초경합금의 슈퍼드릴 방전가공시 발생하는 표면전해부식 방지

Prevention of Electrolytic Corrosion on WC-Co Surface during ED-drilling in Water

*송기영[1], 정도관[1], #박민수[1], 주종남[1]
*K. Y. Song[1], D. K. Chung[1], #M. S. Park(pminsoo2@snu.ac.kr)[1] , C. N. Chu[1]
[1] 서울대학교 기계항공공학부

Key words : Super drill, ED-drilling, EDM, Electrolytic corrosion, Tungsten carbide

1. 서론

금형기술의 발달로 제품의 품질이 우수해지고 각종 복잡한 형상의 제품을 쉽게 대량생산할 수 있게 되었다. 그 중 재료적인 측면에서 초경합금의 등장은 금형 기술에 혁신적인 영향을 주었다. 이전까지의 금형은 마모와 강도적인 문제로 인하여 사용수명의 한계를 가지고 있었고, 문제가 생길 때마다 금형의 수정 및 재가공이 필요하였다. 이에 높은 기계적 강도와 내마모성을 지닌 초경합금의 등장으로 소모품으로 여겨지던 금형부품들의 수명이 대폭 늘어나 생산성 향상과 원가절감 효과를 가져 오게 되었다. 이러한 초경합금은 우수한 기계적 특성으로 인하여 현재는 금형 제품뿐만 아니라 각종 절삭공구 및 기계부품의 주요재료로도 널리 쓰이고 있다. 그러나 재료의 강한 기계적 성질로 인하여 가공 방법에도 한계가 있다. 다이아몬드 연삭(Diamond wheel grinding)이나 방전가공(Electric discharge machining, EDM)이 주된 가공방법으로 쓰이고 있으며, 최근 화학적 비접촉식 가공방법인 전해가공(Electrochemical machining, ECM)을 통한 초경합금의 가공방법도 연구되고 있다[1].

미세하거나 복잡한 형상을 갖는 초경부품의 가공에는 방전가공이 주로 쓰이고 있다. 방전가공은 전기에너지를 이용한 비접촉식 가공으로 초경, 다이아몬드 등과 같은 난삭재들도 전도성을 가지고 있다면 어느 것이든지 가공이 가능하다[2,3].

반도체 리드프레임과 같이 미세하고 복잡한 형상을 요구하는 금형가공에는 여러 단계의 방전가공방법이 필요하다. Fig. 1 은 반도체 리드프레임 금형의 제조 과정을 나타낸 것이다. 일반적으로 방전드릴인 슈퍼드릴링 과정으로 재료에 구멍을 가공하여 그 구멍을 스타트홀(Start hole)로 와이어방전가공을 진행하게 된다.

물을 가공액으로 사용하는 슈퍼드릴 방전가공의 경우 Fig. 2(a) 와 같이 가공시 공작물 표면에 전해부식이 일어나게 된다. 이러한 전해부식은 와이어방전가공을 통해 최종적으로 완성된 금형의 표면에도 남게되어 금형정밀도를 떨어뜨린다. Fig. 2(b) 는 전해부식이 일어난 스타트홀로 와이어방전가공을 해서 완성한 리드프레임 금형의 일부이다.

본 연구에서는 슈퍼드릴 방전가공에서 가공된 구멍 주위에 발생하는 표면전해부식을 방지하고자 하였다. 표면에서 일어나는 전해현상을 방지하기 위하여 공작물 표면에 전도성 커버플레이트(Cover plate)를 두어 공작물 표면이 가공액에 노출되어 표면이 전해부식되는 것을 막도록 하였다.

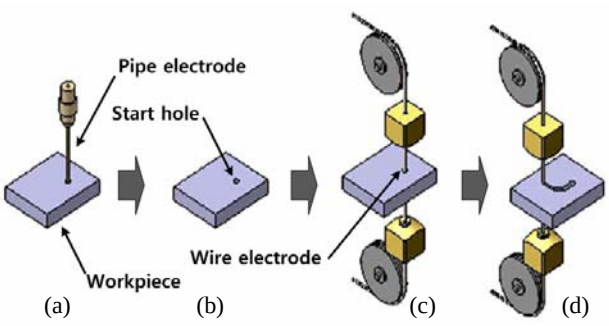
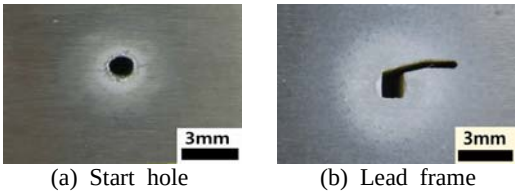


Fig. 1 Process to make a lead frame die ; (a) ED-drilling (b) a start hole (c) insert wire electrode (d) wire EDMing



(a) Start hole (b) Lead frame

Fig. 2 Occurrence of electrolytic corrosion on WC-Co workpiece

2. 슈퍼드릴 방전가공

슈퍼드릴 방전가공은 일반적인 드릴링과 달리 방전메커니즘을 통하여 공작물에 구멍을 가공한다. 황동이나 구리 재질의 중공축(Hollow shaft)을 전극으로 사용하여 수십 ㎛ 부터 수 ㎜ 의 직경을 가지는 구멍을 높은 세장비로 가공할 수 있다. 그래서 와이어방전가공의 스타트홀부터 터빈블레이드의 냉각 공기통로 등 여러 분야에 널리 응용되고 있다. Fig. 3 은 슈퍼드릴의 개략도를 나타낸다. 방전회로에서 전압을 가해준 뒤 전극을 공작물에 접근시키면 가공 간극에서 방전이 일어나게 되고 이때 발생되는 고온으로 인하여 공작물의 일부가 용해되어 모재에서 떨어져 나간다. 전극가운데의 중공으로 가공액은 연속적으로 공급되어 방전환경을 유지함과 동시에 가공 중 발생한 가공부스러기(Debris)를 밖으로 배출하 된다. 이와 같은 과정을 연속적으로 반복하며 공작물에 구멍을 가공한다.

3. 초경합금의 방전가공 특성

초경합금은 텅스텐카바이드(WC) 파우더와 코발트(Co)를 고온에서 소결하여 얻어진다. 이때 코발트는 텅스텐카바이드 입자를 서로 묶어 놓는 바인더 역할을 하게 된다. 그러나 코발트는 전도성이 매우 높고 전기분해 되기 쉬우므로 물을 가공액으로 사용하는 방전가공에서는 식 (1) 과 같이 가공액속으로 전해용출되기 쉽다. 이러한 현상은 가공물에 표면전해부식을 발생시킨다[4,5].

$$Co \rightarrow Co^{2+} + 2e^{-} \quad (1)$$

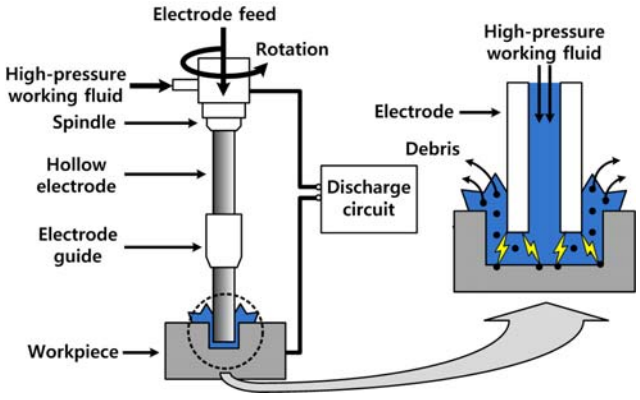


Fig. 3 Schematic diagram of ED-drilling

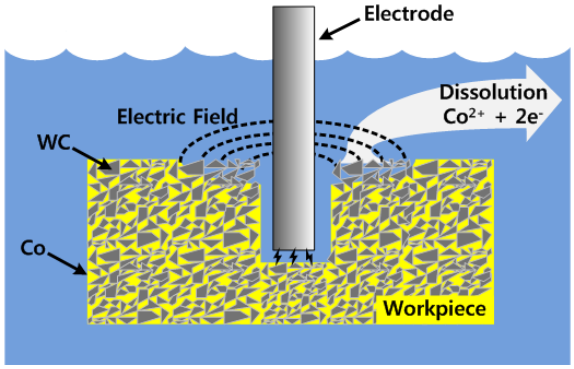


Fig. 4 Electrolyzation during EDM in water

Fig. 4는 슈퍼드릴 방전가공 시 공작물 표면에 나타나는 표면전해부식 과정을 나타낸 것이다. 이러한 현상은 가공물에 심각한 표면 손상을 입히게 된다. 슈퍼드릴 방전가공 시 발생하는 표면전해부식을 방지하기 위해서 Mitsubishi Electric Corp.는 교류전원을 사용하여 방전드릴링을 수행하였다[6]. 그러나 교류 전원 사용 시 전극마모와 가공시간이 증가하고 상용화된 기계에서는 장비의 가격이 높아진다.

4. 실험 및 결과

4.1 실험개요

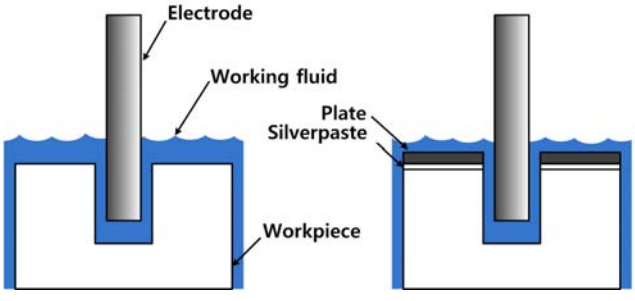
물을 가공액으로 사용하는 슈퍼드릴 방전가공에서 일반적인 가공조건으로 초경합금에 구멍을 가공하였다. 본 연구에서는 KTC社의 EZ-drill 모델을 사용하여 실험을 진행하였으며 가공조건은 Table 1 과 같다.

일반적으로 사용되는 조건으로 10 ㎜ 두께의 초경 블록에 직경 1 ㎜ 의 구리 전극으로 구멍을 가공하였다. 또한 전해현상의 직접적인 영향으로부터 공작물 표면을 보호하고자 가공부위에 커버플레이트를 부착하였다. 플레이트는 전도성 재질인 스테인리스스틸 플레이트를 사용하였으며 실버페이스트를 이용하여 표면에 부착하였다. 전도성인 플레이트와 실버페이스트를 사용함으로써 방전에 의해 구멍 가공이 가능하도록 하였다.

Fig. 5 는 본 실험의 개략도를 나타낸다.

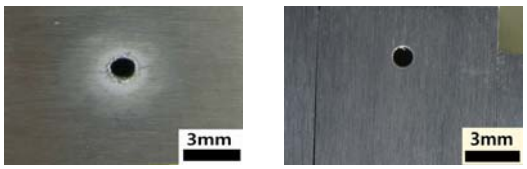
Table 1 Machining conditions

Items	Conditions
Electrode	Cu ∅1.0 ㎜
Workpiece	WC-Co (Co 2.5%) 10 ㎜ thickness
Working fluid	Tap water
Electrical conditions	Voltage : 100 V Peak current : 30 A
Cover plate	304SS 0.3 ㎜ thickness Bonded by silver paste



(a) Normal machining (b) Cover plate added machining

Fig. 5 Experimental setup



(a) (b)

Fig. 6 EDMed Holes ; (a) Machining with original condition, (b) Machining with cover plate

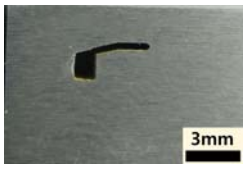


Fig. 7 Lead frame die using Fig. 6(b)

4.2 결과 및 고찰

슈퍼드릴 방전가공에서 물을 사용하여 가공하였을 때 공작물 표면에서는 전해현상으로 표면의 코발트가 가공액으로 용출되었다. 그 결과 Fig. 6(a) 와 같이 가공된 구멍 주위에 심각한 표면 손상을 입게 되었다.

한편 공작물 표면에 전도성 플레이트를 부착하고 가공하였을 때는 Fig. 6(b) 에서 보는 바와 같이 가공된 구멍 주위의 전해부식 영역이 나타나지 않았다. 표면에 부착된 플레이트에 의해 가공액과 공작물 표면이 직접적으로 접촉되는 것을 막아주어 공작물을 표면전해부식으로부터 보호해 주기 때문이다.

5. 결론

본 연구에서는 물을 가공액으로 사용하는 슈퍼드릴 방전가공에서 공작물에 발생하는 표면전해부식 현상을 방지하고자 하였다. 공작물이 가공액에 직접적으로 노출되어 표면전해부식이 일어나는 것을 방지하기 위해서 가공부에 커버플레이트를 부착하였다. 그 결과 가공된 구멍 주변에 표면전해부식영역이 발생하지 않았으며, Fig. 7 과 같이 가공된 구멍을 스타트홀로 사용하여 리드프레임을 가공하였을 때 Fig. 2(b) 에서와 같이 나타나던 금형의 표면전해부식 문제를 해결할 수 있었다.

참고문헌

1. 최세환, “초경합금의 미세전해전가공,” 서울대학교 대학원, 박사학위논문, 2007
2. Puertas, I., Luis, C. J., Álvarez, L., “Analysis of the influence of EDM parameters on surface quality MRR and EW of WC-Co,” Journal of Materials Processing Technology, 153-154, 1026-1032, 2004
3. Lee, S. H., Li, X., “Study of the surface integrity of the machined workpiece in the EDM of tungsten carbide,” Journal of Materials Processing Technology, 139, 315-321, 2003
4. Guitrau, E. B., “The EDM handbook,” Hanser Gardner Publication, 1997
5. 김창호, “New 방전가공,”기전연구사, 2005
6. 真鍋 明, 葉石雄一郎, “ワイヤ放電加工,” 日刊工業新聞社, 2003 (in Japanese)