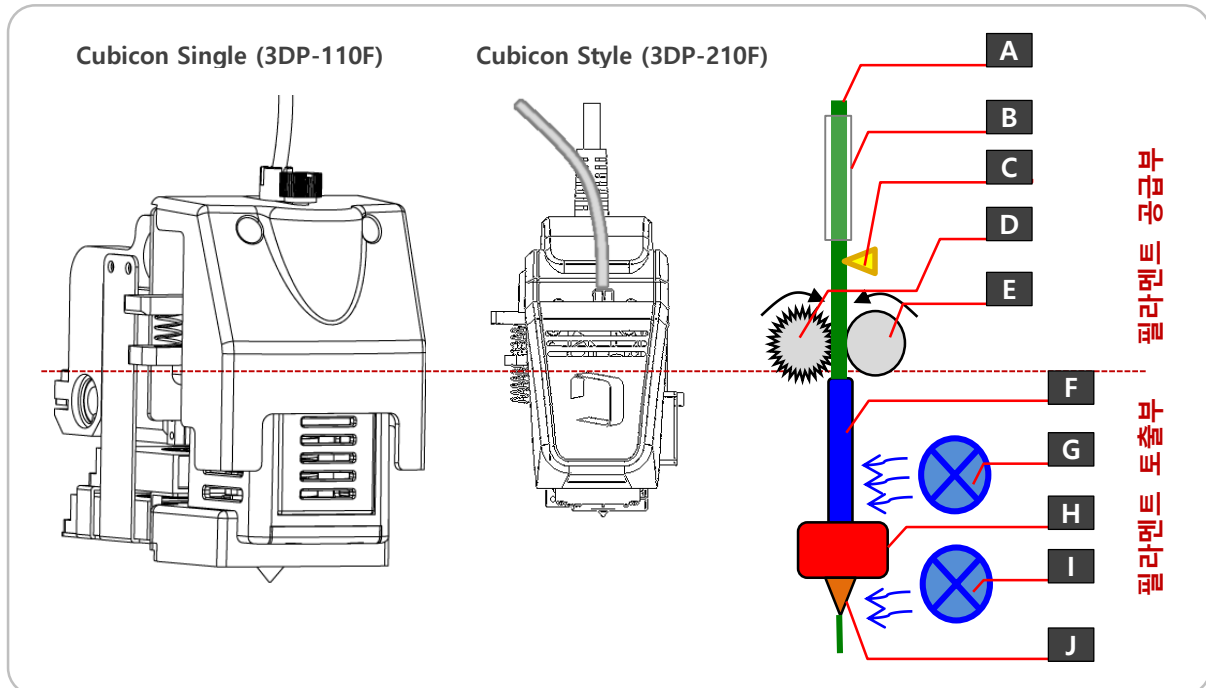
필라멘트를 이동시키는 기어와 필라멘트를 녹여내는 Extruder의 노즐 그리고 필라멘트가 이동하는 경로는 프린터에서 중요한 부분이고 가장 고장이 많이 발생하는 곳 입니다.

이문서는

사용자들이 FFF방식의 3D프린터를 사용하면서 가장 흔한 문제인 토출불량 (노즐로 필라멘트가 녹아 나오지 않는 현상)이 어떤 경우에 발생하는지 당사 프린터인 Cubicon을 예로 들어 설명하도록 하겠습니다.

토출불량 현상을 사용자가 충분히 이해한다면 사전에 문제를 예방할 수 있고 문제발생시 간단한 자가해결만으로 문제 해결이 될 수 있으므로 본 문서의 내용을 충분히 이해하고 3D프린터를 사용하시기 바랍니다.

2. Extruder 구조의 이해



Cubicon Single (3DP-110F) / Cubicon Style (3DP-210F)의 Extruder와 구성부 이해도

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

- 제품별로 부품구성이 다를 수 있습니다.

위의 그림은 현재 판매되는 FFF방식의 Cubicon 3D프린터의 Extruder부와 각 기능을 이해하기 위한 요약도 입니다. (제품에 따라 차이가 있을 수 있습니다.)

출력진행 시 필라멘트이동은 다음과 같습니다.

편의상 필라멘트 공급부와 필라멘트 토출부로 역할을 나누도록 하겠습니다.

필라멘트 공급부는 필라멘트 스푼(그림에는 표현되지 않음)에서 공급되는 필라멘트[A]는 테프론튜브[B]를 통해 Extruder까지 이동됩니다. Extruder로 삽입되는 필라멘트는 필라멘트 유무감지센서[C]를 지나 드라이브기어[D]와 아이들러[E] 사이에 끼워지게 됩니다. 드라이브기어는 Extruder모터에 연결되어 모터 회전에 의해 필라멘트를 물어 아래로 내리는 역할을 하게 되고 아이들러는 필라멘트가 기어에 잘 물리도록 스프링력을 통해 필라멘트를 눌러 주도록 되어 있습니다.

필라멘트 공급부로 공급된 필라멘트는 필라멘트 토출부는 들어가게 되는데 노즐까지의 경로를 잡아주는 노즐봉[F]을 통한 필라멘트는 히팅블럭[H] 속에 삽입된 노즐[J]로 공급되게 되고 됩니다. 히팅블럭은 노즐에 열을 가하는 구조물로 노즐의 온도를 올려 노즐속의 필라멘트를 녹이게 됩니다. 히팅블럭의 열기를 식히기 위해 쿨링팬[G]가 사용되고 노즐을 통해 녹아 토출된 필라멘트를 소형 시 식히기 위해 소형팬[I]를 사용하게 됩니다.

위에서 설명한 필라멘트가 토출되기 위해 프린터에서 이동하는 경로에는 여러 가지 기능을 담당하는 부속품들로 구성되어 있습니다. 이 경로상의 여러 기능을 담당하는 부속들의 상태나 사용 필라멘트에 맞는 출력조건, 사용 필라멘트의 특성 등이 적합하지 않게 되면 필라멘트 토출에 문제가 발생하게 됩니다.

3. 필라멘트 토출문제

필라멘트 토출에 문제가 생기는 일반적인 경우를 살펴보도록 하겠습니다.

3.1. 필라멘트 이동경로의 문제

프린터에서 필라멘트가 이동하는 경로에 심한 부하가 발생하거나 부품이 파손된 경우 드라이브기어가 필라멘트를 당겨서 토출하기 어려운 경우 필라멘트 토출에 문제가 발생하게 됩니다.

3.1.1. 필라멘트 공급부의 문제

필라멘트 공급부에는 있는 필라멘트스풀(그림상에는 표시되지 않음), 테프론튜브, 필라멘트유무감지센서(제품별로 다름), 드라이브기어, 아이들러에 문제가 생겨 필라멘트의 흐름에 문제가 있는 경우 (특히 저항이 심한 경우) 필라멘트 공급이 원활하지 않아 문제가 발생하게 됩니다.

1) 필라멘트스풀

- 필라멘트가 꼬여있거나 프린터에 필라멘트를 공급하는 스풀의 회전이 원활하지 않게 되면 문제가 발생하게 됩니다. 필라멘트의 공급을 확인하십시오.

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 Single 3DP-110F만 해당)

- Cubicon Single (3DP-110F)에는 필라멘트가 Extruder에 공급되지 않는 경우 사용자가 필라멘트

를 교체할 수 있는 기능인 유무감지 기능이 포함되어 있습니다.

이 유무감지센서는 필라멘트를 스위치로 눌러 감지하도록 되어 있습니다.

스위치가 파손되었거나 스위치가 오염된 경우 필라멘트 흐름에 저항이 발생할 수 있습니다. 이 경우 스위치를 교체하여야 합니다.

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



공급감지센서는 민감한 센서로 이루어져 있습니다. 필라멘트에 따라 오동작을 할 수 있으므로 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. 특히 노즐관리핀의 잘못된 사용으로 인해 기어가 마모되어 문제가 될 수 있으므로 주의하시기 바랍니다.



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

3.1.2. 필라멘트 토출부의 문제

필라멘트 토출부는 노즐봉, 히팅블럭, 노즐 그리고 팬으로 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.

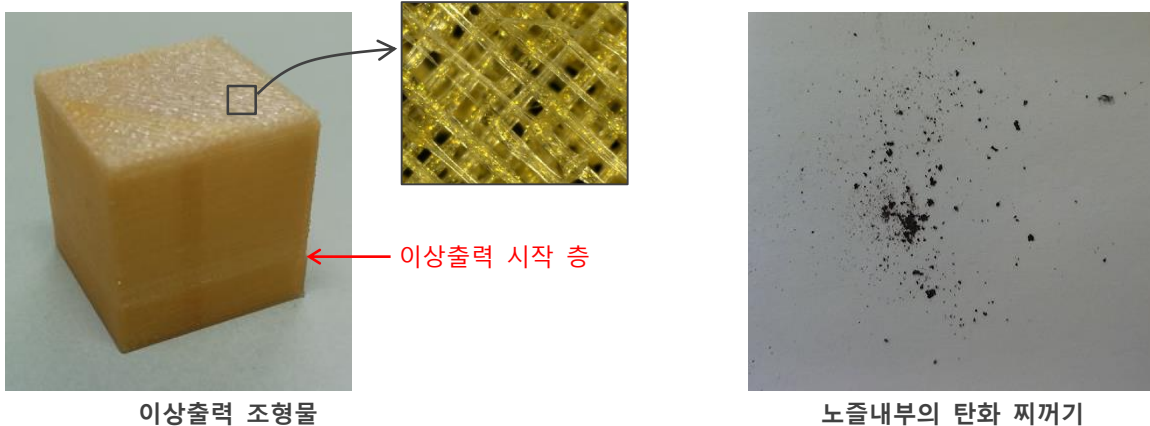
노즐봉이나 노즐, 히터/온도센서(히팅블럭), 팬 등은 FFF방식에서는 필연적으로 오염이 발생하고 수명이 있는 부품으로 사용자의 관리에 따라 부품의 수명이 결정되므로 지속적이고 적절한 관리가 중요합니다.

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 변형되어 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.



위의 사진은 품질문제가 발생한 조형물의 예입니다.

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



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

3) 히팅블럭 (히터,온도센서)

- 필라멘트를 녹이는 히팅블럭은 열을 가하는 히터와 온도센서로 구성됩니다.

히터 혹은 온도센서에 문제가 발생할 경우 사용자가 지정한 온도로 가열되지 않고 너무 높거나 낮은 온도로 가열되어 필라멘트의 탄화가 심해지거나 필라멘트가 녹지 않아 토출이 되지 않게 됩니다.

화면상의 온도가 지정한 온도와 크게 차이가 나거나 변화가 심하다면 지정 AS센터를 통해 점검하시기 바랍니다.

4) 팬

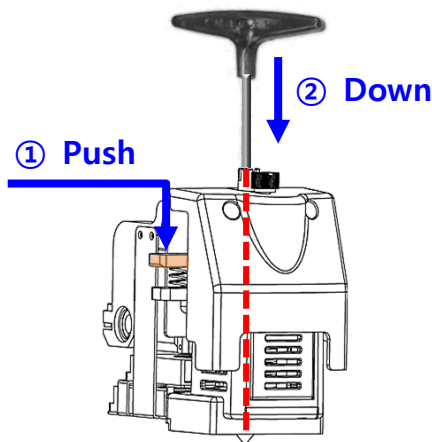
- Extruder부에 있는 팬 중 토출문제에 중요한 팬은 쿨링팬입니다. 쿨링팬의 역할은 히팅블럭의 열기를 적절하게 냉각시켜 상부로 연 전달이 되지 않게 하는 부품입니다. 쿨링팬에 문제가 생기게 되면 히팅블럭의 열기가 상부로 전달되어 노즐봉 전체를 가열시키거나 상부 구조물에 손상을 주게 됩니다. 이럴 경우 필라멘트 변형으로 토출에 이상이 생기거나 Extruder가 고장 나게

됩니다. 쿨링팬이 회전되지 않는 경우는 지정 AS센터를 통해 점검하시기 바랍니다.

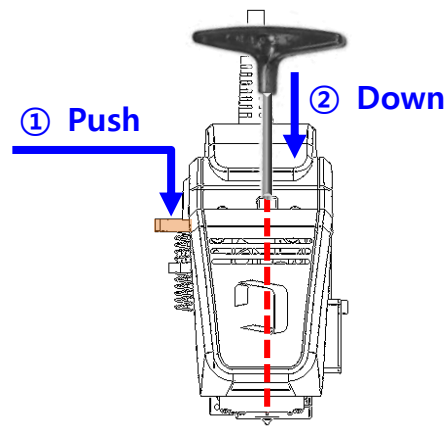
3.1.3. Extruder내부의 필라멘트 경로상태

필라멘트 공급부와 필라멘트 토출부에 문제가 없는 경우 Extruder 내부에서 필라멘트가 이동할 때 직진성을 유지하는지 경로상태의 확인이 필요합니다.

필라멘트가 Extruder내부에서 직진성을 유지하지 못할 경우 직진성을 유지하지 못하는 구간에서 부하가 크게 되어 필라멘트가 노즐 쪽으로 움직이는 것을 방해하므로 중간에 꼬이거나 하는 등의 필라멘트 흐름에 문제가 생기고 결국 노즐로 토출시 문제가 발생하게 됩니다.



Cubicon Single (3DP-110F)



Cubicon Style (3DP-210F)

Extruder내부의 필라멘트 경로 직진성 확인은

- ① 필라멘트 누름손잡이를 아래로 누른 상태에서
- ② 노즐관리핀을 필라멘트 삽입구에서 Extruder내부로 넣어 노즐관리핀이 들어가는 상태를 확인합니다. 유무감지센서(Cubicon Single)나 드라이브기어/아이들러, 노즐봉 입구 등에서 약간의 턱이나 부하가 느껴지지만 노즐관리핀이 벽에 부딪치는 정도의 심한 장벽이 느껴지면 내부 부품의 정렬 상태를 확인하여야 합니다. 이 경우 Extruder의 장착상태를 다시 한번 확인하시고 정렬상태 문제가 지속되면 지정 AS센터에 정렬상태 조정을 요청하시기 바랍니다.

3.1.4. 출력시작시 노즐과 베드의 간격

인쇄를 시작하게 되면 노즐에서 필라멘트가 베드위에 토출되며 형상을 그리게 됩니다. 이때 노즐과 베드의 간격이 너무 가까울 경우 베드에 막혀 토출되지 못한 필라멘트가 Extruder내부에서 꼬이거나 갈리게 됩니다.

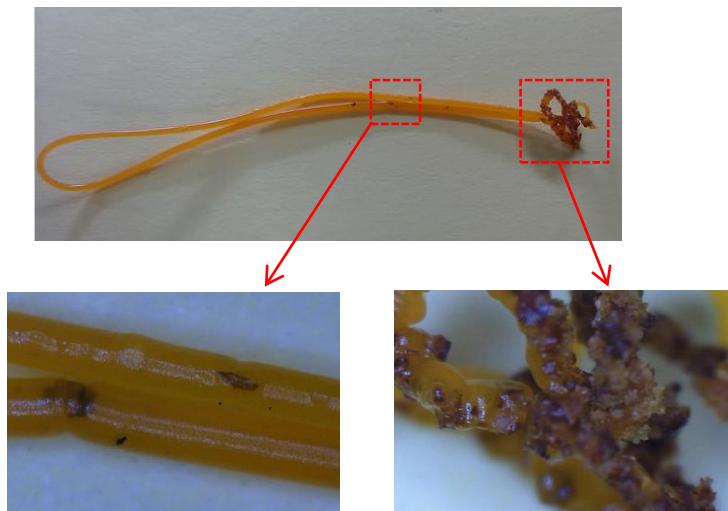
Cubicon Single, Style은 Auto Leveling 기능이 포함되어 있어 노즐과 베드의 간격을 자동으로 적절하게 조절 합니다. 하지만, 기능에 문제가 발생하여 노즐과 베드의 간격이 너무 가깝게 되면 문제가 될 수 있습니다. 이 경우 노즐 끝단, 히팅 베드 표면등의 오염물을 제거한 후 전원을 끄고 10초 정도 기다리신 후 다시 켜서 재 동작 시키십시오. (Cubicon Single의 경우 착탈 Extruder부를 분리하고 노즐의 상하운동 이상유무 및 노즐봉 입구의 오염 등을 제거하십시오.)

계속해서 문제가 발생하면 지정된 AS점을 통해 점검을 요청하시기 바랍니다.

3.2. 필라멘트 교차 사용문제

하나의 프린터에서 여러 필라멘트를 교차 사용 할 경우 노즐내부의 청소나 토출조건 등에 주의하여야 합니다.

필라멘트를 만들기 위해 사용하는 여러가지 재료들의 특성들이 달라 동일 종류의 필라멘트의 색상별 특성이 다르고 동일업체의 동일 색상 필라멘트의 Batch별 특성이 다를 수 있고, 심한 경우는 한 필라멘트 스푼에 감겨있는 필라멘트 내에서도 특성이 다르게 나타나는 경우가 있습니다. 물론 이런 특성차이는 미미한 경우가 대부분이라 사용자가 크게 차이를 느끼지 못하고 사용하는 경우가 대부분이지만 필라멘트 교차사용시 노즐 청소 등을 자주하는 습관과 Loading, Unloading 시의 온도설정 등을 주의하게 되면 교차사용에도 큰 문제없이 프린터를 사용할 수 있습니다.



위의 사진은 다른 색상 혹은 다른 종류의 필라멘트를 교차 사용하면서 노즐관리핀을 사용하여 노즐을 청소할 때 토출된 필라멘트사진입니다. 사진에서 보는 것처럼 이전 필라멘트 찌꺼기 혹은 탄화된 오염물이 심함을 볼 수 있고 이런 상태로 지속 사용하게 되면 노즐막힘이 발생하게 됩니다. 노즐 청소 등의 관리는 반드시 필요합니다.

- 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.

- 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 스펙을 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.



- * 노즐관리핀 사용시에는 Extruder 내부의 부품이 손상되지 않도록 부드럽고 적절한 힘을 서서히 가하면서 사용하시기 바랍니다.
- * 악세사리에 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.

3.3. 필라멘트 문제

필라멘트는 FFF방식의 프린터에서 프린터 못지 않게 중요합니다. 또한 다양한 회사, 다양한 모델마다 동일한 방식의 구동이라고 하여도 사용부품 및 기능 등의 차이로 인해 필라멘트의 적합성이 다를 수 있습니다. 이런 부분을 고려하지 않으면 출력 품질뿐 아니라 토출불량이 쉽게 발생하고 장비고장으로 까지 확대될 수 있습니다. 각 프린터의 특성을 충분히 이해하고 적합한 필라멘트 적용이 필수적입니다.

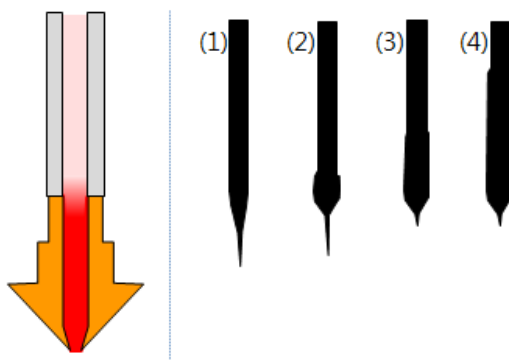
3.3.1. 비정상 필라멘트 사용

- 필라멘트 상태가 요철이 심하거나 오염된 경우 필라멘트 이동에 문제가 발생하거나 노즐속에 오염물이 쌓여 토출에 문제가 됩니다. 필라멘트 보관에 주의하시고 (밀봉보관 권장) 개봉된 필라멘트는 빨리 사용하십시오.
- 재생 필라멘트나 스펀에 다시 감은 필라멘트는 필라멘트 공급문제를 유발시키기 쉬우므로 사용하지 마십시오.
- 당사의 프린터는 1.75mm 직경의 필라멘트를 사용하도록 설계되었습니다. 만일 너무 굵거나 얇은 필라멘트를 사용하게 되면 토출 불량은 발생할 수 있고 심하면 프린터가 고장 날 수도 있습니다. 1.75mm(ABS/PLA의 경우 1.6~1.9mm 범위) 직경의 필라멘트만을 사용하십시오.

3.3.2. 변형이 심한 필라멘트 사용

필라멘트는 열을 가하면 변형이 시작됩니다. 필라멘트가 녹기전에 이런 변형은 발생하는데 특히 연성이 증가(말랑 말랑해짐)하고 부풀어 오름이 발생되게 됩니다.

- 연성이 증가하게 되면 드라이브기어와 아이들러 사이에서 쉽게 눌리게 되어 기어에서 물려서 이동하기 힘들게 됩니다.
- 부풀어 오름이 발생하게 되면 필라멘트 직경이 두꺼워 지게 되어 Extruder내부에서 이동 시 부하가 증가하게 되어 토출에 영향을 주게 됩니다.



위의 그림은 노즐/노즐봉 내부에서 필라멘트의 변형을 보여주는 모양입니다.

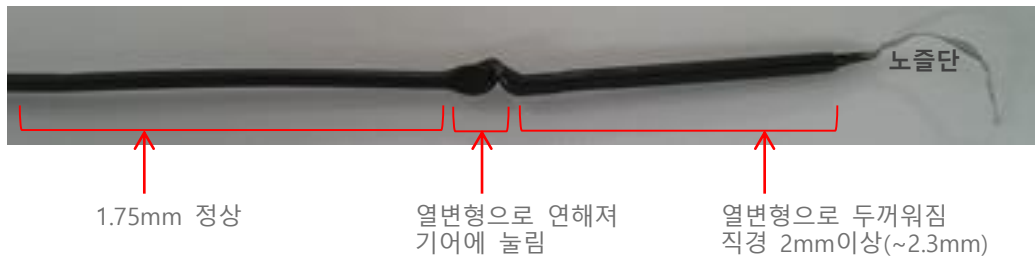
(이런 모양은 필라멘트를 Unloading 했을 때 관찰 할 수 있고, 필라멘트의 종류, Extruder 토출 조건 및 프린터 내/외부의 대기 온도에 따라 달라질 수 있습니다.)

필라멘트가 노즐/노즐봉속에 있는 상태에서 가열이 지속될 경우 필라멘트에 영향을 주게 되어 필

라멘트에 열변형이 일어납니다.

그림의 (4) > (3) > (2) > (1) 순으로 열변형(부풀어 오름)이 심하게 발생한 필라멘트의 모습입니다. 열변형이 많이 발생할수록 필라멘트가 두꺼워지고 두꺼워진 부분이 길어지게 되어 이 두꺼워진 필라멘트에 의해 필라멘트 이동 시 부하가 증가되게 됩니다.

통상적인 경우 출력이 진행되면서 필라멘트는 하단으로 이동하게 되어 열변형이 심해지기 전에 토출이 되나, **시판중인 일부 필라멘트는 심하게 열변형이 발생하여 사용하기에 적합하지 않습니다.**



심하게 변형된 필라멘트

위의 사진은 열변형이 심한 필라멘트에서 토출불량이 발생시 Extruder에서 제거한 사진입니다. 노즐에서 기어단까지의 필라멘트가 열변형으로 2mm이상으로 두꺼워졌고 연성이 증가해 기어에 심하게 눌러 이동에 문제가 발생하였습니다.

이런 변형 현상은

- 1) Extruder의 노즐온도조건이 낮은 PLA등에서 ABS 필라멘트 보다 심하게 나타날 수 있고
- 2) 프린터도어를 개방하여 프린터 내부온도를 낮추면 개선될 수 있습니다만,
- 3) **이런 현상이 쉽게 발생하지 않는 필라멘트를 선택하여 사용하여야 합니다.**

필라멘트 열변형에 의해 필라멘트가 Extruder 내부에 끼인 경우는 노즐의 온도를 올린상태에서 뽑아내어 변형된 부분을 제거하고 사용하십시오. Extruder 내부에 끼인 필라멘트를 뽑아내기 어려운 경우는 노즐의 온도를 올린 상태에서 노즐관리핀등을 사용하여 노즐쪽으로 밀어 제거하시기 바랍니다.



필라멘트의 열변형은 아래와 같은 경우도 심하게 발생할 수 있습니다.

- 1) 필라멘트를 이동하고 있지 않은 상태로 노즐속에 넣어두고 Extruder 노즐을 지속 가열 (기어가 회전하여도 필라멘트가 이동하지 않는 경우 포함)
- 2) 녹는점이 낮은 PLA소재 등의 출력속도가 너무 느린 경우 (모델에 따라 다름)
- 3) 프린터 내부의 온도가 높아 내부 대기의 온도로 필라멘트의 열변형이 가속되는 경우

**이 경우 열변형이 발생하여 부풀어 오른 필라멘트는 뽑아내기 어렵습니다.
노즐의 온도를 올린상태에서 노즐관리핀등을 사용하여 노즐쪽으로 밀어내어 제거하시기 바랍니다.**

3.4. 필라멘트 출력 옵션 설정

- 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.

특히 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 높이거나 낮추면 표면품질이 개선될 수 있습니다. 이는 필라멘트의 흐름성이 설정한 온도에서 적절하지 않기 때문에 발생하는 현상입니다.

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