

래핑가공에 의한 와이어 방전가공면의 표면형상

이재명(경남대 대학원), 김원일, 왕덕현, 이윤경(경남대 기계자동화공학부)

The surface profile of Wire-cut EDMed Surface by Lapping Process

J. M. Lee(Graduate School, Kyungnam Univ.), W. I. Kim, D. H. Wang, Y. K. Lee(Kyungnam Univ.)

ABSTRACT

In die and mould industry, major material such as cemented carbide is broadly used for increasing the life time and decreasing the cost. It is also required the development for the skills of wire-cut electrical discharge machining(WEDM), but the WEDMed surface was found to be worst due to the attached components of wire. Precision machining method like lapping is necessary for obtaining high quality surface. The lapping compound such as Al_2O_3 and SiC and cast iron lap can be used for lapping process. The components of Cu and Zn were found WEDMed surface of the specimen. As the result, the low quality of precision was obtained and the heat damage layer of the specimen was occurred. The value of surface hardness was deteriorated, and therefore finish process was required.

Key Words · Wire-cutting EDM(와이어컷 방전가공), Pulse on time(방전펄스시간), Finish cutting (마부리가공), Gap of deflection(처짐량), Dielectric fluid resistivity(가공액 비저항), Heat damage layer(열변형층)

1. 서론

방전가공은 금형산업의 발달과 더불어 급격히 발전하고 있으며 제품의 수명주기가 짧아짐에 따라 다양한 형상의 설계를 중요시하게 되었다. 또한 다양한 특성을 갖는 신소재 및 난삭재 등의 복잡한 3차원 형상 및 고품위, 고정밀, 초고속 가공을 위하여 방전가공기술이 최근에 급속히 발전하고 있다^[1]

부품산업에서는 많은 소재들의 기능이 향상되어 사용되고 있으며, 그중 내마모성과 내열성이 큰 초경합금을 주로 사용하고 있다^[2]. 초경합금은 기계가공성이 나쁘며 고도의 치수 정밀도와 정확한 형상의 제품의 가공을 위해서는 특수가공법인 와이어컷 방전가공에서 발생하는 열 및 압력을 이용하여 가공하는 방법으로 과도 아크방전의 온도는 보통

2000~3000℃에 이른다^[3]. 열을 이용한 가공이므로 표면의 기계적인 성질의 변화와 열변형층이 존재하므로 높은 정밀도와 내마모성의 개선이 요구된다^[4].

본 연구에서는 자동제어방식을 이용하여 초경합금(P-20)을 방전펄스시간을 변화시키면서 장방향으로 가공한 시편을 전자현미경, 경도시험기 및 성분분석기로 분석한 후 래핑압력을 일정하게 고정하고 랩계의 입도와 가공깊이를 변화하면서 후처리가공을 하여 열변형층을 제거함으로써 고정밀, 고품위 가공의 추구를 위한 노력을 하였다^[5]

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

래핑을 정밀하고 효과적으로 하기 위하여 저그와

랩 및 공압제어장치를 제작하여 밀링 머신에 장착하여 래핑을 하였으며 사용한 실험장치는 Photo. 1에 나타내었다.

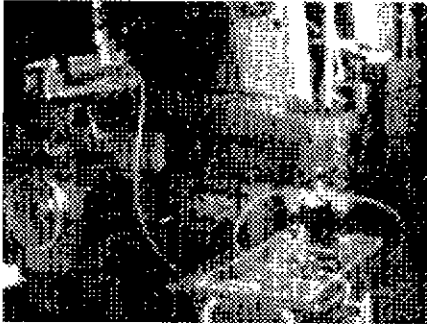


Photo. 1 Experimental setup of Lapping process

치구제작은 래핑작업시 간단하면서도 효과적으로 시편에 일정한 압력을 가하기 위한 구조로 설계하였으며, 래핑압력을 단계적으로 제어할 수 있는 공압제어장치를 제작하여 0.5kg/cm²의 일정한 압력을 유지할 수 있도록 하였다.

랩은 주철을 사용하였고, 랩제는 Al₂O₃계열 400, 600, 800번을 사용하였다. 실험장치 및 측정기기의 규격은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Experimental equipments and apparatus

Name	Model	Manufacturers
Milling M.C	CMV - 2	Chung kong sa corp.
Lapping Compound	Grade 2A(No.400)	Chemical grind mfg co
Lapping Compound	Grade 4A(No.600)	Chemical grind mfg co
Lapping Compound	Grade 5B(No.800)	Chemical grind mfg co

본 실험에 사용한 시편은 초경합금(P-20)을 방전에너지와 마무리가공에 변화를 주어 장방형으로 40×5×5mm의 크기로 와이어컷 방전가공 하였다.

2.2 실험방법

래핑가공은 습식 래핑이며, 래핑압력은 0.5kg/cm²의 일정한 압력을 유지할 수 있도록 공압을 이용한 압력 조절 장치를 설치하였다. 랩은 주철을 사용하였으며 랩제 또한 래핑조건에 따른 가공1회당 3회씩 도포 하면서 래핑 면에 따라 래핑조건을 변

화시키면서 실험을 실시하였다. 밀링 머신의 회전속도를 350RPM으로 고정하고 가공깊이를 각각 0.01mm로, 그리고 랩제를 400, 600, 800번으로 변화하면서 1, 2, 3차 가공을 하였다.

와이어커팅과 래핑가공을 한 시편의 측정장비를 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Measurement apparatus

Item	Model	Company
Surface roughness tester	Surftest-501	Mitutoyo
Roundness tester	RA-116D	Mitutoyo
Hardness tester	AVK-co	Akashi Corporation

표면거칠기 측정을 동일조건으로 90도 방향으로 4회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었고, 활용도가 높은 중심선평균거칠기(Ra)를 포함하여 최대높이거칠기(Rmax) 및 십점평균거칠기값으로 표시하였다. 이때 사용한 측정조건은 KSB0161 Definitions and Designation of surface roughness에 따라 Table 3과 같이 하였다.

Table 3 Conditions of surface roughness

Item	Conditions	
Cut-off value	0.8mm	
Measuring length	2.4mm(Cut-off value × 3)	
Measuring speed	0.5mm/sec	
Magnification	Recording direction	× 50
	Perpendicular direction	× 1,000

3. 실험결과 및 고찰

3.1 표면거칠기 특성

Table 4는 초경합금의 와이어 커팅된 시편을 각기 다른 래핑조건으로 가공한 후의 표면거칠기 값을 나타낸 것으로 표면거칠기는 입도가 작은 랩제로 여러 번 가공할수록 양호함을 알 수 있다. Fig. 1은 이들의 측정된 표면거칠기 상태를 나타내고 있다.

Table 4 Surface Roughness for P-20 [단위:μm]

Workpiece	No of Lapping	Ra	Rz	Ry
1st cutting (wire cut.)	1st lapping	0.68	4.00	4.86
	2nd lapping	0.49	3.26	3.56
	3rd lapping	0.32	2.08	2.32

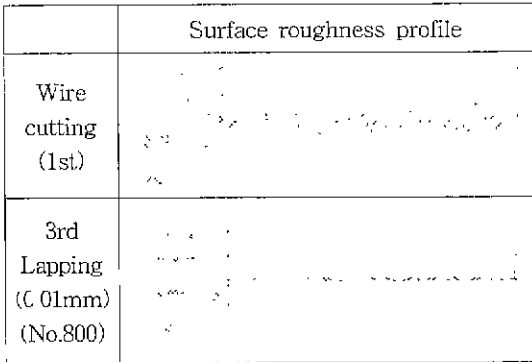


Fig. 1 Surface roughness profile for P-20

3.2 경도특성

두께 40mm의 시편을 와이어 방전가공하여 경도를 측정하고 후 각 면에 입도 400, 600, 800번의 랩제를 사용하여 가공깊이를 각각 0.01, 0.02, 0.03mm로 3차의 래핑가공을 한 후 경도를 측정하여 Fig. 2에 나타내었다 와이어 방전가공은 방전펄스시간의 증가에 따라 방전온도의 상승으로 결정입자의 불규칙한 배열의 정도가 점차적으로 커져 경도가 떨어지고 있다. 가공깊이 0.01mm의 1차의 래핑으로 경도가 급격히 상승하였다. 0.02mm의 2차의 래핑가공으로 거의 모재의 경도값에 도달하고, 0.03mm의 3차 래핑가공을 하면 모재의 경도와 일치함을 알 수 있다.

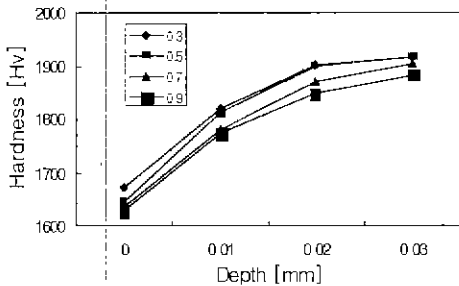


Fig. 2 Hardness change due to the depth

Fig. 3은 초경합금의 열변형층의 깊이에 따른 경

도를 세밀하게 측정하고자 5μm씩 래핑가공을 하여 경도를 측정하였다. 5μm까지는 완만하게 경도가 상승하는 것으로 보아 코팅층과 극한 연화층인 것으로 생각되며, 10μm에 까지는 급격히 상승하여 모재의 경도값에 가까워지며, 15μm에 이르러서는 다시 완만하게 경도가 증가하여 거의 모재의 경도에 이르게 된다.

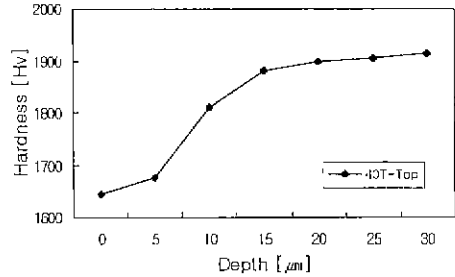


Fig. 3 Hardness change due to the depth(0.5μs)

3.3 미세조직특성

와이어 방전가공면과 래핑가공면의 표면형상을 비교하기 위하여 주사전자현미경으로 400배 확대하여 나타내었다. Fig. 4(a)는 두께 40mm의 초경합금을 방전펄스시간 0.5μs로 가공한 것으로 Rmax값이 12.4μm이고, Fig. 4(b), 4(c), 4(d)는 래핑으로 1, 2, 3차 가공한 것으로 Rmax값이 4.86μm, 3.56μm, 2.32μm의 값을 나타내고 있다. 가공횟수가 증가함에 따라 코팅층이 완전하게 제거됨과 동시에 표면거칠기가 상당히 양호해지고 있는 것을 볼 수 있다

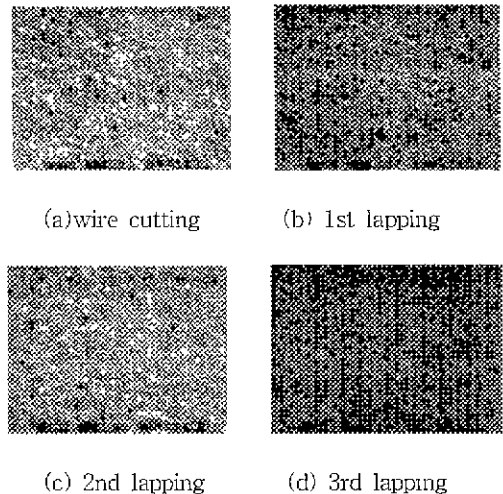


Fig 4 Scanning electron microphotographs of wire cutting and lapping workpiece (P-20)

3.4 와이어 방전가공된 표면성분특성

와이어 컷 방전가공을 실시한 후 와이어 전극의 주성분인 Cu와 Zn이 시편에 부착된 상태를 래핑가공을 실시한 후의 상태와 비교하기 위해 성분분석을 하였다. Fig. 5(a)는 두께 40mm의 초경합금을 와이어방전가공으로 4차 가공한 것의 성분분석이고, Fig 5(b)는 래핑으로 3차 가공한 것의 성분이다.

Table 5에 1차와 4차의 와이어 방전가공한 면과 1,2,3차의 래핑가공한 면의 성분분석의 결과를 나타내고 있다. 4차의 와이어 방전가공한 면이라도 구리와 아연의 코팅층이 미소하게 잔존하고 있으나, 1차의 래핑가공으로도 현저하게 제거되는 것을 알 수 있다.

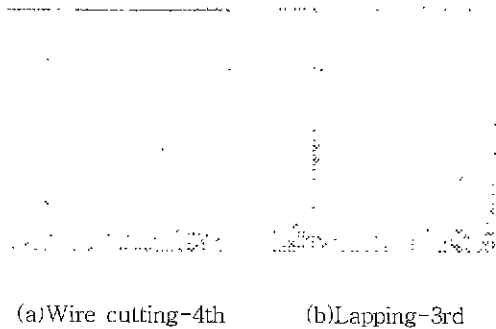


Fig. 5 Comparison of X-ray diffraction pattern for machined surface(P-20)

Table 5 Chemical composition due to the no of finish lapping(P-20) [%]

Cutting method	W	Co	Ti	Ta	Cu	Zn
wire cutting(1st)	20.26	5.16	0.40	1.73	54.20	14.48
1st lapping	92.98	4.87	0.09	0.58	0.21	1.28
2nd lapping	92.81	5.11	0.00	1.47	0.00	0.60
3rd lapping	94.35	4.57	0.18	0.00	0.00	0.89
wire cutting(4th)	83.66	8.22	0.39	3.66	1.49	3.62
1st lapping	92.87	3.94	0.18	1.32	0.50	1.19
2nd lapping	92.79	5.27	0.20	1.00	0.27	0.46
3rd lapping	92.08	5.41	0.12	0.75	0.19	1.44

4. 결론

본 연구는 고경도의 내마모성 재료인 초경합금을 방전에너지의 변화를 주면서 와이어컷 방전가공한 시편을 일정한 압력으로 가공깊이에 따라 래핑의 입도를 변화하면서 래핑가공하여 표면거칠기, 광학현미경, 경도시험 및 성분분석 등을 하여 와이어컷 방전가공과 래핑가공한 결과를 비교 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면거칠기는 1차의 래핑가공으로도 현저하게 좋아지며 2, 3차의 가공이 진행되면서 점차적으로 양호해짐을 알 수 있다.
2. 경도는 표층에서 5 μ m까지는 코팅층과 극한 연화층이며, 10 μ m에까지는 급격히 상승하여 모재의 경도값에 가까워지며, 15 μ m에서는 거의 모재의 경도에 이르게된다.
3. 성분분석의 결과 와이어 방전가공의 코팅층이 1차의 래핑가공으로도 거의 제거되었음을 알 수 있었다

참고 문헌

1. 眞鍋明, 葉石雄一郎, “ワイヤ放電加工”, 日刊工業新聞社, pp. 7-12, (1997)
2. N. Mohri, N. Saito and Y. Tsunekawa, “Metal Surface Modification by Electrical Discharge Machining with Composite Electrode”, Annals of the CIRP Vol. 42, pp. 219-222, (1993)
3. 이재명, 김원일, 이운경, 왕덕현, “初更合金材 와이어컷 放電加工시 두께 변화에 따른 加工 特性” 韓國精密工學會 2000年度 春季學術大會論文集 pp. 820-823, (2000)
4. 최민석, 김경두, “統計的 接近法에 의한 圓筒 래핑 工程의 實驗 分析, 大韓機械學會論文集 第 17 卷 第10 號, pp 2509-2517, (1993)
5. Yoomin Ahn and Sang-Shin Park, “Surface Roughness and Material Removal Rate of Lapping Process on Ceramics”, KSME International Journal, Vol, 11, No. 5. pp. 494-504, (1997)