

<解 說>

## 最近의 放電加工과 電解加工

李 得 祚\*

### 1. 緒 言

機械의 部品는 勿論 各種 容器 工具 測定器 等 여러 部品을 加工하는데 電氣的인 Energy를 機械的인 Energy로 變換하여 利用된 것이 從來 加工法의 大部分이었다. 이것을 變換시키지 않고 直接加工에 利用되었던 것인 放電加工機나 電氣化學的 現狀을 利用한 電解加工機이다. 이것을 다시 말해서 Electromachining 이라 하고 있다. 國際電氣加工 심포즘(International Symposium for Electromachining; ISEM)에서 放電加工과 電解加工이 代表的으로 되어 있다. 이 外에 電子 beam 加工 Laser 加工이 있으나 數的으로나 利用度를 볼 때 위의 두 加工에 따르지 못한다.

### 2. 放電加工의 原理

1938년에 소련의 라샤렌코의 夫婦가 放電加工의 研究를 發表한 후 世界 여러 나라에서 研究를 거듭하였으며 이웃 日本의 東京大學에서는 1948년에 鳳誠三郎教授의 研究에 依하여 實用段階까지 올렸으며 소련이나 스위스와 같이 世界最高水準이다.

放電이란 condenser 或은 battery의 充放電에 있어서의 放電도 있다. 放電加工은 이와는 달리 原子나 分子의 電離 및 勵起를 同伴하는 現象인 即 neonshine 현상 등 高壓水銀 lamp 等의 內部現象과 같다. 放電形式에는 非自續放電과 自續放電으로 區別되며 自續放電에는 corona 放電 glow 放電 및 arc 放電이 있다. corona 放電은 電極間의 一部分이 局部的으로 絕緣破壞한 狀態放電으로서 對平板電極과 같이 電極間의 電界分布가 아주 不均一할 때 發生하며 glow 放電과 arc 放電은 電極間의 全長에 따라 絕緣이 破壞된 全路破壞放電이다. 이와 같이 電界分布가 比較的의 均一할 때 電極間은 非自續

放電에서 全路破壞인 火花放電인 自續放電이 된다. Fig. 1은 放電加工의 代表的인 裝置機構이다. 3電解加工의 動向電解의 現象을 Faraday가 1833년에 發見하여 일찍부터 鍍金에 利用하여 왔다. 그 후 1931年 Jacquet는 電解研磨法을 發見하여 被膜除去方法으로 高速液體를 使用한 것이 電解研削이다. 1929年 Gussef가 試圖한 것은 實用化까지 이르지 못하고 그 후 美國에서 航空宇宙産業의 要素에서 難削 複雜한 形狀部品の 加工에 1958年 Anocut社가 電解加工機를 發表한以後 加法이 널리 使用되었다. 이웃 日本에서는 1962年 Japax, 三菱電氣가 電解加工機를 發表한 후 近來와 같이 利用度가 높아졌다. 그러나 아직 우리 나라에서는 電氣加工의 利用度가 아직 微弱하며 이제부터 關心을 갖는 形便이다.

電解加工의 代表的인 裝置는 Fig. 2와 같다.

3. 1. 電解研磨의 原理로서는 電氣分解를 利用하여 電極과 工作物 사이의 微小間隙에 電解液을 高速으로 噴流시켜서 高電流密度로서 電解한다. 이 때 工作物은 極

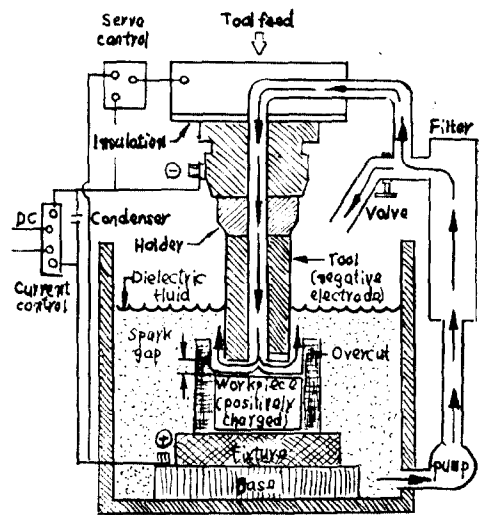


Fig. 1. Typical setup for electrical discharge machining

\*正會員, 慶北工業專門學校 機械科

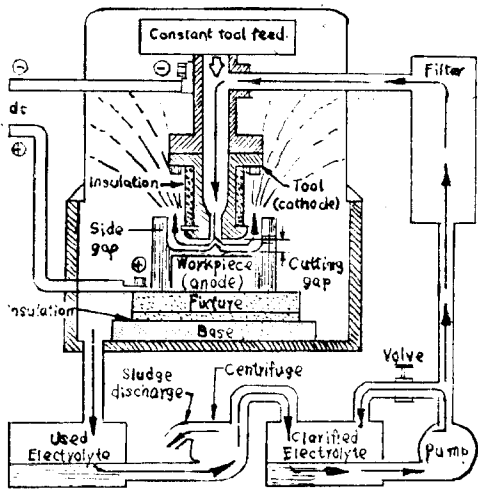


Fig. 2. Typical setup for electrochemical machining

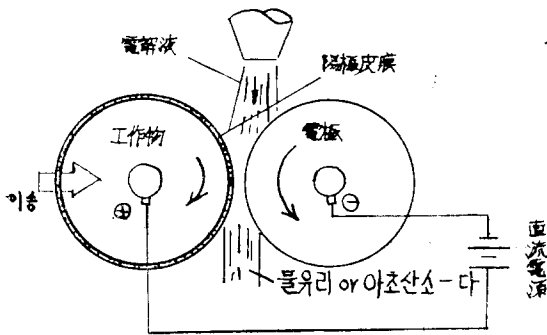


Fig. 3. 電解研削(陰極法)의 原理

工具의 端面形狀에 따라 溶出物(chip)이 溶出되어 型影된다. 電解된 溶出物에는 鐵은 鹽化鐵 水酸化 酸化鐵로 변하면서 溶出沈澱된다. 이 때 電解液이 食鹽水일 때는 電解加工에 있어서 傷失되는 것은 極工具의  $H_2$  gas 이고 陽極인 工作物에는 鐵의 酸化에 使用되는  $O_2$  뿐인 물이 傷失되고  $NaCl$ 은 電氣를 運搬하는 以外에 觸媒作用을 하기 때문에 消耗되지 않는다.

電解研削과 다른 點은 液流가 빠르기 때문에  $Fe^{++}$ 가 陰極은 陰極에는 析出되지 않는다. 그러나 弱筒의 鍍金沈澱物이 電極表面에 黑色의 酸化鐵을 主成分으로 固體 粒子가 附着된다.

3.2. 電解研削은 電氣分解를 利用한 加工法으로 電氣作用과 機械的 研削作用을 組合한 複合加工法이라 하겠다. 이들 加工法을 細分하면 다음 네가지로 區分할 수 있다. 첫째로 Fig. 3과 같이 陰電極을 高速回轉시켜 工

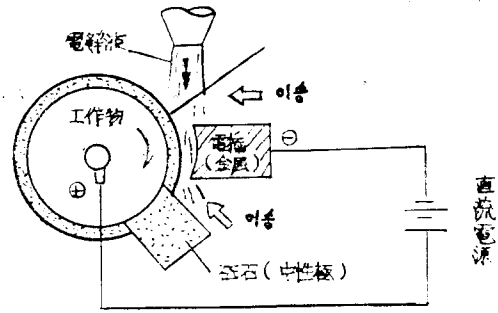


Fig. 4. 電解研削(中性極法)의 原理

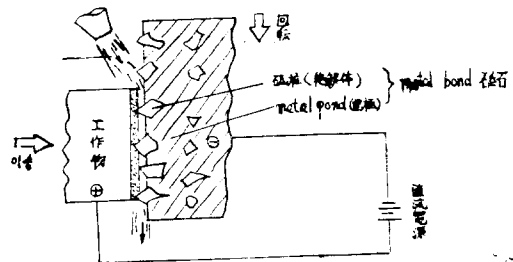


Fig. 5.

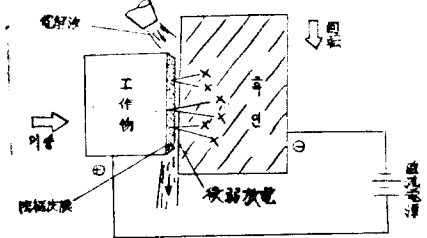


Fig. 6. 電解研削(Japax法)의 原理

작物에 가깝게 밀어 微小間隙 사이에 加工物이 電氣分解되어 加工物이 被膜으로 溶解되는 것을 電極의 回轉에 의하여 液噴流로써 除去된다. 이 때 液은 물유리 또는 亞硝酸 소-다이다. 둘째로 Fig. 4와 같이 中性極法으로 工作物(回轉體)와 陰極金屬 사이에서 工作物의 溶解된 生成物이 工作物周圍에 被膜으로 된 것이 中性極인 砥石으로 눌러서 除去된다. 셋째로 Fig. 5와 같이 複合極으로서 陰極인 metalbond와 中性極인 砥粒으로 된 砥石인 複合極을 工作物에 接觸시켜 相對運動을 하므로 工作物과 砥石 사이에서 溶解된 生成物(被膜)을 除去한다. 이 때 砥粒은 絶緣體인  $Al_2O_3$ 나 diamond로서 除去시킨다. 이 방법은 砥粒에 의하여 아주 微小한 間隙에 大電流를 利用하기 때문에 加工速度가 빠르다. 이것이

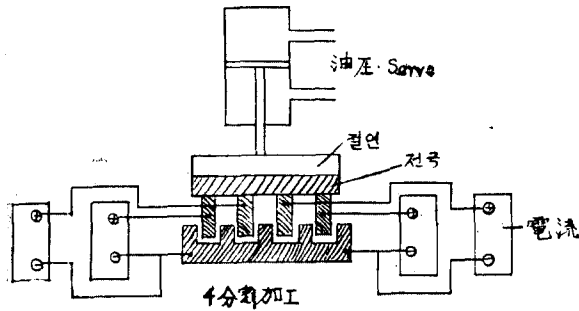


Fig. 7. 多電極分割加工

電解研削의 代表的인 것이다. 넷째로 Fig. 6과 같이 Japax 법을 들 수 있다.

위의 砥粒으로서 溶解生成物인 被膜을 除去하는 方法과는 달리 微小放電에 依하여 工作物과 黑鉛電極 사이에 生成物인 陽極被膜을 破壞하여 陰極法の 液噴流와 아울러 微小放電을 利用한 것이다.

4. 放電加工과 電解加工의 特徵

4.1. 放電加工에서는 超硬合金이나 燒入鋼과 같은 硬質金屬에 對한 加工時間이 從來의 加工時間에 比하여 매우 短縮된다. 一般機械加工의 工具에 該當한 電極을 回轉할 必要없이 複雜한 形狀의 型彫貫通구멍 細孔 또는 좁은 間隙은 勿論 Fig. 7과 같이 多電極分割加工 등에 큰 힘이 作用하지 않기 때문에 여러 材料 무른 材料 및 薄板도 精密加工이 容易하다.

4.2. 電解加工에서는 加工速度가 빠르며 從來의 型彫轉削에 比하면 約 10倍程度 빠르다. 電極은 無消耗로서 加工物의 硬度나 被削性에 關係없이 加工되면서도 加工速度가 빠르고 加工面에 별 異常이 없다. 또 熱作用의 影響이 없기 때문에 加工硬化나 加工變形이 없고 複雜한 形狀도 한 工程에서 끝난다. 그러나 加工精度가 아주 좋지는 않다. 電解液의 腐蝕性 때문에 防蝕對策이 必要하며 加工精度가 높은 要因에 依하여 變化하기 때문에 그 制御가 複雜하다. 그리고 工作物의 材質에 따라서도 不動態化皮膜이 생기기 때문에 加工이 困難한 것도 있다.

9. 放電加工과 火花放電에 依한 異常消耗과 溶解에 依

Table 1. 放電加工과 電解加工과의 比較

名 稱	放電加工 (EDM) 物理的		電解加工 (ECM) 化學的
原 理	火花放電에 의한 異常消耗과 溶解應用		電氣分解에 의한 陽極金屬溶解응용
電 源	加工電壓 加工電流 電流의 종류	높다 (30~300V) 적다 (0~1,000A) 高周波의 脈流	낮다 (2~30V) 크다 (0~50,000A) 直流定常電流
加 工 液	種 類 液 壓	絶緣油 (汀油) 낮다 (0~3kg/cm <sup>2</sup> )	電解液 (食鹽水) 높다 (1~30kg/cm <sup>2</sup> )
加 工 性 能	加工速度	늦다 (0~50g/min) 거칠기에 관계되고 빠르면 面不良	빠르다 (10~850g/min) 面거칠기에 무관하고 電流에 比例
	面 거 칠 기	加工速度에 關係(1~100μHmax) 材質에 無關	항상 良好 (1~10μHmax) 材質에 有關
	電極消耗 加工精度	있다 (1~100%) 중다 (±0.002~±0.05mm)	없다 (0%) 약간 못하다 (±0.02~±0.5mm)
電 極	材 質	Cu, C, Bs, Ag, W 消耗에 依해 制限된다.	Bs, Sus 腐蝕에 의해 制限된다.
	製作의 難易	容 易	어렵다 (間隙, 流路, 被削性)
工 作 物	金屬이면 全部加工		大部分의 金屬加工 (炭素含有量이 많으면 加工難)
加工變質層	加工條件에 依해 量은 다르나 變質層이 된다.		없다.
加工間隙	一定條件으로 一定의 間隙有持		時間과 距離에 의하여 加工되기 때문에 間隙變質한다.

하여 가공되는 것인 故로 物理的인 것이라는 反面에 電解加工은 電氣分解에 依하여 陽電極金屬을 溶解加工되기 때문에 電氣化學的인 加工이라고도 한다. 放電加工에서는 加工物의 硬度가 높거나 낮거나에 別로 無關하며 微細한 구멍이나 비틀림구멍, Helic mould Drill 加工, Disc 가공, 나사加工과 Wire cut 加工 등 多樣的 反面에 電解加工에서는 金屬이라도 炭素含有量이 많으면 加工이 困難하며 아주 複雜한 것 보다는 單純하고 一般的인 것이 有利하며 電極製作에도 電解加工便이 어렵다. 그러나 加工速度가 빠르며 加工變質層이 없다. 이들 두 가지 加工法을 比較한 것이 Table 1에서 잘 알 수 있다. 또 加工性을 比較하여 보면 放電加工이 電解加工에 뒤지고 있다. 그러나 極製作에서는 放電加工便이 容易한 關係로 빠르다. 加工對象形이 다르고 要求形이 다르기 때문에 正確히 有用性, 經濟性에 對하여는 優劣을 가리기 困難點도 없지 않다. 한갓 뚜렷한 것은 이 두 加工法 모두가 模倣 milling 加工에 比하면 電極製作時間을 包含시키면 한개당 模倣 milling 加工에서 28時間 걸리면 이 電氣加工에서는 不過 17時間에 完成된다고 본다.

## 6. 電氣加工의 將來性

電氣加工中の 放電加工에는 放電合成放電浸炭 등이 있으며 電解加工에서는 電解放電加工, 電解燒入, 電解研磨, 電解 Lapping, 電解超音波加工 以外에 電鑄 Ion beam 加工, plasma 加工, 高周波加工 등이 各各 特有한 分野를 갖고 있다. 라사렌코는 ISEM<sub>4</sub>에서 電氣加工法의 將來를 세가지로 指摘하고 있다. 그 첫째는 從來의 電氣加工의 長點을 모아 有效한 組合으로 有持發展시키며 둘째로는 새로운 物理現象을 利用한 加工法 即 電氣 pulse 에 依하여 發生하는 cavitation 을 研究하며 cavitation erosion 을 電氣的으로 防止하는 方法이 開發되고 極性을 變化시켜 電源을 調整하면 cavitation 을 없애고 加

공에 應用할 수 있다. 셋째로는 plasmoid 의 利用이다. 同一線上이 아닌 電極間에 放電시켜 plasma 의 膨脹을 防止하면 電流힘의 作用으로 plasma 는 doughnut 狀 plasmoid 로 되어 數 km/sec 의 速度로 날아 加工物에 충돌하면 그 加工物은 塑性變形된다. 이와 같은 것은 中될 런지 모르나 여하튼 새로운 電氣加工法이 革新的으로 달라질 것을 믿는다. Wire cut 放電加工에서는 NC 化한 tape 에 依하여 經濟性이 높아지며 때를 같이 하여 脫 Ion 水(중유수) 中에서 加工되어 加工速度의 向上과 無人運轉狀態에서 安全性이 實用化되고 있다. 따라서 NC tape 를 作成하는데도 tape 自動製作裝置(Automatically Programmed Tools; APT)를 使用하여 할 수 있는 것은 圓弧와 直線으로 近似하게 되는 것은 어떤 圖形이라도 可能하다. 例로서 Involute 齒車加工用 tape, module, 齒數壓力角을 줄 뿐이지 容易하게 해 낼 수 있다. 加工精度도  $\pm 0.01$  mm 는 一般的으로 얻을 수 있다고 본다.

## 7. 結 言

以上에서 最近의 放電加工과 電解加工의 原理와 動向에 對하여 概說하였다. 앞으로 進行되는 材料革命과 더불어 加工研究를 거듭함에 따라 適用의 多樣化, 省力化는 勿論 精密化와 APT 의 發達로 因하여 漸次 NC system 과 調和되면 人手不足에 對處할 無人化 plant 도 可能할 것으로 믿는다. 우리 나라에서도 電氣加工法 發達에 積極的인 研究의 必要時期가 왔다고 보며 이 조그만 글이 도움이 된다면 다행으로 믿는 바이다.

## 參 考 文 獻

1. 機械の研究 卷22 第1號(1970)
2. 放電加工의技術 Japax(1972)
3. 放電加工의理論と技術 養賢堂(1976)
4. ASM Metals Handbook, 8th edition Vol. 3(1967)