

# 정밀 부품의 구멍가공 시 발생하는 미소버 제거를 위한 디버링 방법

이 글에서는 버란 가공 후 모서리 부분에 남아있는 의도하지 않은 돌출된 부위에 대한 가공, 즉 디버링에 관한 것으로서 자기 연마, 초음파, 디버링 툴을 이용한 디버링 방법에 대해 다루고자 한다. 현재, 일반적인 버 제거 방법은 연마제(abrasive), 바렐(barrelling)이나 브러시(brushing) 등을 이용하는 기계적인 버 제거 방법과 에칭 등 화학적인 반응을 이용하는 버 제거 방법 등이 있다.

고성림 건국대학교 기계공학부, 교수  
안동현 건국대학교 기계공학부, 대학원생

e-mail : slko@konkuk.ac.kr

기계 산업이 발달함에 따라 부품 정밀도가 높아지고 있다. 그에 따라서 부품의 청정도가 중요한 문제로 대두되고 있다. 특히 절삭가공에서의 청정도라 함은 버와 칩의 처리 및 제거를 말하며, 여기서 버란 가공 후 모서리 부분에 남아있는 의도하지 않은 돌출된 부위를 말한다.

만약 기계 부품 안에 발생한 버를 제거하지 않는다면, 버가 탈락되어 부품 사이를 유동하게 되고 부품내부의 손상을 가져와 부품 수명을 단축시키고, 기계의 정상 작동을 할 수 없게 만들 것이다. 예를 들면 유압 회로 내에 버가 잔존할 경우 유압 흐름을 따라 부품 사이를 유동하게 되고, 밸브 사이에 낀 칩에 의해 오작

동과 같은 심각한 문제를 초래하게 된다.

또한, 조립공정 시 허용공차를 벗어날 경우에는 조립이 불가능하며 공차 내에 있다 하더라도 접촉면의 손상을 가져와서 문제를 일으킬 여지를 남게 한다. 그 밖에도 작업자에게 상해를 입힐 수 있으며 추가적인 디버링 공정과 모서리의 마무리는 제품의 원가에도 많은 영향을 미친다. 그러므로 일단 발생한 버는 반드시 제거되어야 하며 가능하면 버의 발생이 방지되거나 허용 가능한 최소한의 크기로 생성되도록 유도하는 것이 바람직하다. 그러나 자동차에 흔히 쓰이는 유압 부품이나 엔진 블록과 같은 부품을 제작할 때 빈번히 발생하는 교차구멍 내부의 버는 접근하기 힘들고 형태도 일정치

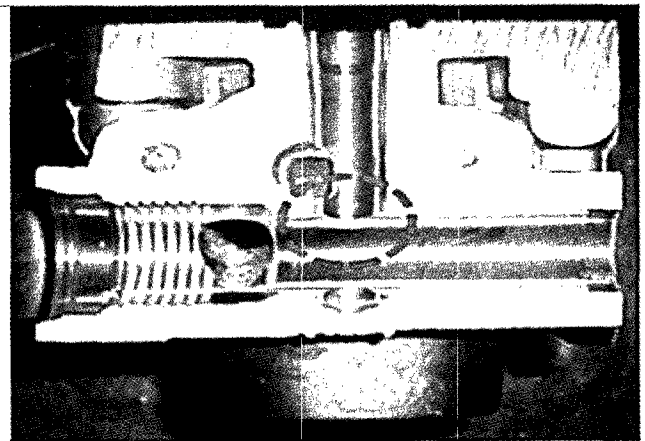
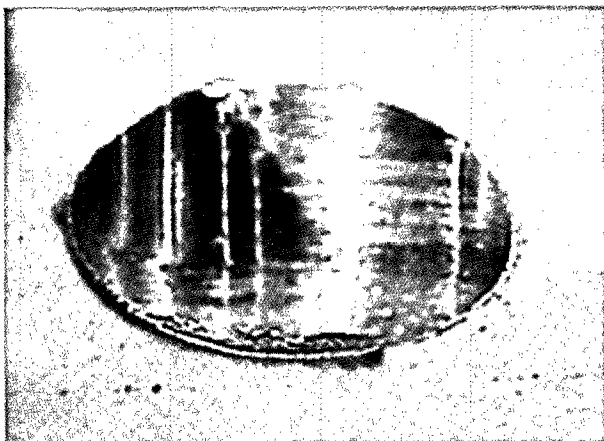


그림 1 가공 후 발생한 버 형상과 부품 내부의 교차구멍

않기 때문에 그것의 디버링이 어렵다는 특징이 있다. 디버링 공정을 수행하는 데 소요되는 시간과 비용은 버의 높이과 두께에 비례하기 때문에 이것의 크기를 작게 한다면 원가를 절감할 수 있다. 하지만 버의 크기를 아무리 작게 하더라도 버의 생성을 막을 수는 없기 때문에 디버링 작업이 반드시 필요하다.

현재, 일반적인 버 제거 방법은 연마제(abrasive), 바렐(barrelling)이나 브리시(brushing) 등을 이용하는 기계적인 버 제거 방법과 에칭 등 화학적인 반응을 이용하는 버 제거 방법 등이 있다.

이 글에서는 자기 연마, 초음파, 디버링 툴을 이용한 디버링 방법에 대해 다루고자 한다.

### 자기연마를 이용한 디버링 기술

자기연마법은 자기장 내의 자기력선의 응집현상을 통해 버를 제거하는 방법이다. 자기력선을 따라 정렬된 지립이 브리시 역할을 하여 버를 제거하게 된다.

자기 연마법을 이용한 버의 제거를 위하여 주로 전자석 인덕터를 개발하여 사용하여 왔다. 전자석 인덕터는 자력을 조절할 수 있고 강한 자력(5000G)을 이용하여 효율적으로 디버링을 할 수 있다. 그림 2에서 보이는 인덕터는 기존의 전자석 인덕터의 단점을 보완하기 위하여 영구자석을 이용한 자기 유도자를 설계, 적용한 인덕터다. 영구자석 인덕터는 전자석 인덕터에 필요한 전력공급장치 등이 필요하지 않기 때문에 장비를 간소화시킬 수 있으며 초기에 결정된 자력을 지속적으로 유지할 수 있으며, 전자석 자기 유도자에 비해 외경의 크기를 작게 제작할 수 있다. 외경의 치수가 작아지면 극소 부분의 가공을 할 경우 매우 요긴하게 적용될 수 있다.

영구자석 인덕터는 구조가 간편하고 형상이 단순하여 기존의 CNC 머신을 이용하여 손쉽게 디버링 작업을 수행할 수 있다(그림 3). 그림 4와 5에 보이는 그래프와 사진은 디버링 전후와 회전 방향에 따른 결과이다.

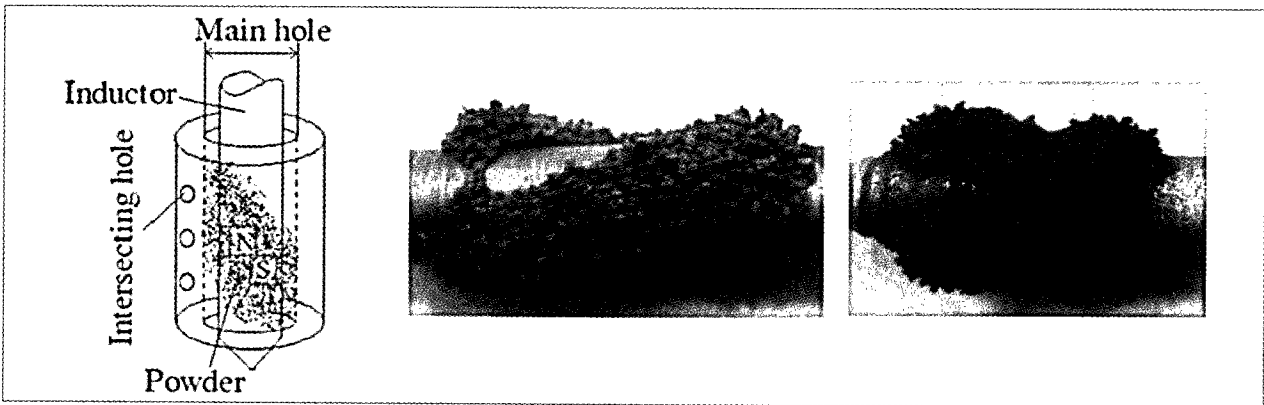


그림 2 자기연마 인덕터의 개략도 및 실제 모습

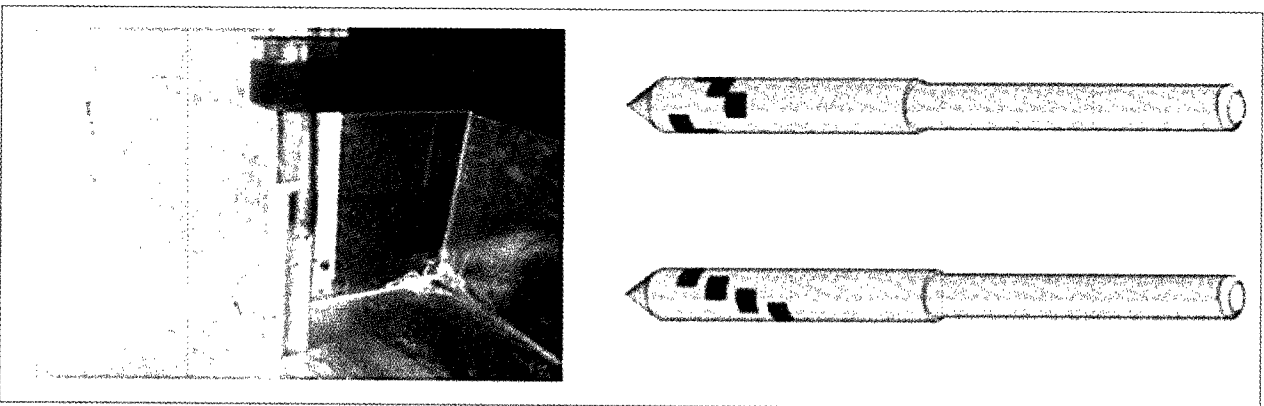


그림 3 영구자석 인덕터와 실제 적용 모습

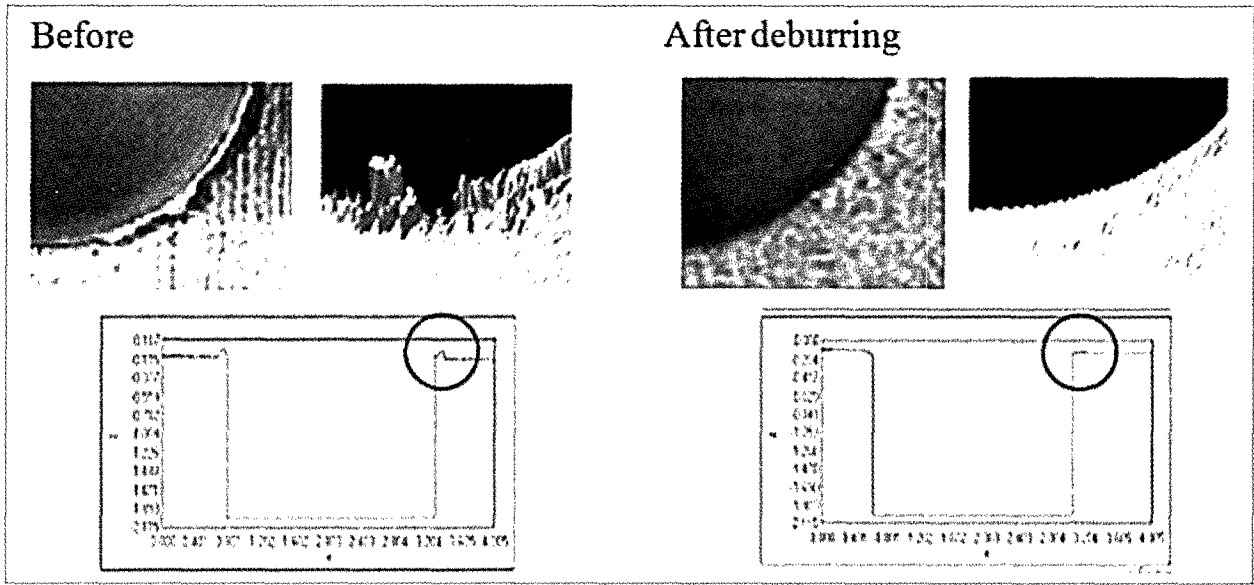


그림 4 영구자석 인덕터를 사용한 디버링 결과

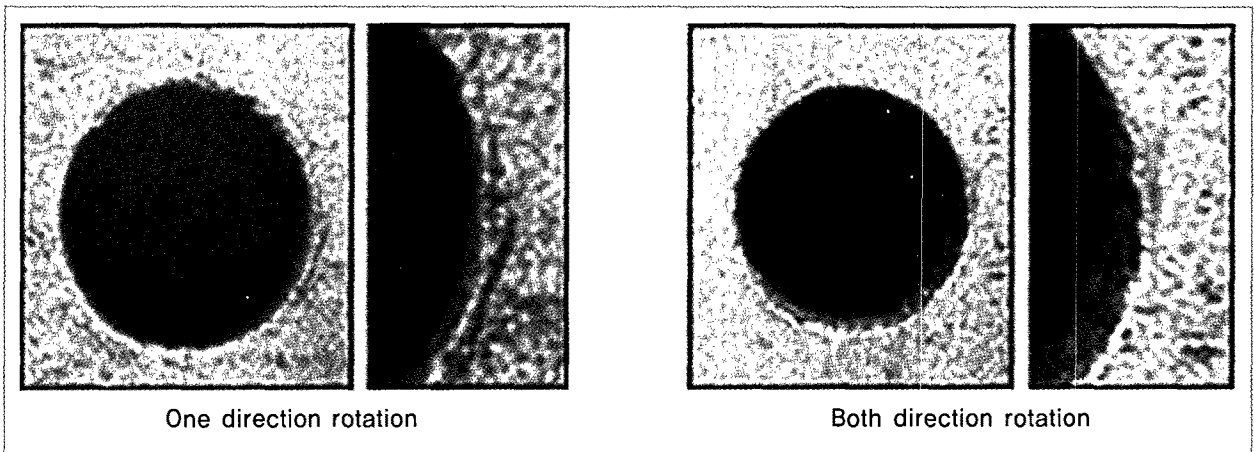


그림 5 한 방향 디버링과 양 방향 디버링 결과 비교

그림 4에서 보듯이 디버링 작업 후에 가공 구멍 근처에 존재해 있던 버가 제거되는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 5를 살펴보면, 양 방향 디버링에서 보다 좋은 디버링 효과가 나오는 것을 확인할 수 있다. 한 방향으로만 디버링 할 경우에는 잔존해 있는 버가 회전 방향을 따라 눕는 현상이 발생하여 버가 제거되지 않는

다. 인덕터를 이용한 디버링에서 중요하게 작용하는 요소 중 하나는 바로 파우더이다. 그림 6에서 나타나듯이 디버링이 진행되는 과정에서 파우더의 입자 형상이 변화하게 되고 일정 사용 이후에는 디버링 효율이 급격하게 떨어지게 된다. 따라서 파우더의 소재 및 사용 횟수에 대한 신중한 판단이 필요하다.

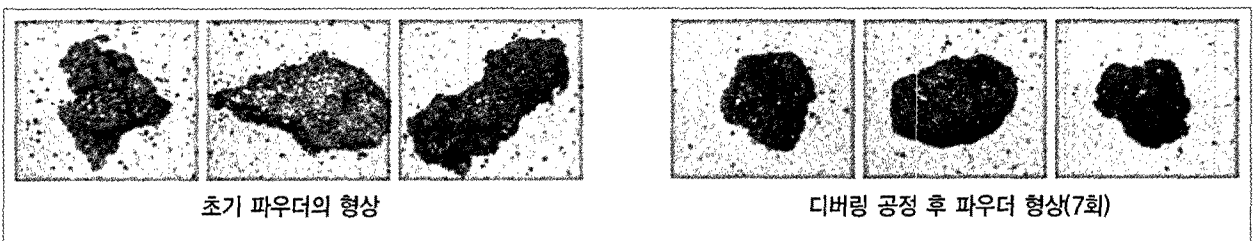


그림 6 디버링 공정에 따른 파우더 형상 변화

### 초음파를 이용한 디버링 기술

초음파의 진동 특성과 지립을 이용하여 버를 제거하는 방법을 뜻한다. 즉, 가공물을 물(또는 지립이 포함된 물)속에 설치하고 초음파 진동을 통하여 표면의 버

를 제거하는 방법이다.

이 방법은 초음파의 진동 특성 중 출력과 혼 끝단의 진폭에 많은 영향을 받게 된다. 또한 지립의 종류에 따라서는 디버링 효율이 많은 차이를 보이며 이 밖에도 혼과 버 사이의 간격, 디버링 시간 등의 영향을 받는다.

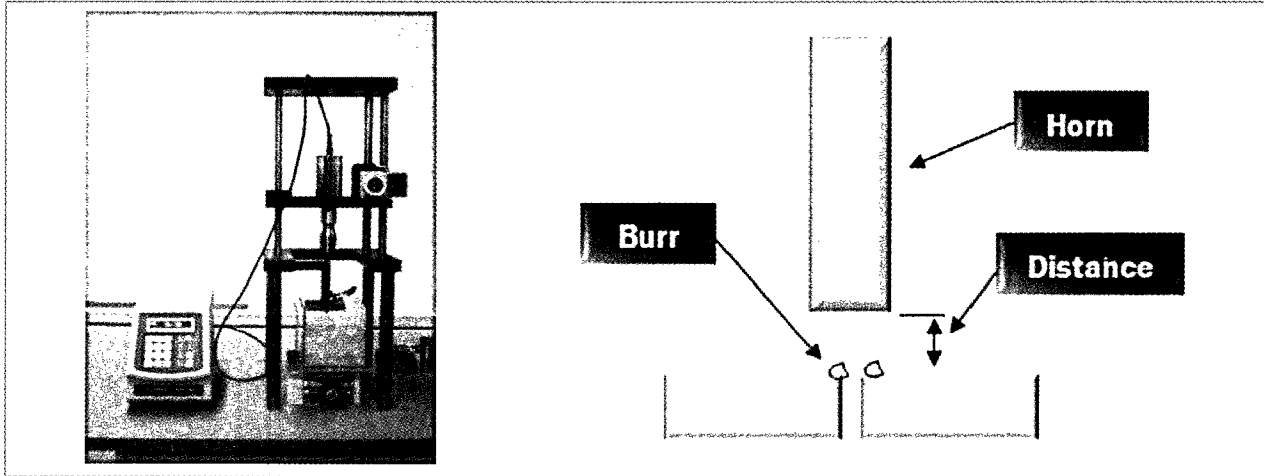


그림 7 초음파 디버링 장치 모습과 개략도

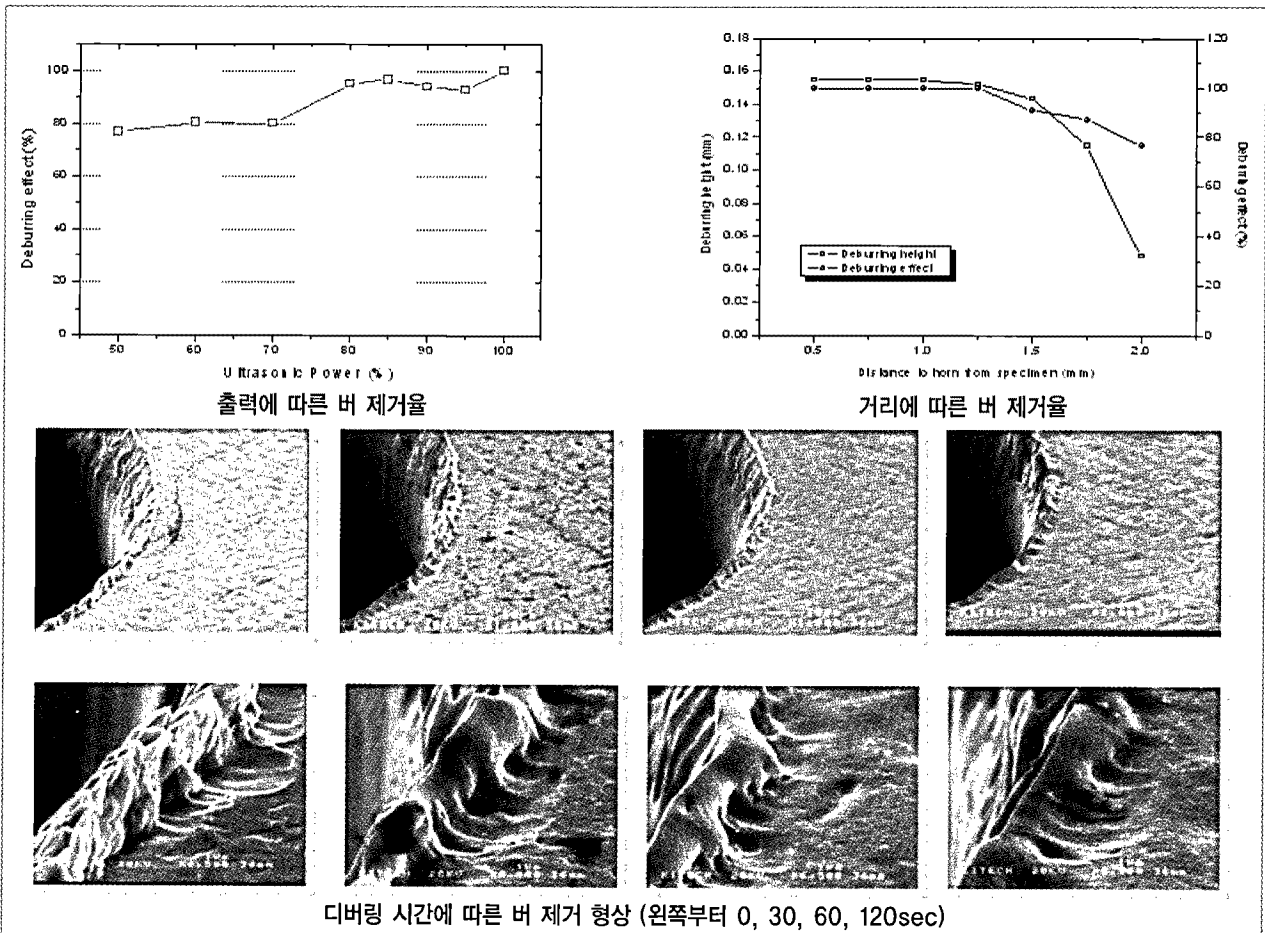


그림 8 출력, 거리 및 시간에 따른 디버링 효율

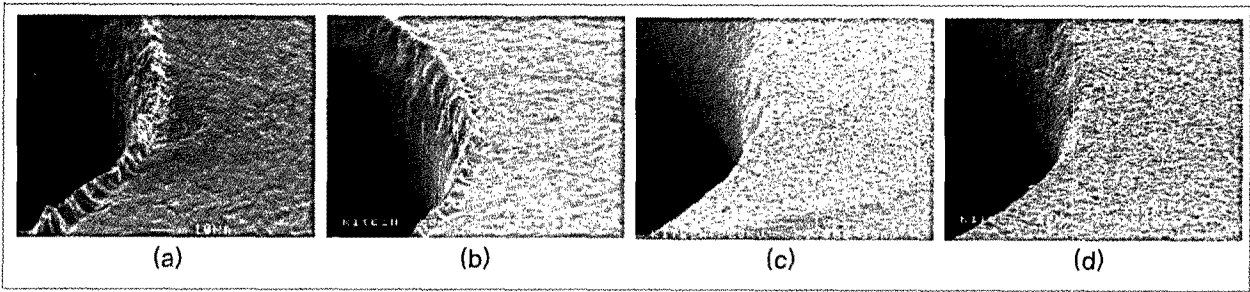


그림 9 지립의 크기에 따른 디버링 효과

그림 8에서 보면, 초음파의 출력이 높아질수록 버 제거율은 증가하며, 혼과 버 사이의 거리가 멀어질수록 버 제거율이 감소한다. 특히, 거리가 1.25mm를 넘어가면서 디버링 효율이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 디버링 시간이 길어짐으로써 디버링 효율이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 지립의 크기에 따른 디버링 효과를 나

타내고 있다. (a) 사진은 물만 사용하여 디버링을 실행하였고, (b)에서 (d)로 갈수록 사용된 지립의 크기가 증가한다. 사진에서 보여 지듯이 지립의 크기가 증가할수록 디버링 효율이 좋아지는 것을 확인할 수 있다.

지금까지의 결과들을 종합해 보면 초음파의 출력, 디버링 시간은 디버링 효율과 비례하고 혼과 버 사이의 거리는 1.25mm 이하에서 좋은 디버링 효율을 보

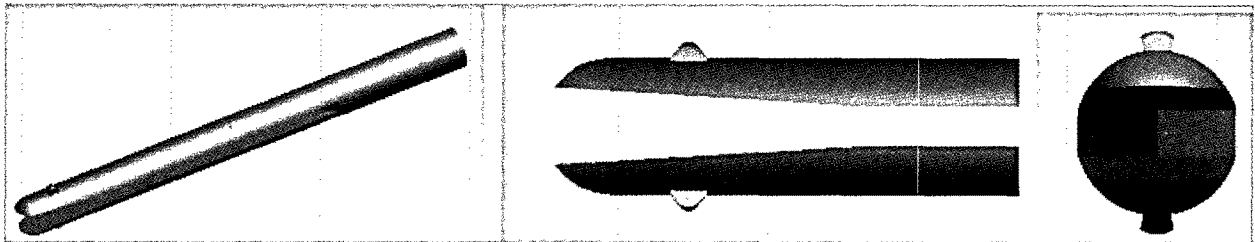


그림 10 디버링 공구의 모습

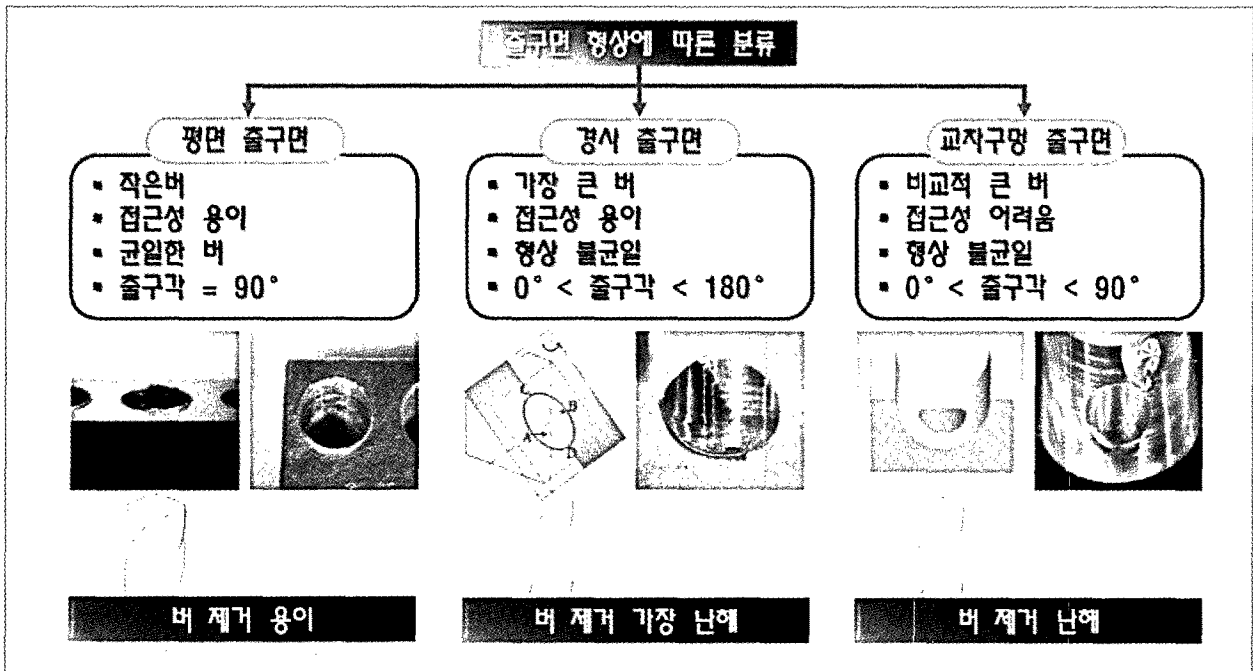


그림 11 출구면 형상에 따른 버 생성 모습 및 그 특징



그림 12 15° 경사면에서 디버링 공구의 회전 방향에 따른 디버링 결과

인다. 또한 물만 이용한 방법 보다는 지립을 함께 사용한 방법의 디버링 효율이 더욱 좋은 것을 알 수 있다.

### 디버링 공구를 이용한 디버링 기술

디버링의 가장 큰 어려움 중의 하나는 접근성이다. 디버링 공구는 교차홀 내에 직접 적용되어 버를 제거할 수 있는 가장 효과적이고 실용적인 방법이다. 또한 특별한 장치와 도구가 필요치 않고 머시닝 센터를 이용하여 즉각적으로 적용시킬 수 있어 경제적, 시간적 이득이 크다.

그림 11에 나타난 것처럼 버가 생기는 형상은 각 출구면에 따라 다른 특징을 나타낸다. 따라서 디버링 공구를 이용하기 위해서는 이러한 버 형상에 대해 먼저 파악하고 그에 맞는 디버링 구와 방법을 적용시켜야 한다. 그림 11은 각 출구면에 대한 버의 형상을 나타내고 있다.

특히 부품의 내부에 존재하는 교차홀은 평면으로 이루어진 것이 아니라 각도를 이루며 형성되어 있기 때문에 경사면에 대한 디버링이 중요하다. 이러한 경사

면의 버를 제거하기 위해서는 양 방향의 절삭이 가능해야 한다. 경사면을 따라서 팁 날이 이동하기 때문에 한 방향으로만 디버링을 할 경우 회전 방향에 따라서 부분적으로만 버가 제거되고 대부분 잔존하게 된다.

그림 12는 15° 경사면에서의 디버링 사진이다.

그림 12에서도 알 수 있듯이 한 방향으로만 회전했을 경우 회전 방향에 따라 일부만 제거된다는 것을 확인할 수 있다. 양 방향 회전을 했을 경우에 더 좋은 디버링 효율을 보여준다.

그림 13은 15°와 30°에서의 각 디버링 공구 효율을 보여주고 있다. 디버링을 하지 않았을 때와 비교하면 모든 툴이 대부분 버를 제거한 것을 확인할 수 있다. 하지만 공구와 공구와 피삭재의 경사면이 만나는 부분, 즉 경사각이 90° 이상인 5번 부분에서 디버링이 가장 힘든 것을 알 수 있다.

또한 각 공구별로 비교해보면 5번 툴이 가장 뛰어난 성능을 나타내고 있다(그림 14 참조). 그 이유는 바로 디버링 공구 팁의 형상과 강성에 있다. 팁의 각도와 형상에 따라서 챔퍼면이 다르게 나타나기 때문에 피삭재의 조건과 절삭 조건을 고려하여 각도와 형상을 결정하여야 한다. 또한 강성이 클수록 피삭재에 더 큰 절삭력을 가할 수 있으나 강성이 너무 커지면 오히려 밀립 버가 발생하여 조도가 더 나빠진다. 따라서 적절한 강성의 유지와 조건에 맞는 팁의 형상이 중요하다.

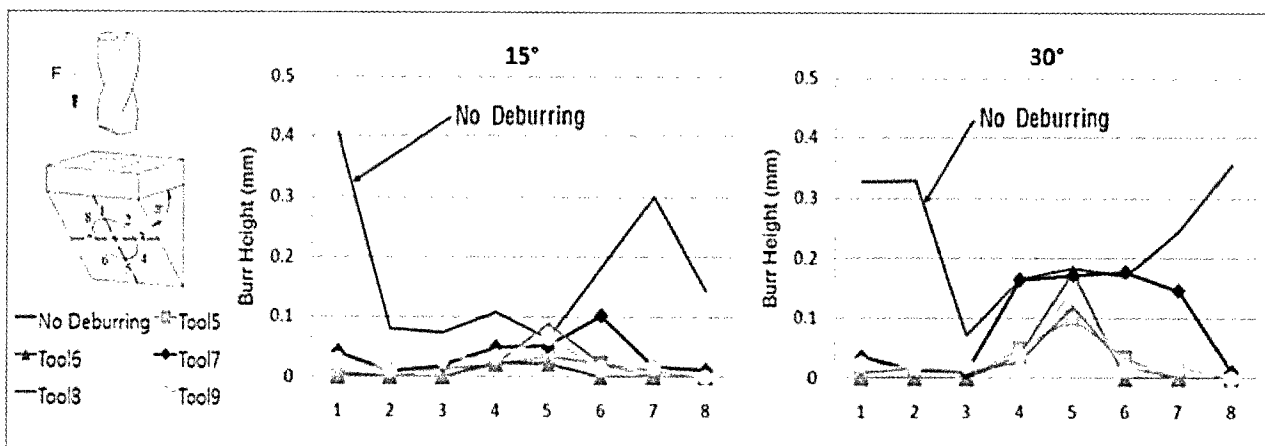


그림 13 경사면 각도에 따른 디버링 효율

### 맺음 말

지금까지 자기연마, 초음파, 디버링 공구에 대한 디버링 방법과 그 결과를 살펴보았다. 모든 방법에서 정도의 차이는 있지만 디버링

이 가능하다는 것을 확인할 수 있었다. 이 밖에도 전해 가공에 의한 디버링, 샌드 블라스팅 디버링, 열에 의한 디버링, 워터젯 디버링 등이 존재하지만 대부분의 경우에는 가공 과정 후에 후처리 과정을 거쳐야 하고 디버링을 위한 고가의 장비가 필요하다. 또한 그 방법이 복잡하여 경제적, 시간적 손실이 크다.

하지만 디버링 공구를 이용한 디버링 방법은 기존의 CNC 머시닝 센터를 이용하여 디버링 작업을 하기 때문에 특별한 장비가 필요치 않고 생산라인에서 즉각적으로 적용시킬 수 있어 다른 방법에 비해 장점이 크다고 할 수 있다.

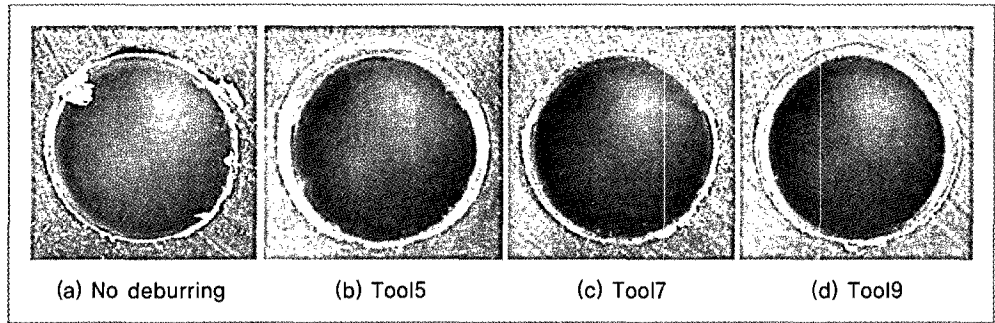


그림 14 각 디버링 공구의 디버링 결과

또한 디버링 공구의 장점은 버에 직접적으로 작용한다는 점이다. 대부분의 경우 전면적인 디버링을 실시하기 때문에 그만큼 시간도 오래 걸리고 버 외에 다른 부분에도 영향을 미치게 된다. 하지만 디버링 공구는 버가 생긴 곳에 직접 절삭날을 이용하여 버를 제거하기 때문에 짧은 시간 안에 큰 효과를 볼 수 있다.

제품의 생산성과 품질을 만족시키기 위해서는 가장 짧은 시간 안에 버를 효율적으로 제거해야 한다. 그런 의미에서 볼 때 디버링 공구를 이용한 디버링 방법이 가장 적절하다고 할 수 있다. 앞으로 디버링 공구를 더욱 발전시켜 실제 산업 현장에서 적용되길 기대해 본다.

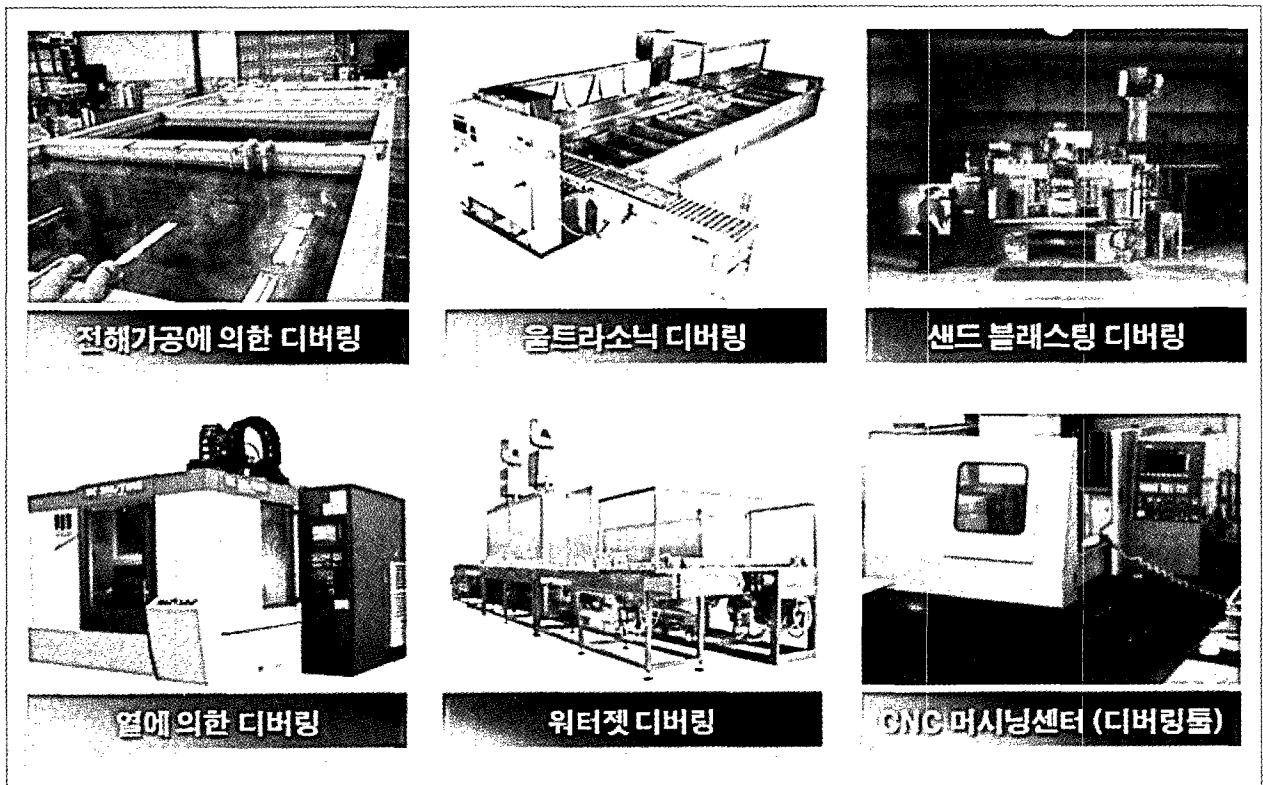


그림 15 현재 사용되고 있는 디버링 방법