電解加工における加工間げきの理論的考察

機械試験所 伊 東 祐 光

Mathematical Theory of Electrode Gap Distance in Electrochemical Machining

Sukemitsu ITO

Electrode gap distance is very important in electrochemical machining, because it influences the machining accuracy and the electrode correction is founded on it. In this report equations on the gap distance were mathematically derived.

(1) The equilibrium gap distance h_e (cm) is derived as follows

$$h_e = \eta \cdot E \chi / v \cdot k / \rho$$

where η is current efficiency, E is gap voltage (V), χ is specific electrical conductance ($\Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$), v is feed rate of electrode (cm/s), k is electrochemical equivalent (g/C), ρ is density of work material (g/cm^3).

(2) Considering the concentration of hydrogen gas bubbles and the temperature rise of electrolyte, the equilibrium gap distance is modified as follows

$$h'_e = h_e (1 + 0.44 E \rho_H / (1 - \rho_H)) \cdot 2(1 - \rho_H) / (2 + \rho_H)$$

where h'_e is modified equilibrium gap distance, ρ_H is volume concentration of hydrogen gas bubbles.

(3) From these equations the fundamental contour machined is determined. The optimum stock removal from rough machining to finish is related to the contour accuracy.

1. ま え が き

電解加工において加工間げきは加工精度を左右する重要な因子で、電極設計および加工条件設定の基礎となる。

よって本文においてはまず、加工間げきの数式化を試み、つぎにこれと深い関係を有する基本加工形状および、とりしろと加工精度の関係について述べる。

2. 加工間げきの計算

2.1 加工間げきの計算の基礎

加工間げきの計算はまずファラデーの法則から出発する。

$$m = M I t / n F \quad (1)$$

ここで、 m は金属の溶解量(g)、 I は電流(A)、 t は時間(s)、 M はグラム原子量、 n は原子価、 F はファラデー定数($96,500 C$)である。¹⁾

また k を電気化学当量(g/C)とすると

$$k = M / n F \quad (2)$$

であるから(1)式は

$$m = k I t \quad (3)$$

となる。この k は純金属の場合には原子価が決まれば決定する。合金の場合には成分元素の電気化学当量を k_i 、その組成を w_i とすれば合金の電気化学当量 k_a は

$$1/k_a = \sum w_i / k_i \quad (4)$$

で与えられる。

以上は金属の溶解がファラデーの法則に従うとしたが、実際には電流効率 η を考えて、式(3)は

$$m = \eta k I t \quad (5)$$

となる。いま加工面積 $S (cm^2)$ が一定とすると、加工距離または深さ $H (cm)$ は

$$H = \eta k I t / \rho S \quad (6)$$

となる。ただし ρ は金属の密度(g/cm^3)とする。

つぎに加工間げきにオームの法則を適用すると

$$I = SE/rh \quad (7)$$

ここで E は極間電圧 (V), r は加工液の比抵抗 (Ωcm), h は加工間げき (cm) とする。

2.1 静止電極の場合の加工間げき

静止電極の場合には、微小時間 Δt に対する H の変化量 ΔH は、金属の溶解に基づく加工間げきの変化 Δh となる。したがって式 (6) から

$$\Delta h = \eta k I / \rho S \cdot \Delta t \quad (8)$$

式 (8) と式 (7) を組合せると

$$\Delta h = C/h \cdot \Delta t \quad (9)$$

$$\text{ここで,} \quad C = \eta E / r \cdot k / \rho \quad (10)$$

とおき, $\Delta t \rightarrow 0$ とすると

$$h \, dh = C \, dt \quad (11)$$

となる。この式が静止電極の場合の基礎微分方程式である。いま初期間げきを h_0 (cm) とし, $t = 0$ で $h = h_0$ の条件で式 (11) を解くと

$$h = (h_0^2 + 2Ct)^{1/2} \quad (12)$$

これが静止電極の場合の加工間げきを与える式である。

2.3 定速送りにおける加工間げき

電極を一定速度 v (cm/s) で送る場合には

$$\Delta h = \Delta H - v \Delta t \quad (13)$$

式 (13) に式 (6) および式 (7) を入れて, $\Delta t \rightarrow 0$ とすると

$$dh = (C/h - v) \, dt \quad (14)$$

この式が定速送りの場合の加工間げきを与える基礎微分方程式である。この式において加工間げきが C/v に等しくなると, $dh = 0$ となり加工間げきは一定となる。以後この間げきを平衡間げきと称する。平衡間げきを h_e (cm) とすると

$$h_e = C/v \quad (15)$$

いま $t = 0$ で $h = h_0$ として式 (14) を積分すると

$$T = vt = h_0 - h + h_e \ln \left[\frac{h_e - h_0}{h_e - h} \right] \quad (16)$$

この式が定速送りの場合の加工間げきを与える式である。ここで T は電極の送り量 (cm) とする。

式 (16) の関係を図 1 に示す。同図において AA は最初の電極先端の位置, BB は加工面の最初の位置, AA' は時間 t 後

図 1 加工間げき

の電極先端の位置、 $B'B'$ は時間 t 後の加工面の位置である。この図から

$$T = h_0 - h + H \quad (17)$$

式(16)と式(17)を比較することにより加工深さ H は

$$H = h_e \ln \left[\frac{h_e - h_0}{h_e - h} \right] \quad (18)$$

2.4 平衡間けき

以上導いた間けき式はいずれも平衡間けきを含んでいる。他方、電解加工においては加工中、加工間けきが一定であることが要求される。しかるに定電圧、定速送りで加工を行なう場合、加工間けきが平衡間けきに達すればこの条件を満足する。よって平衡間けきについてさらに検討する。

いま比電導度を χ ($\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$) とすると

$$\chi = 1/r \quad (19)$$

であるから、式(19)、(15)、(11)より

$$h_e = \eta \cdot (E\chi/v) \cdot k/\rho \quad (20)$$

ここで最初の η は電流効率で、被加工物の材質、加工液、電流密度により決定する。第2項の $(E\chi/v)$ は加工条件すなわち極間電圧、電極の送り速度、加工液によって決定する。第3項の k/ρ は金属の溶解定数で比加工量とも言われ、材質が与えられれば決定する。

被加工物が鉄でかつ2価で溶解し、加工液は食塩水で、電流効率が100%の場合が平衡間けきの基本となる。これを基本平衡間けきと呼ぶこともある。

2.5 加工間けきの無次元表示

加工間けきを与える式(16)、式(18)を無次元表示するために、つぎの無次元数を定義する。

$$\bar{T} = T/h_e \quad (21)$$

$$\bar{h} = h/h_e \quad (22)$$

$$\bar{h}_0 = h_0/h_e \quad (23)$$

$$\bar{H} = H/h_e \quad (24)$$

これらの無次元数を用いて式(16)、式(18)を書き直すと

$$\bar{T} = h_0 - 1 + \ln \left[\frac{1 - \bar{h}_0}{1 - \bar{h}} \right] \quad (25)$$

$$\bar{H} = \ln \left[\frac{1 - \bar{h}_0}{1 - \bar{h}} \right] \quad (26)$$

初期間けき $\bar{h}_0$ がそれぞれ5, 2, 1, 0.5の場合の $\bar{h}-\bar{T}$ 曲線を図2に示す。この図からも明らか

図2 $\bar{h}-\bar{T}$ 曲線

なように電極の送り量を増せば、加工間げきは漸近的に平衡間げきに近づく。しかし実用的には

$$\bar{h} = 1 \pm \varepsilon \quad (27)$$

で定まる $\bar{T}$ で、加工間げきが平衡間げきに達すると考えても差支えない。ここで式(27)は $\bar{h}_0 > 1$ なる場合は $\oplus$ を、 $\bar{h}_0 < 1$ なる場合は $\ominus$ をとる。

式(27)を式(25)に入れると

$$\bar{T} = \bar{h}_0 - 1 - \ln \varepsilon + \ln(\bar{h}_0 - 1) \quad (28)$$

$$\bar{T} = \bar{h}_0 - 1 - \ln \varepsilon + \ln(1 - \bar{h}_0) \quad (29)$$

ε をそれぞれ10%, 5%, 1%としたときの $\bar{h}_0$ と $\bar{T}$ の関係を図3に示す。この図から電極を平衡間げきの何倍送れば、平衡間げきに達するかを知ることができる。

2.6 加工間げきと面精度

いま加工間げきが平衡間げきに達したときに、加工面に深さ d_0 (cm) のへこみが残ったとする。さらに電極を T (cm) 送ったときのへこみの大きさ d (cm) は、式(16)において $h_0 = h_e + d_0$, $h = h_e + d$ とすれば求めることができる。すなわち

$$T = (d_0 - d) + h_e \ln d_0 / d \quad (30)$$

この式において電極を充分送れば、第1項は第2項に比して無視しうるので

$$T = h_e \ln d_0 / d \quad (31)$$

この式は面精度 d と電極の送り量および平衡間げきの関係を示すものである。すなわち平衡間げきが小さいほど、また電極の送り量が大きいほど面精度はよくなる。

2.7 側面間げき

以上正面の加工間げきについて述べたが、側面間げきも同様にして求めることができる。いま図4に示すように b (cm) の露出部を有する電極で加工を行ない、正面の加工間げきが平衡に到達したとすれ

図3 $\bar{h}_0 - \bar{T}$ 曲線

図4

ば、側面は近似的に h_e を初期間げきとし、露出部からの通電により側面間げき h_s (cm) を生ずる。(この場合には式(12)において、 $h = h_s$, $h_0 = h_e$, $t = \bar{t}$ とすれば、つぎのように与えられる。

$$h_s = (h_e^2 + 2 C \bar{t})^{1/2} \quad (32)$$

ここで $\bar{t}$ は溶解時間で

$$\bar{t} = b/v \quad (33)$$

であるから、式(15)、式(33)を式(32)に入れると

$$h_s = (h_e^2 + 2 h_e b)^{1/2} \quad (34)$$

となる。

2.8 法線間げき

電極面上のある点において、その表面が送り方向と角 θ だけ傾いている場合、その点の法線方向の加工間げきが法線間げきである。この場合電極の法線方向の送り速度は $v \sin \theta$ であるから、平衡状態では法線間げきを h_n (cm) とすると式(15)から

$$h_n = C/v \sin \theta = h_e / \sin \theta \quad (35)$$

2.9 加工間げきに及ぼす気ほう率と液温の影響

前節の加工間げきの計算においては、加工液の比電導度は一定としたが、一般に比電導度は加工中に発生する水素ガスの気ほう率および液温により変化する。以下加工間げきが平衡に達している場合について述べる。²⁾ なお気ほう率と液温の変化を考慮した場合の加工間げきおよび比電導度にはダッシュ(′)を付して区別する。

(1) 平行流電解加工

幅 B (cm)、長さ L (cm) の加工面を平行流電解加工する場合、液の入口を原点とし液流方向に x 座標を定める。

位置 x (cm) において、加工間げき中に面積素片 $B dx$ を底面とし、高さが h_e' の体積素片を考える。これにオームの法則を適用すると

$$i = \chi' E / h_e' \quad (36)$$

ここで、 i は電流密度 (A/cm^2) とする。また水素ガス気ほう率(全体の容積に対する水素ガス気ほうの容積比)を ρ_H 、体積素片の質量を m (g)、加工液の密度を γ (g/cm^3) とすると

$$m = (1 - \rho_H) \gamma h_e' B dx \quad (37)$$

なるを以て、微小時間 dt における液の温度上昇 $d\theta$ はジュールの法則より

$$d\theta = 0.24 i^2 \chi' \gamma B (1 - \rho_H) \cdot dt \quad (38)$$

ここで γ は加工液の比熱とす。

つぎに加工液の流量を Q (cm^3/s), 流速を w (cm/s) とすると

$$dt = dx/w = h_e' B (1 - \rho_H) / Q \cdot dx \quad (39)$$

式(38)と式(39)より

$$d\theta = 0.24 i BE / Q \gamma c \cdot dx \quad (40)$$

$x = 0$ で $\theta = 0$ なる初期条件で積分すると

$$\theta = 0.24 i BE / Q \gamma c \cdot x \quad (41)$$

気ほう率に基づく電気伝導度の変化が Fricke の理論に従うとすれば,³⁾ これに温度上昇に基づく変化を合せ考慮すれば

$$\chi' = \chi (1 + \alpha \theta) \cdot \frac{2(1 - \rho_H)}{2 + \rho_H} \quad (42)$$

ここで α は比電導度の温度係数とする。

式(42)に式(36), 式(41)を適用し, $i = \chi E / h_e$ なることを考慮すると

$$h_e' = h_e \left(1 + \frac{0.24 \alpha}{\gamma c} \frac{EI}{Q} \bar{x} \right) \frac{2(1 - \rho_H)}{2 + \rho_H} \quad (43)$$

また,

$$\rho_H = \bar{x} / (Q / IC_H + \bar{x}) \quad (44)$$

ここで, $\bar{x} = x/L$, C_H は水素ガス気ほう発生率 (cm^3/C) とする。

式(43)と式(44)から

$$h_e' = h_e \left(1 + \frac{0.24 \alpha}{\gamma c C_H} E \frac{\rho_H}{1 - \rho_H} \right) \frac{2(1 - \rho_H)}{2 + \rho_H} \quad (45)$$

食塩水で電解加工する場合には

$$\alpha = 214 \times 10^{-4}$$

$$C_H = 0.116 \text{ cm}^3/\text{C}$$

$$\gamma c = 1$$

なるを以て(45)式は

$$h_e' = h_e \left(1 + 0.044 E \frac{\rho_H}{1 - \rho_H} \right) \frac{2(1 - \rho_H)}{2 + \rho_H} \quad (46)$$

(2) 円板電極の場合

円板電極の半径を R (cm), 中心からの距離を r (cm) とし, 半径が r で厚さが $d\tau$, 高さが h' の筒形の体積素片を考えて, 平行流の場合と同じ計算を行なうと, 式(46)と同じ結果が得られる。しかしこの場合には

$$\rho_H = \bar{r}^2 / (Q / IC_H + \bar{r}^2) \quad (47)$$

となる。ここで $\bar{r} = r/R$ とする。

$$R_d = h'_e \quad (51)$$

$$H_d = h'_e \quad (52)$$

底面においては比電導度の変化に基き、オーバカット H_o (cm) を生ずるが、これは中心部で最大になり

$$H_o \cdot \max = h_e - h'_e \quad (53)$$

側面では電極の露出部による溶解および漂遊電流による溶解のためにオーバカットを生ずる。この場合側面は一般に曲面となるが、図7では2本の直線で近似させる。側面のオーバカットを R_o (cm) とすれば、穴の入口で最大になる。

$$R_o \cdot \max = h'_s - h'_e + \alpha (H - h'_e - b) \quad (54)$$

ただし、 α は漂遊電流による側面の傾き (rad) とする。またすみの丸み半径 A_r (cm) は

$$A_r = h'_e \quad (55)$$

一般に加工精度には形状精度、面精度および繰返し精度があるが、後の2つは加工技術に依存するのでここでは一応論じないことにする。ここで問題になるのは形状精度すなわちオーバカットとすみの丸みである。

3.2 とりしろと加工精度

前節で述べた形状精度が要求を満足しない場合には、電解加工を中間加工とし、さらに適当な最終加工を用いて要求を満足するようにしなければならない。最終加工には手仕上、放電加工および特殊電解加工の3種がある。なお、この場合中間寸法と最終寸法の差がとりしろとなる。一般に、とりしろは加工能率の上からは小さいことが望ましいが、またあまり小さいと形状精度を低下させる。このため最適なとりしろが存在する。よって以下この最適なとりしろと、そのときに得られる形状精度について述べる。

本節で用いた記号は特に断らない限り、前節までに用いたと同じ意に用いる。ただし、(1)中間加工と最終加工の記号を区別する必要がある場合には、後者では下に線を引く。(2)横流法では、入口と出口を in または ex を付して区別する。(3)最大値または最小値には max または min を付す。

3.2.1 手仕上

手仕上には形状の修正能力がないため、前節で述べた形状精度が要求を満足する場合に、さらに面精度を改善するために用いられる。

この場合の切下げ量は式(51)、(52)で与えられ、とりしろは全面に亘って表面の微細なおう突である。このときの形状精度は式(53)、(54)、(56)で与えられる。

3.2.2 放電加工

放電加工を最終加工とすると、現在の放電加工の性能から考えて、加工形状による制限はないが、放電加工時間は総金属除去量に比例するため、とりしろは小さいほどよい。

(a) 抜穴加工 抜穴では側面の精度のみが要求されるので、中間電解加工では正流法のみを考えれば

充分である。

最終加工においては側面のオーバカットを最小にするという条件から、切下げ量は

$$\underline{R_d} = h_d \quad (56)$$

$$\underline{H_d} = 0 \quad (57)$$

ここで、 h_d は放電加工間げき (cm) とする。そのときの最終加工形状は図8のようになる。

中間加工では、送り切り下げ量を便宜上0にとり、かつ中間形状と最終形状が穴の入口で一致するという条件から、中間加工の切下げ量はつぎのようになる。

$$\underline{H_d} = 0 \quad (58)$$

$$\underline{R_d} = h'_s + \alpha(H - b) - \beta H \quad (59)$$

ここで、 β は二次放電による側面の傾き (rad) とする。

とりしるは側面のみに存在し、入口で0となり、底部で最大となる。

$$\underline{R_r \cdot \max} = \underline{R_d} - h'_e \quad (60)$$

でこの約 $\frac{1}{2}$ が平均のとりしるである。

そのときの形状精度は

$$\underline{R_{o \cdot \max}} = \beta H \quad (61)$$

$$\underline{H_{o \cdot \max}} = h_e \quad (62)$$

$$\underline{A_r} = h_d \quad (63)$$

この底面のオーバカットは工作物には直接関係はないが、裏当金を用いる場合に必要となる。

(b) 底付穴加工 この場合には底面および側面のオーバカットを最小にするという条件から、最終加工の切下げ量は図9に示すように

$$\underline{R_d} = h_d \quad (64)$$

$$\underline{H_d} = h_d \quad (65)$$

中間加工では側面および底面のオーバカットをこれより増大させないという条件から、その切下げ量は

$$\underline{R_d} = h'_s + \alpha(H - h_e - b) - \beta(H - h_d) \quad (66)$$

$$\underline{H_d} = h_e \quad (67)$$

図8 電解—放電(抜穴)

図9 電解—放電(底付穴)

側面のとりしろは入口で0, 底部で最大となり, 底面のとりしろは中心で0, 周辺で最大となり, それぞれ

$$R_{r.\max} = R_d - h'_e \quad (68)$$

$$H_{r.\max} = h_e - h'_e \quad (69)$$

このときの形状精度は

$$R_{o.\max} = \beta (H - h_d) \quad (70)$$

$$H_o = 0 \quad (71)$$

$$A_r = h_d \quad (72)$$

3.2.3 特殊電解加工

中間電解加工では普通直流が用いられ, かつ短絡が発生するため加工間げきを極端に小さくすることができない。この直流であること, 加工間げきが大きなことにより, 加工精度が要求の範囲から外れる場合には, さらに最終加工法として特殊電解加工の採用が考えられる。

ここで言う特殊電解加工とは, 中間電解加工より小さな加工間げき, 中間電解加工とは異なる電極, または直流以外の加工電流を用いる電解加工のことである。

(a) 抜穴加工 抜穴の中間電解加工では正流法が主として用いられるので, これについて述べる。

最終加工では側面のオーバカットを最小にするという条件から, 図10に示すように切下げ量は

$$R_d = h'_e \quad (73)$$

$$H_d = -b \quad (74)$$

最終加工が電解加工のときは, とりしろが多くても加工能率にあまり影響を与えない。したがって中間加工の送り切下げ量を便宜上0にとる。また漂遊電流による溶解によりオーバカットを増大させないという条件から, 中間加工の切下げ量は

$$R_d = h'_e + \alpha (H - b) - \alpha b \quad (75)$$

$$H_d = 0 \quad (76)$$

とりしろは側面のみで, 入口が最小で, 底部が最大となり

$$R_{r.\min} = \alpha (H - b) \quad (77)$$

$$R_{r.\max} = R_d - h'_e \quad (78)$$

このときのオーバカットは

$$R_{o.\max} = \alpha H \quad (79)$$

図10 電解 - 電解 (抜穴)

$$H_{o.\max} = \underline{b} + \underline{h}_e \quad (80)$$

(b) 底付穴加工 底付穴の最終加工に電解加工を用いる場合には、底面の形状により正流法のみならず横流法が用いられることがある。さらに中間加工と最終加工の液の流し方は同一にするのが有利である。したがって以下正流法と横流法の2つの場合について述べる。

(i) 正流法 この場合の最終形状は $\underline{h}_e$ が小さいことを除けば、図7と全く同様になる。よって図11から最終加工の切下げ量は

$$\underline{R_d} = \underline{h}'_e \quad (81)$$

$$\underline{H_d} = \underline{h}'_e \quad (82)$$

底面のオーバカットは最終加工において、底面の加工間げきが平衡に達するときに最小になる。この条件では中間加工の送り切下げ量は

$$H_d = m\underline{h}_e \quad (83)$$

ここで、 $m=5\sim6$ にとれば充分である。

最終加工で漂遊電流による溶解により、側面のオーバカットが増大しないという条件から、中間加工の電極切下げ量は

$$R_d = h_s + \alpha(H - m\underline{h}_e - \underline{b}) - (\underline{h}'_s - \underline{h}'_e) \quad (84)$$

側面のとりしろは入口部で

$$R_{r.\min} = \underline{\alpha}(H - \underline{h}'_e - \underline{b})$$

底面のとりしろは中心部で

$$H_{r.\min} = (m+1)\underline{h}_e - \underline{h}'_e - h_e \quad (86)$$

この場合の形状精度は

$$H_{o.\max} = \underline{h}_e - \underline{h}'_e \quad (87)$$

$$R_{o.\max} = \underline{h}_s + \underline{\alpha}(H - \underline{h}'_e - \underline{b}) - \underline{h}'_e \quad (88)$$

$$A_r = \underline{h}'_e$$

図11 電解 - 電解 (底付穴 正流法)

(ii) 横流法 最終形状において底面および側面のオーバカットを最小にするという条件から、図12に示すように、電極形状および送り切下げ量が定まる。この場合には電極の取付けを偏心にする必要がある。

$$\underline{B}_{l.in} = \underline{h}_e \quad (89)$$

$$\underline{B}_{l.ex} = \underline{h}'_e \quad (90)$$

$$\underline{H_d} = \underline{h'_e} \quad (91)$$

$$O_e = \frac{1}{2} (\underline{h_e} - \underline{h'_e}) \quad (92)$$

ここで、 B_d は電極片側切下げ量(cm)、 O_e は電極取付け偏心量(cm)とする。

中間加工の送り切下げ量は(i)と同様に最終加工で底面の加工間けきが平衡に達することが必要なことから

$$H_d = m \underline{h_e} \quad (93)$$

中間加工では、電極を偏心に取付けても加工を複雑にするだけで利益が期待できないので、電極の取付けは偏心にしない。よって液の流入側で求めた切下げ量を流出側にもそのまま適用する。(i)と同様に、最終加工の漂遊電流による溶解が流入側のオーバカットを増大させないという条件から

$$R_d = h_s + \alpha (H - m \underline{h_e} - \underline{b}) - (\underline{h_s} - \underline{h_e}) \quad (94)$$

側面のとりしろは入口および出口で極小になる。いま幅方向のとりしろを B_r (cm) とすると

$$B_{r.in} = \underline{\alpha} (H - \underline{h'_e} - \underline{b}) \quad (95)$$

$$B_{r.ex} = (\underline{h_e} - \underline{h'_e}) + (\underline{h_s} - \underline{h_s}) - (\underline{h'_s} - \underline{h'_s}) + \alpha (H - \underline{h'_e} - \underline{b}) \quad (96)$$

底面のとりしろは場所によって異なるが、流入側で代表させると

$$H_{r.in} = (m+1) \underline{h_e} - \underline{h'_e} - h_e \quad (97)$$

この場合の形状精度は、幅方向オーバカットを B_o とすれば

$$B_{o.in} = (\underline{h_s} - \underline{h_e}) + \underline{\alpha} (H - \underline{h'_e} - \underline{b}) \quad (98)$$

$$B_{o.ex} = (\underline{h'_s} - \underline{h'_e}) + \underline{\alpha} (H - \underline{h'_e} - \underline{b}) \quad (99)$$

また底面のオーバカットは流入側で最大となり

$$H_{o.max} = \underline{h_e} - \underline{h'_e} \quad (100)$$

また

$$A_{.ex} = \underline{h'_e} \quad (101)$$

$$A_{.in} = \underline{h_e} \quad (102)$$

4. む す び

電解加工において加工間けきは加工精度を左右する重要な因子であると共に電極修正の基礎になる。よって本報告では加工間けきに関する理論式を導いた。

図12 電解—電解（底付穴、横流法）

つぎにこの理論式を用い、中間加工から最終加工に至る最適なとりしろを定め、その場合の形状精度を明らかにした。

文 献

- 1) 伊東：電解加工における加工間げき，放電加工技術，第19号（1966）5.
- 2) 伊東：加工間げきに及ぼす気泡率と液温の影響，第47回電気加工研究会資料（其の1）（昭42-4）1.
- 3) H. Fricke, : A mathematical treatment of the electric conductivity and capacity of disperse systems, Physical Review 24-6 (1924) 575.
- 4) 伊東：電解加工におけるとりしろと加工精度，昭和43年度精機学会春季大会シンポジウム資料（1968）41.

（受付日 昭和43年7月20日）