

절삭가공작업의 안전

1. 서론

절삭가공작업이란 가공하고자 하는 공작물보다 경도가 높은 공구를 사용하여 공작물의 표면을 긁거나 깎아내는 방법으로 선삭, 평삭, 형삭 등의 작업을 실시하며, 가공시 칩을 발생하는 것이 특징이다.

2. 절삭가공의 종류

절삭가공은 공구의 모양, 공구와 공작물의 상대적인 운동에 따라 여러 가지로 분류되며 그 대표적인 것은 선삭, 드릴링, 보오링, 태핑, 밀링, 기어호빙, 브로우칭, 연삭 등이 있다. 이 외에도 줄(File)이나 스크레이퍼(Scraper) 등 수공구를 사용하여 사람이 직접 평면이나 곡면을 다듬는 방법도 있다.

3. 절삭가공기계의 작업 환경

선반, 밀링머신, 드릴링머신 및 연삭기 등 주된 절삭가공기계의 조작이 다른 기계나 설비에 비해 다소 쉬운 관계로 별다른 교육이나 주의없이 사용하기 때문에 그에 따른 사고가 끊이지 않는 것으로 여겨지며, 또한 정해진 작업자 없이 필요에 따라 아무나 사용하다 보니 기계에 대한 점검, 정비가 자연스럽게 소홀해져 기계 자체 결함에 의한 재해도 적지 않다.

4. 재해사례

가. 선반작업시 재해사례

피재자가 선반의 소음, 진동 및 툴의 에러에 대하여 수리작업을 하고 있던 중 선반의 램이 선행작동하여 매겨진(툴박스)을 향해서 있던 피재자의 머리가 램과 매겨진 도어 사이에 협착되어 사망함.

나. 연삭작업시 재해사례

피재자가 소목잠금장치를 보안하기 위하여 작업공구로 사용중인 디스크 그라인더의 연삭을 7인치에서 14인치로 교체한 후 소목잠금장치인 파이프 절단작업을 하다가 디스크 그라인더 연삭이 튕겨져 나가면서 파손된 연삭 파편이 피재자의 가슴 명치부분에 충격을 가하여 사망한 재해임.

다. 드릴머신작업시 재해사례

작업자가 장갑을 착용하고 목재 가공 사업장에서 목재에 구멍을 뚫기 위해 드릴날이 목재에 닿는 순간, 가공 목재가 드릴 날과 회전하면서 목재를 잡고 있던 손이 골절상을 당한 재해임.

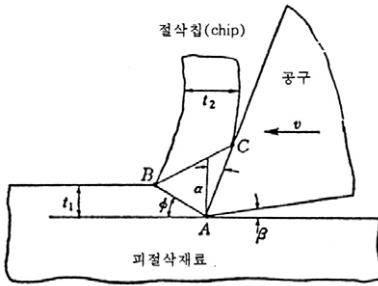
5. 일반적인 위험과 대책

가. 칩에 의한 위험

절삭가공의 가장 두드러지는 특징은 칩이 발생한다는 것이다. 이 칩의 위험성은 유동형 칩에 접촉, 균열형 칩의 비래, 고온 칩에 접촉으로 크게 구분한다.

(1) 칩의 생성

바이트로 절삭을 하게 되면 바이트의 앞끝부분 A에서 가공물의 표면 B를 향하여 전단이 일어나 t 두께의 칩이 발생하여 바이트의 A에서 C까지 흘러나오고 C 앞에서는 바이트의 경사각에 이탈하여 밖으로 배출된다.



[그림 1] 칩의 생성

② 칩의 형태

절삭가공시 발생하는 칩은 공작물의 재질, 절삭공구의 형상, 절삭조건, 절삭유의 유무 등에 따라 다양한 형태로 나타난다. 이것을 분류하면 다음과 같다.

① 유동형 칩 (Flow Type)

공구(바이트)가 이동됨에 따라 공작물이 미세한 간격으로 계속적으로 미끄러짐변형을 하여 칩이 생기며, 이 칩이 연속되면 공구 윗면을 흘러가는 모양의 칩이 된다. 가공물의 재질이 유연하고 인성이 많을 때, 절삭깊이가 작고, 절삭속도가 클 때 발생하는 칩으로 가공면이 깨끗하므로 이러한 형태의 칩 발생이 바람직하지만 가공물이나 공구에 딸릴 수 있어 위험하므로 안전상의 문제가 발생한다.

② 전단형 칩 (Shear Type)

칩이 공구의 경사면 위에서 압축을 받아 어느 면에서 전단을 일으키므로 칩은 연속되어 나오기는 하나 슬라이딩 간격이 유동형 칩보다 다소 크다. 때문에 바이트면에 걸리는 힘이 변동되어 진동을 일으킨다. 연성재료를 저속절삭할 때, 바이트의 경사각이 작을 때, 절삭깊이가 클 때 생긴다.

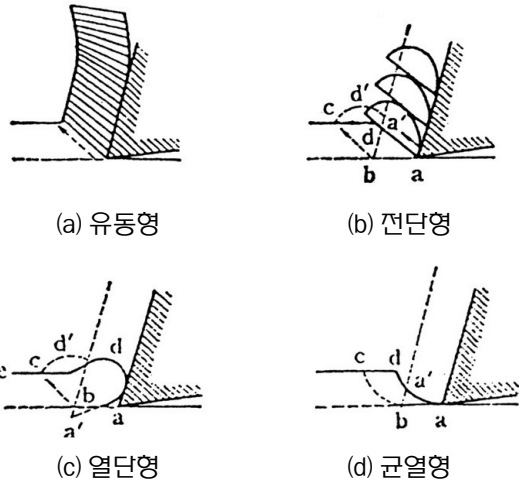
③ 열단형 칩 (Tear Type)

알루미늄과 같이 가공물이 공구에 붙기 쉬운 상태에서 윗면 경사각이 작은 공구로 절삭할 때 발생한다. 공구 경사면 위의 재료가 세계 압축되어 슬라이딩이 되지 않아 공구 날 끝 앞에서 균열이 나타나는 상태의

칩이다.

④ 균열형 칩 (Crack Type)

주철과 같은 취성재료를 절삭할 때 발생하는 것으로 순간적으로 날 끝에서부터 가공물 표면까지 균열이 발생하여 모체로부터 분리되는 칩을 말한다.



[그림 2] 칩의 발생형태 분류

③ 칩의 온도

절삭가공시 다음과 같은 원인으로 열이 발생하게 되는데 이를 절삭열이라고 한다.

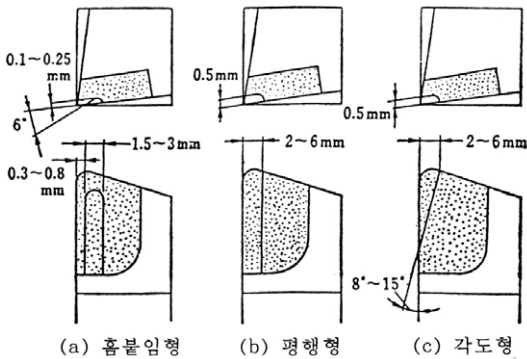
① 전단면에서 전단소성변형에 의한 열

② 칩과 공구 윗면과의 마찰열

③ 공구로 공작물에서 칩을 분리할 때 발생하는 열

이러한 열은 공기 중으로 방출되고 절삭유로 냉각되나 대부분은 공구의 공작물이나 칩에 축적된다. 공구에 축적되면 공구재료를 연화시키고 마멸을 촉진하여 공구 수명을 단축시키게 되고 칩에 축적된 열은 작업자의 안전에 문제를 일으킨다. 보통 칩의 온도는 300도 정도이다.

④ 칩에 대한 대책



[그림 3] 칩 브레이커(갈라붙임형)

강재를바이트로 고속절삭을 하면 절삭칩이 유동형으로 흘러 이른바 유동형칩이 생성되는데 이럴 경우 절삭면이 고르고 작업이 원활하지만 공구나 공작물에 말리거나 작업자 신체와의 접촉 위험이 있으므로 적당히 단절해야 한다. 이 칩을 끊어지기 쉽게 하려면 어떠한 절삭조건 변화보다는 칩브레이커를 부착하여 사용하는 것이 바람직하다. 칩브레이커는 칩브레이커 편을 죄어 붙이는 조름붙임형과 갈라붙임형이 있지만 일반적으로 갈라붙임형을 많이 사용하고 있으며 그 형상은 다음과 같다.

- ① 날면에 날과 평행으로 얇은 홈을 파놓는 것
- ② 날면에 단을 내어 평행되게 한 것
- ③ 8도 정도의 각도로 붙인 것

나. 회전하는 공구 또는 공작물의 접촉에 의한 위험

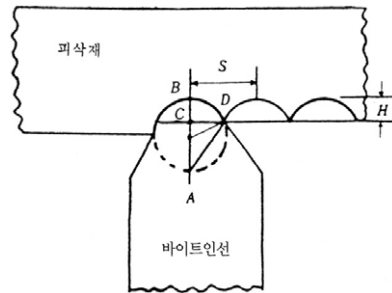
절삭 가공 기계의 특징은 대부분의 기계에서 공구나 공작물, 둘 중의 하나가 빠른 속도로 회전한다는 것이다. 이 속도는 회전력과 비례 관계에 있으며 쉽게 얘기해서 속도가 빠르면 회전력(힘)도 그만큼 크다는 것이다. 또한 절삭 공구로 가공한 면은 매끈하지 않고 요철이 있는 거친 면이다. 따라서 큰 힘으로 회전하는 공작물의 거친 표면에 작업자 장갑의 실밥이나 옷소매

가 닿으면 순간적으로 말리게 되는 것이다.

(1) 회전속도(절삭속도)

1,000rpm으로 회전하는 직경 100mm의 가공물의 속도를 시속으로 나타내면 18,840(m/hr)라는 엄청난 속도를 나타낸다. 그에 따라 많은 위험에 노출되어 있고, 절삭칩이 비산했을 때, 또는 접촉했을 때 그 반발력은 우리가 생각하는 그 이상이다.

(2) 가공면의 거칠기



[그림 4] 선삭할 때의 다듬질면

바이트와 같은 절삭공구로 공작물을 절삭할 때 가공면의 거칠기는 절삭속도, 절삭공구의 형상, 이송속도, 절삭깊이, 공작물의 재질 등과 같은 절삭조건에 따라 달라지며, 가공면은 바이트의 날끝부분과 공작물의 회전속도 및 바이트의 이송속도와 서로 밀접한 관계가 있으므로 실제 절삭된 면은 매끄러운 것이 아니라 [그림 4와 같이] 요철모양으로 형성된다.

또한 실제 절삭면의 거칠기는 보통의 경우보다 4배 정도 더 거친 것으로 실험결과 나타나고 있으며, 이외에도 절삭공구의 가공인선의 영향으로 가공면은 우리가 생각하는 것보다 훨씬 거칠다.

(3) 대책

이와 같이 가공면은 걸보기와는 달리 요철이 심한 거친 면이며, 금속을 가공하는 절삭가공기계에 의해 큰 힘으로 빠르게 회전하고 있다. 여기에 작업자가 장

갑을 착용한 채로 작업하다가 일순간의 부주의로 장갑의 흐트러진 실밥이나 단정치 못한 옷소매가 이에 접촉하여 순간적으로 말려들게 되는 것이다.

따라서 산업안전보건법상에서도 명시되어 있듯이 회전체 작업시에는 장갑 착용을 금지하여야 하며, 특히 샌드페이퍼 연마작업시에는 절대로 장갑을 착용해서는 안된다.

다. 공구가 가공물의 불안정한 장착의 위험

절삭작업은 단단한 공구로 공작물을 끊거나 뜯어내는 작업으로 이러한 작업이 수월하게 이루어지기 위해서는 공구 자체가 단단해야 하겠지만 그 외에도 공구나 공작물에는 기계 자체가 갖는 동력이 그대로 전달되고 있으므로 척이나 바이스로 견고히 장착되어야 한다. 장착이 불안정하면 가공의 정확도도 떨어질 뿐 아니라 안전상 중대한 문제를 야기시킬 수 있다. 그 예로 고속으로 회전하는 척에 공작물을 불안정하게 장착하게 되면 원심력에 의해서 튀어나가 큰 재해를 유발시킬 것은 뻔한 것이다. 그러므로 일반적인 안전 수칙을 준수하는 것이 무엇보다 중요하다.

그러기 위해서는 무엇보다도 공구나 공작물의 중심을 잘 맞추어 편심되어 진동이 발생하지 않도록 해야 한다. 공작물을 척이나 바이스에 고정시킬 때는 고유의 렌치로 확실하게 조여 주어야 한다. 또한 기계에 장착된 척이나 바이스의 상태를 정기적으로 점검하여 조오(Jaw)가 마모되어 조임이 불안정할 때에는 즉시 교체해 주어야 한다.

라. 무리한 작업 진행에 의한 위험

절삭가공작업에 작업자가 흔히 행하는 불안정한 행동은 기계나 공작물의 특성에 유의하지 않고, 시간단축을 위해 무리하게 절삭을 한다는 것이다. 즉, 기계나 공구의 능력을 넘어서 절삭깊이, 이송속도를 주어 급속히 절삭을 끝내려 하는 경향이 있다.

이러한 경우 공구의 파손과 같은 안전상의 중대한

문제점이 발생할 수 있다. 따라서 절삭하고자 하는 공작물의 특성과 기계 및 공구의 절삭 능력에 맞게 절삭 조건을 맞추어 작업을 진행하도록 해야 한다. 이로 인한 공구나 기계의 수명연장, 가공면의 조도 향상은 물론, 작업의 안전도 이룰 수 있다.

6. 절삭가공작업시 일반적인 안전작업

- ① 가공중에 기계에 주유 및 점검을 하지 않으며, 시동전에 실시한다.
- ② 가공물이 흔들려 비산되지 않도록 바이트 등에 견고히 고정시킨다.
- ③ 가공중인 가공물에 손을 대지 않는다.
- ④ 반드시 재질에 따라 절삭속도를 정하도록 한다.
- ⑤ 절삭작업자는 반드시 보호안경을 착용하여야 한다.
- ⑥ 면장갑을 착용하고 가공작업하지 않는다.
- ⑦ 가공시 발생한 칩을 손으로 제거하지 말고 칩 브러시로 제거한다.
- ⑧ 가공물에서 칩이 비산될 수 있으므로 비산 방지 판 및 덮개를 설치한다. 