

방전 가공기의 화재 예방 대책

김 동 일
 <위험관리부 과장>

1. 방전 가공기(Electric-Discharge Machine)

가. 개 요

공작 기계는 그 가공 형태에 따라 절삭 가공기와 연마 가공기로 분류할 수 있다.

절삭 가공에 해당하는 대표적인 기계로는 선반, 밀링, 셰이퍼, 플래너 등이 있으며, 연마 가공기로는 그라인더와 랩핑 머신 등이 있다.

이러한 공작 기계들은 대부분 금속 재료의 가공에 범용으로 사용되지만, 경도(硬度)가 아주 높은 취성(脆性)재료의 가공이나 복잡한 형상의 가공 방법으로는 부적합한 경우가 많다.

다이아몬드, 루비, 수정 등 보석류와 실리콘, 게르마늄, 초경합금, 세라믹 등 고경도 취성 재료 및 주로 금형을 제작하는데 담금질한 강재 등의 가공에는 새로운 가공법 즉, 초음파 가공, 전해 가



공, 레이저 가공, 방전 가공법 등이 이용된다. 방전 가공기는 이들 가공법 중 방전 현상을 응용한 공작 기계로서 절삭 가공 기계나 연마 가공 기계와 비교하여 열가공 공작 기계(熱加工 工作機械)로 분류한다.

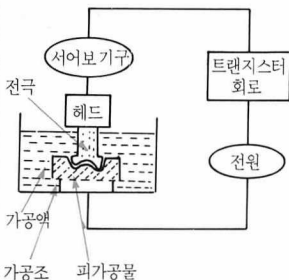
방전 가공기는 가공 특성상 가공

액을 사용하여야 한다. 가공액은 점도가 낮고 절연성이 좋아야 하므로, 주로 등유를 주제(主劑)로 한 가연성 액체가 이용되고 있다.

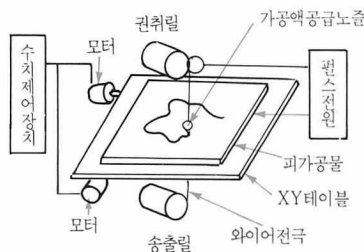
방전 가공기에서는 이와 같은 방전 불꽃과 인화성 액체에 의하여 화재 사고가 빈번히 발생하고 있으며, 또한 생산 시스템의 자동화에 따른 무인 운전이 많기 때문에 화재의 위험이 더욱 큰 실정이다.

나 방전 가공기의 종류

(1) 형조(型彫) 방전 가공기
 형조 방전 가공기는 총형 전극을 이용한 가공법으로서 주로 금형의 제작에 이용된다. 형조 방전 가공기는 기계 본체와 전원 장치 및 가공액 공급 장치로 구성되고,



<그림 1> 형조 방전 가공



<그림 2> 와이어 방전 가공

기계 본체는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 서어보 기구 및 가공조(加工槽)로 구성되어 있다.

NC 형조 방전 가공기는 자동 제측 기능, 자동 위치 결정 기능, 가공 조건 내장 기능, 가공 조건 자동 교환 기능, 요동 가공 기능 그리고 전극 자동 교환 기능이 부가되어 있어 생산 자동화에 직접 이용된다.

(2) 와이어 방전 가공기

와이어 방전 가공기는 구리(Cu) 전극을 0.02~0.35mm의 와이어 상(狀)으로하여 실타포와 같이 피가공물을 절단하는 형태로서 불연성 가공액 즉, 순도 높은 물을 주로 사용하는 점이 형조 방전 가공기와 크게 다른 점이다. (<그림 2>참조)

가공액은 가공칩 등의 혼입에 의한 절연도의 저하로 가공 정밀도가 떨어지므로 기름 가공액을 이용한 최종 다듬질이 필요한 경우가 많다.

2. 방전 가공

가. 방전 가공의 원리

공작물을 양극으로 하고 가공 전극을 음극으로 하여 가공액 중에서 0.04~0.05mm의 간격을 두고 100V 내외의 전압을 걸어주면 표면의 소돌기부(小突起部)에서 방전이 일어난다(1초당 10³~10⁶회). 이 방전 현상에 따른 열작용으로 가공 재료가 용융하고, 가공액의 증발 작용으로 재료의 용융 부분이 비산, 제거된다. 이와같이 용융, 제거된 부분 즉, 증발역(蒸發域)과 용융후 아직 비산되지 않은 부분 즉, 용융역(熔融域)을 크

<가공액의 특성 비교>

구 분	탄화수소계	수 계	비 고			
냉각 성능	×	○	* 탄화 수소계 가공액의 화재 위험 비교			
절연성	○	×				
가공속도	거친 가공	×	○	구 분	백등유	방전 가공 전용유
	다듬질 가공	○	×	인화점	48℃	100℃
전극 소모	○	×	증류 시작점	160℃	235℃	
방정·방식	○	×	증류 끝점	266℃	268℃	
화재 위험	×	○				

레이터(Crater)라 하며, 이 현상을 반복하는 것이 방전 가공이다.

나. 방전 방법

양호한 방전 가공을 위하여서는 방전 발생, 가열, 용융, 증발, 충격력의 발생, 용융부의 비산 제거, 극간예의 가공액 복귀, 그리고 가열부의 냉각 등을 원활하게 반복 실시하는 것이 필요하다. 그래서 규칙적인 단속(斷續) 방전 제거 현상을 일으키는데 필요한 방전 에너지의 공급이 중요하다.

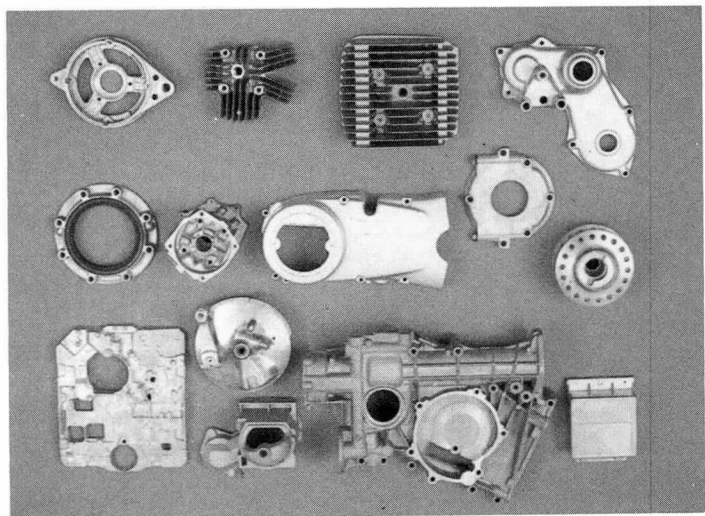
가공 에너지의 공급 방식은 당초 콘덴서의 충·방전 회로에서 출발하였는데 최근에는 가공 에너지의 공급 조절이 용이한 트랜지스터 회로가 많이 이용되고 있다.

(註) 가공액의 기능

- 절연성 : 전극과 공작물 사이의 대향 거리를 작게하여 가공 에너지의 손실을 최소화한다.
- 유동성 : 용융 부분을 비산 제거하기 위한 충격력을 발생하고 이를 배출한다. 가공칩의 부착을 방지하여 절연 회복을 촉진한다.
- 냉각성 : 전극과 공작물을 냉각시켜 과열을 방지하고, 방전 점의 전류 밀도를 증대시켜 가공 효율을 높인다.

다. 가공액

방전 현상을 이용하는 방전 가공에서는 일시적 절연 파괴 현상과 용융 부분의 비산 제거를 위한



충격력을 필요로 하기 때문에 절연성의 액체가 극사이에 존재하여야 한다. 방전 가공에서 가공액의 선정은 가공 특성 향상이라는 점에서 중요한 요건이 된다.(註)

형조 방전 가공기에서는 탄화수소계의 용제가 주로 이용되며 와이어 방전 가공기에서는 수계 가공액이 많이 쓰이고 있다.

3. 방전 가공기의 화재 예방 대책

가. 위험 개요

가연성 가공액을 다량으로 사용하는 형조 방전 가공기에서의 화재 예방에 대한 기술은 거의 필수적인 것으로 되어 있다.

최근 가공 기술의 고속화 개발에 따라 전원의 용량이 커지고 사용하는 가공액의 양도 늘어나게 되어 화재의 위험성도 더욱 증대하였다. 방전 가공기의 화재는 가연성 가공액이 이상 방전 불꽃이나 무인 운전 중의 기계 장치 고장에 의한 발화원에 의하여 착화한 경우가 대부분이다.

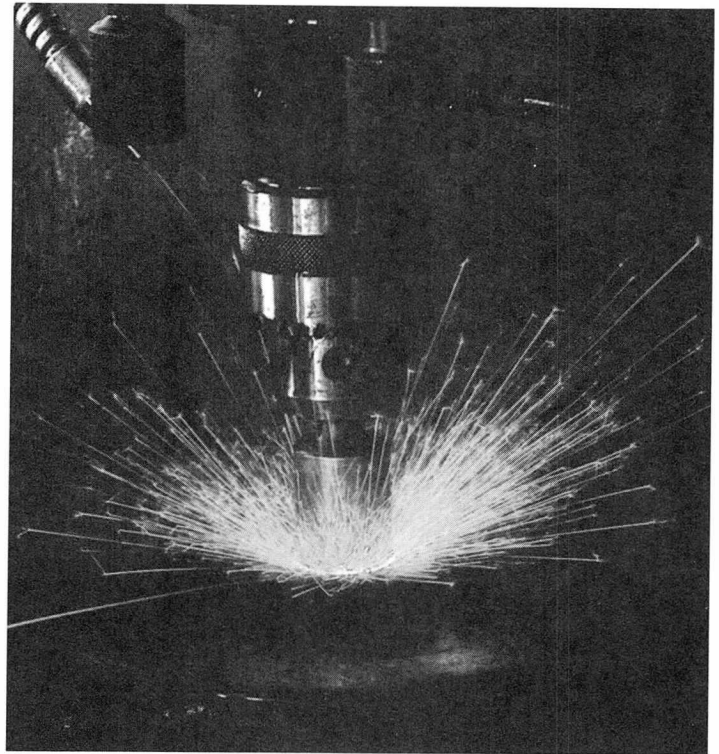
나 화재 및 폭발 위험

(1) 액면이 저하된 경우

가공액면이 낮아지면 방전 부분이 액면 위에 나타나게 되고 이때 화기, 공기, 등유 증기의 3가지 인자가 동시에 같은 장소에 존재하게 되어 발화한다.

가공면이 잠겨 있어도 방전 부분이 노출되면 연소의 위험이 있다. 왜냐하면 액면이 물결치게 될 때 방전 부분이 노출될 가능성이 있고, 또한 적열된 가공칩이 충분히 냉각되기 전에 액면위로 튀어나올 가능성이 있기 때문이다.

(2) 가공 슬러지가 성장한 경우



가공 중에 발생한 슬러지가 성장하여 유면 가까이 가면 전극이 유면 위로 상승하고, 이때 전극과 슬러지가 방전하여 등유 증기에 인화한다. 또한, 성장한 슬러지가 과열되어 발화하는 경우도 있다. 전극이 슬러지와 이상 방전을 하는 경우 화재 발생의 원인이 되기도 하지만, 피가공물에 아크 흔적을 남기는 원인이 되기도 한다.

(3) 기타의 경우

- 유면의 높이가 충분히 확보되어 있어도 적절한 가공유를 쓰지 않고 등유와 같은 저인화점 가공액을 사용하면 쉽게 인화한다.
- 작업 중 발생하는 가연성의 증기가 실내에 체류하면 다른 발화원에 의하여 화재, 폭발을 일으킬 수 있다.
- 무인 운전인 경우 위 원인들이

복합되어 화재 발생 위험이 높아진다.

다. 안전 대책

방전 가공기 화재의 주원인이 되는 가연성의 가공액을 사용하고 있는 이상, 화재의 위험성은 상존한다고 할 수 있다. 그러나 화재의 원인을 분석하여 이에 대응하면 화재의 발생을 상당히 감소시킬 수 있을 것이다.

일본에서는 방전 가공기의 화재 사례를 근거로 하여 1983년 동경 소방청 지도하에 일본 공작기계공업협회가 “방전 가공기 안전 기준”을 작성하였으며, 국내에서는 1992년 내무부 “화재 예방 조례 준칙”에 “화재 발생 우려가 있는 설비 및 기구의 안전 관리 기준”을 정하여 방전 가공기의 안전 관리에 관한 사항을 규정하였다.

1. 구조 및 사용 기준

가. 가공액

방전 가공기에 사용하는 가공액은 인화점이 70℃ 이상의 것을 사용하여야 한다.

나. 안전 장치

(1) 액온 검출 장치

가공액의 온도가 60℃를 넘으면 가공을 정지하는 기능을 갖도록 하여야 한다.

(2) 액면 검출 장치

공작물에 따라서 최적의 액면 높이를 설정할 수 있어야 하고, 설정 높이보다 액면이 저하하면 즉시 가공을 정지함과 동시에 가공액 공급 펌프를 가동하는 기능을 갖추어야 한다. 액면의 높이는 공작물 상부로부터 최소한 50mm 이상이어야 한다.

(3) 이상 가공 검출 장치

극간에 탄화물(슬러지)이 발생, 성장한 경우 가공을 정지하는 기능이 있어야 한다.

(4) 자동 소화 장치

가공액에 인화한 경우 온도, 불꽃 등을 감지하여 자동으로 소화약제를 가공조에 방사할 수 있는 장치를 갖추는 것. 이 때 방사 노즐의 위치, 방향 등을 바꾸어서는 안된다. 감지 방식은 온도 또는 불꽃 감지 방식으로 하며, 온도 감지인 경우 작동 온도는 75℃ 이하이어야 한다.

(5) 표지

안전에 필요한 주의 표지를 보기 쉬운 곳에 부착하여야 한다.

2. 가공상 유의할 사항

가. 가공액 분사 가공의 금지

기계적 방전 방식을 이용한 방전 가공인 경우 가공액을 피가공물에 분사하게 되므로, 이때 가연성 가공액을 사용하여서는 안된다.

나. 액면 근처에서의 가공 금지

액면 근처에서 방전하지 않도록 피가공물, 공구전극의 설치 방법과 설치 위치에 유의하여, 액면이 공작물 상부로부터 항상 50mm 이상의 높이가 되도록 하여야 한다.

다. 자동 운전의 감시

안전 장치가 설치되어 있는 경우라 할지라도 화재가 발생하면 적절한 조치를 취할 수 있는 인원을 배치하여야 한다.

제 2 절 화재 발생 우려가 있는 설비 및 기구의 안전 관리 기준

제 15 조(방전가공기)

① 방전 가공기(가공액으로 법 제2조 제4호에 규정하는 위험물을 사용하는 것에 한한다. 이하 같다)의 구조는 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.

1. 가공 탱크내의 방전 가공 부분 이외의 가공액 온도가 설정된 온도를 초과하는 경우에 있어서는 자동적으로 가공을 정지할 수 있는 장치를 설치할 것.

2. 가공액의 액면 높이가 방전 가공 부분으로부터 액면까지 사이에 필요한 최소한의 간격보다 낮은 경우에는 자동적으로 가공을 정지할 수 있는 장치를 설치할 것.

3. 공구 전극과 가공 대상물과의 사이에 탄화 생성물의 발생 성장 등에 의한 이상을 검출한 경우에 있어서는 자동적으로 가공을 정지할 수 있는 장치를 설치할 것.

② 방전 가공기의 관리는 다음 각호의 기준에 의하여야 한다.

1. 인화점 70℃ 미만의 가공액을 사용하지 말 것.

2. 가공액을 피가공물에 분사하는 등 화재 발생 위험이 있는 방법에 의한 가공을 행하지 말 것.

3. 공구 전극을 확실하게 설치하여 이상 방전을 방지할 것.

4. 필요한 점검, 정비를 실시하여 화재 예방상 유효하게 유지할 것.

* 기타

(1) 가공액은 반드시 방전 가공 전용유를 사용한다.

• 화재 사례의 대부분이 전용유가 아닌 백등유를 사용한 경우이다.

• 가공액의 구매, 검수 과정에서 필히 전용유임을 확인한다.(인화점 시험 등)

(2) 작업상의 환기를 충분히 한다.

(3) 방전 가공실은 기타의 장소와 방화구획 한다.

(4) 정기 또는 수시로 기계 장치와 안전설비의 정비를 실시하고 그 기록을 유지한다.