

CMM 데이터로부터 방전조건 결정

Determination of EDM Parameters from CMM Data

주상윤 (울산대학교), 이진범 (홍성기능대학)

Sang-Yoon Ju (Ulsan Univ.), Keon-Beom Lee (Hongsung Polytechnic College)

Abstract

Determination of effective EDM parameters is significant to increase productivity. However, With the complexity of EDM phenomena, a universal selection method of EDM parameters has not been established yet. Moreover, No attempt has been tried before to suggest a logical method in determining essential machining parameters for effective electrical discharge machining.

Peak current, one of the most significant factors in EDM, is proportional to EDM area.

This paper presents a method that can be Z-map modeling from CMM data, and calculate EDM area using Z_map.

Key Words : EDM(Electrical Discharge Machining), CMM(Coordinate Measuring Machine), Reverse Engineering, Z-map

1. 서론

절연액에 의하여 분리되어 있는 공구전극과 피가공물 사이에 펄스전압을 인가하고 공구전극을 피가공물에 접근시켜 임계전압에 도달하게 되면 절연이 파괴되고 도전로가 형성되어 급격히 전류가 흐름과 동시에 불꽃방전이 발생한다. 방전가공법은

이러한 불꽃방전의 발생으로 공구전극과 피가공물의 온도가 순간적으로 약 6000K 정도가 되어 공구전극 및 피가공물의 일부가 용융 제거되는 현상을 이용한 가공법이다[1-4]. 이와 같이 방전가공법은 열을 이용한 가공법이므로 전류가 통하는 모든 재질은 강도나 경도에 관계없이 가공이 가능하므로 방전가공법이 개발된 초기에는 기계적 가공법으로 가공하기 어려운 난삭재의 가공에 주로 사용되었으나 점차적으로 자동차, 우주항공, 조선 및 금형등에 널리 사용되고 있다. 현재는 방전 가공기의 성능이 향상됨에 따라 금형가공분야에서 기계적 가공법에 의한 예비가공 없이 3차원 형상의 공구전극으로 금형을 직접 방전가공하는 추세이다. 이와 같이 기계가공에 의한 예비가공 없이 직접 방전가공을 수행하므로 방전가공에 의해 제거되어야 할 가공량이 많아져서 장기간의 가공시간이 요구되므로, 가공시간을 단축하여 생산성을 향상시키기 위해서는 방전가공 성능에 영향을 미치는 다수의 방전가공 인자들을 적절히 선정하여야 한다.

효율적인 방전조건을 결정하기 위한 기존의 연구는 WEDM의 경우 가공조건표를 기초로 신경망을 이용하여 근사적인 가공조건을 결정하는 방법[1-2]에 관하여 연구하였고, 2차원 방전가공의 경우 CAD 데이터로부터 전극의 면적을 계산한 후 이를

기초로 최적 방전조건을 결정하기 위하여 연구[3]하였으며, 3차원 방전가공의 경우 공구전극을 가공하기 위한 NC 코드로부터 공구전극형상을 Z-map 모델링하여 이를 기초로 방전깊이가 변할 때마다 Z-map 으로부터 방전면적을 구하여 최적방전조건을 결정하는 연구[4]가 있었다.

본 연구는 전극에 대한 곡면정보나 전극을 가공하기 위한 NC 코드가 없는 경우 공구전극을 3차원측정기(CMM)로 측정하여 측정된 점 데이터를 기초로 다면체로 근사화 한 후 이를 Z-map 모델링하여 방전면적에 적합한 최적 방전조건을 결정할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. CMM 데이터로부터 삼각형 다면체 근사

자유곡면의 설계와 생산은 자동차, 우주항공, 조선 및 금형가공 등 산업분야에서 널리 응용되고 있다. 따라서, CAD/CAM 환경하에서 자유곡면의 모델링, 보간 및 자유곡면의 가공을 위한 가공경로 계획 등에 대한 연구가 이루어졌다.

수학적으로 알려져 있지않은 자유곡면의 모델링 및 가공은 역 공학에서 매우 중요한 일이다. 역 공학에서 가장 중요한 문제중의 하나는 실물(Physical model)에 기초하여 수학적인 모델을 생성하고, 생성된 모델을 제품생산에 이용하는 것이다[8].

본 연구에서는 3차원 측정기(CMM)로 공구전극을 측정한 데이터로부터 공구전극형상을 삼각망으로 이루어진 다면체로 근사한 후 Z-map 모델링하여 공구전극의 면적을 계산하는데 이용하였다. CMM 데이터로부터 다면체를 형성하는 과정은 다음과

같다.

- (1) CMM의 측정간격은 그림 1과 같이 형상의 복잡한 정도에 따라 측정간격을 결정한다. 측정간격은 공구전극의 형상이 그림 1-a와 같이 복잡하면 측정간격을 작게 설정하고, 형상이 그림 1-b와 같이 단순하면 측정간격을 크게 설정하는데, 측정간격은 작업자의 직관에 의해 결정된다.

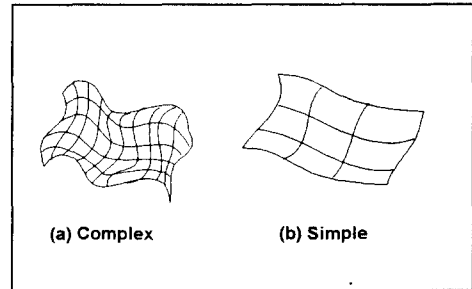


그림 1 전극형상에 따른 측정간격 결정

- (2) 측정된 두 열의 점 데이터로부터 가장 근접한 점들로 이루어진 4 점을 판별하여 3각형 망을 형성한다. 그림 2에서 측정 점들로부터 삼각형 생성이 가능한 OAB와 OAC의 대각선 길이 d_1 과 d_2 를 비교하여 길이가 짧은 대각선을 포함한 삼각형을 선택한다. 이와 같은 방법으로 전체 측정점들을 삼각망으로 형성한다.

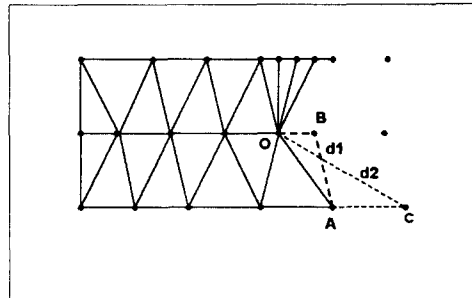


그림 2 CMM 데이터의 삼각면 형성

3. 다면체로 근사 된 공구전극의 Z-map 모델링 및 방전면적계산

Z-map 모델은 XY 평면에 정의된 일정한 간격의 격자 점(i,j)에서만 곡면의 Z 값을 표현하는 방식으로 그림 3 에 그 개념과 정의의 방법이 나타나 있다[5].

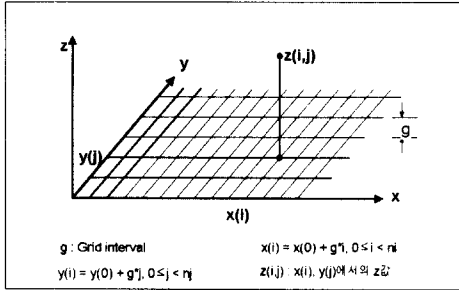


그림 3 Z-map 모델의 개념과 정의

3 각 다면체로 근사화 된 공구전극을 그림 4와 같이 각 격자 점에서의 Z 값을 계산하여 저장한다.

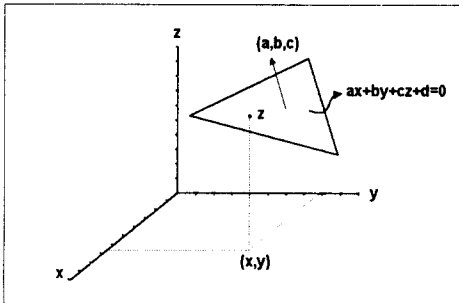


그림 4 격자 점에서의 Z 값 계산

이와 같은 방법으로 Z-map 이 형성되면 방전면적을 구한다. Z-map 은 각 격자 점에서 높이 Z 값을 저장한 것이므로 일정깊이에 서의 방전면적은 그림 5와 같이 각 격자 점의 높이가 방전깊이보다 큰 격자의 수를 세어서 격자의 면적을 곱하면 된다.

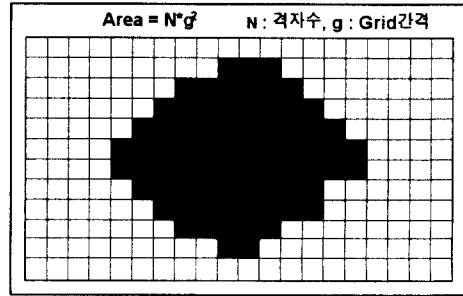


그림 5 Z-map 으로부터 방전면적 계산

4. CMM 데이터로부터 방전조건 결정

방전가공속도를 증가 시키기 위해서는 높은 전류를 필요로 하나 지나치게 높으면 아크방전으로 이행하여 전극의 손상을 유발하여 방전가공이 불가능한 상태가 된다.

일반적으로 단위면적 당 흘릴 수 있는 전류의 크기는 전극의 재질에 따라 다르다. 단위면적 당 흘릴 수 있는 최대 전류는 동전극일 경우 10~13 A/cm²이고, 그래파이트의 경우 5~7 A/cm²[6]이나 일반적으로 5 A/cm²정도가 최적이라 할 수 있다[7]. 따라서, 최적 방전조건을 결정하기 위해서는 방전면적을 계산하여야 하며, 이를 위해서는 공구전극을 모델링한 곡면정보나 공구전극을 가공하기 위한 NC 코드를 필요로 한다. 본 연구는 공구전극에 대한 곡면정보와 공구전극을 가공하기 위한 NC 코드가 없을 경우, 공구전극을 3 차원 측정기로 측정하고, 측정된 점 데이터를 다면체로 근사한 후, Z-map 모델링하여 방전깊이별로 방전면적을 계산하여 이를 기초로 최적 방전조건을 결정할 수 있는 시스템 개발에 관한 것으로, 전체적인 처리절차는 그림 6 과 같다.

시스템에서 방전면적이 계산되면 이를 기초로 평균 가공전류를 계산한다. 평균 가공전류는 단위면적 당 5 A/cm²정도가 최

적이므로 $I_a = \text{Area} \cdot C$ 이다. 여기서 $C=5 \text{ A/cm}^2$ 이다.

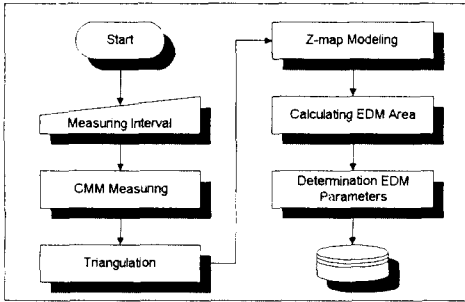


그림 6 최적 방전조건 결정 절차

$$\text{평균 가공전류 } I_a = \frac{\tau_p \cdot I_p}{\tau_p + \tau_r + \tau_w} \text{ 이며}$$

$$\frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_r + \tau_w} = D \text{ 이므로 } I_a = I_p \cdot D \text{ 이}$$

다. 따라서, $I_p = I_a/D$ 이다. 여기서는 $D=0.8$ 을 적용하였다. 방전전류최대치가 결정되면 제품에 요구되는 표면거칠기를 만족시킬 수 있는 방전전류펄스 폭을 계산한 후 휴지시간을 결정하였다. 여기서 전극이 Cu 이고 피가공물이 강일 경우 표면거칠기와 방전전류최대치 I_p 및 방전전류펄스 폭 τ_p 와의 관계는 $R_{max} = 1.6 \cdot I_p^{0.43} \cdot \tau_p^{0.38}$ 이다.

5. 컴퓨터 모의실험

제안된 시스템을 이용하여 공구전극을 3차원 측정기로 측정하여 방전깊이별로 방전면적에 적합한 방전조건을 결정한 결과는 다음과 같다. 그림 7은 3차원 측정기로 측정된 점 데이터이고 그림 8은 다면체로 근사된 전극의 형상이다. 그림 9는 다면체로 근사된 전극을 Z-map 모델링한 형상이고 그림 10은 방전깊이별 방전가공이 이루어지는 부분과 Z-map 으로부터 계산된

방전면적이며 표 1은 시스템에서 결정된 최적 방전 조건이다.

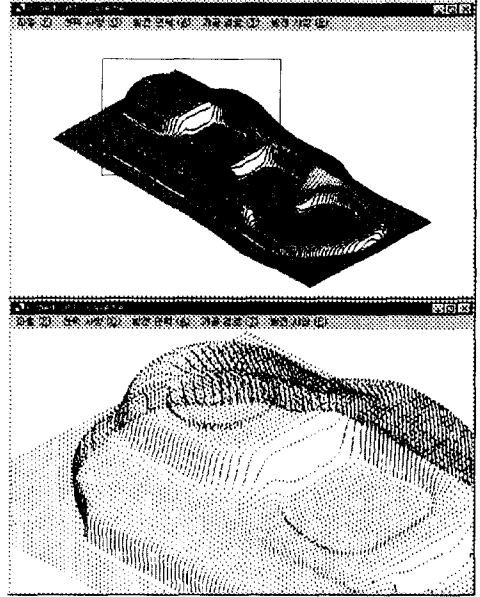


그림 7 3차원 측정기로 측정된 점 데이터의 전체 형상과 확대된 부분

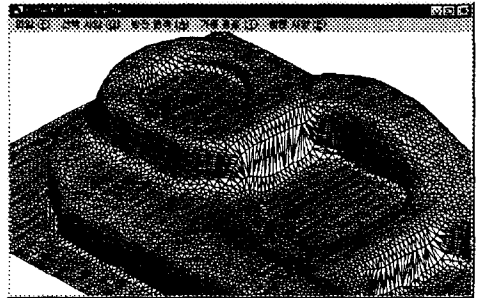


그림 8 다면체로 근사화 된 CMM 데이터

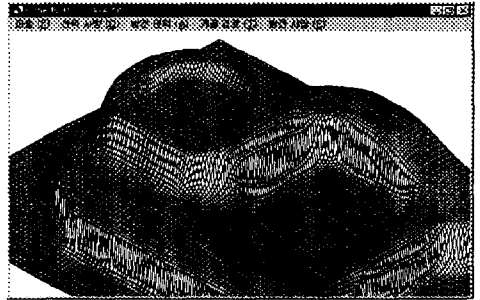


그림 9 Z_map 모델링 된 공구전극 형상

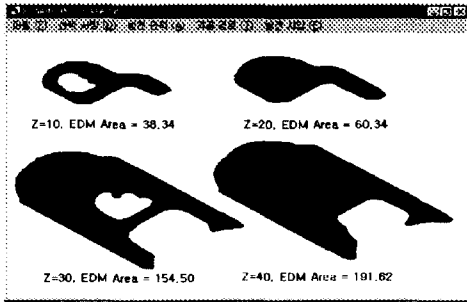


그림 10 방전깊이에 대한 방전 단면

표 1 면적에 기초하여 결정된 방전조건

Z	Area	l_a	l_p	τ_p	τ_f
1	0.317	2	2	6	2
2	0.931	5	6	14	4
3	1.515	8	9	21	5
4	1.973	10	12	25	6
5	2.422	12	15	30	7
.
.
.
21	6.907	35	43	66	17
22	8.606	43	54	78	20
23	10.042	50	63	88	22

6. 결론

본 논문은 공구전극에 대한 곡면정보나 공구전극을 가공하기 위한 NC 코드가 없고 단지 공구전극만 있을 경우 3차원 측정기로 측정하여, 측정된 점 데이터를 다면체로 근사한 후, 이를 Z_map 모델링하여 방전면적에 적절한 방전조건을 결정하기 위한 것으로 다음과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

- 1) 공구전극에 대한 기하학적 정보가 전혀 없는 실물도 3차원 측정데이터만 있으면 이를 기초로 최적 방전조건을 결정할 수 있다.
- 2) 방전깊이별로 적절한 방전조건을 변경하여 줌으로써 최적방전가공이 가능하여 방전가공에 대한 전문적인 지식이

없는 초보자도 최적의 가공조건으로 가공할 수 있다.

- 3) 방전깊이별 최적 방전가공조건을 생성할 수 있으므로 가공시간을 최소화하여 생산성을 향상시킬 수 있다.
- 4) 방전깊이별 가공체적을 알 수 있으므로 가공시간을 예측할 수 있어 생산계획 수립이 가능하다.

참고문헌

- [1] 이진범, 주상윤, 왕지남, “2 단계 신경망 추정에 의한 와이어 컷 방전 가공조건 선정”, 산업공학, 제 10 권, 제 3 호, PP.125-132, 1997
- [2] 이진범, 주상윤, 왕지남, “와이어 가공 조건 자동 생성 2 단계 신경망 추정”, 한국정밀공학회, Vol.15, No.2, pp.7-13, 1998
- [3] 이진범, 주상윤, 왕지남, “신경망을 이용한 2 차원 방전가공 조건선정”, IE Interface, Vol.11, No.1, 1998
- [4] 주상윤, 이진범, “EDM 에서 방전면적을 고려한 최적 가공조건 결정”, '98 한국 CAD/CAD 학회 학술 발표회 논문집, pp.135-139, 1998
- [5] 최병규, 정연찬, “Z-map 을 사용한 모의가공과 NC-code 의 검증”, IE interfaces, Vol.8, No.3, pp.155-169, 1995
- [6] 진영정기, 방전가공조건 성능표, 1996
- [7] 三菱電機(株), “放電加工のしくみと100%活用法”, 技術評論社, 昭和 60 年
- [8] P Gu and X Yan, Neural network approach to the reconstruction of freeform surfaces for reverse engineering”, Computer-Aided Design Vol. 1, No.1 pp. 59-64, 1995