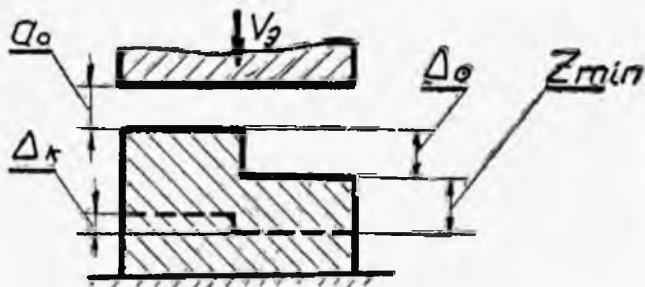


В. П. АЛЕКСАНДРОВ, В. Г. ГОЛОВАЧЕВ,
А. И. ОКУНЕВ, Б. И. ПЕТРОВ,
В. Г. ФИЛИМОШИН

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Процесс копирования катода на аноде или формообразование поверхностей электрохимическим методом может осуществляться с заданной точностью только при определенных соотношениях основных параметров обработки. Эти параметры определяют скорость растворения металла в каждой точке обрабатываемой поверхности.

В данной работе излагается аналитический метод расчета параметров при формообразовании поверхности плоским электродом-инструментом, перемещающимся с постоянной скоростью в направлении обрабатываемой поверхности.



Фиг. 1. Схема обработки поверхности плоским электродом-инструментом. $v_2 = v_{э.х.р.}$; $a_0 = a_y$.

Рассмотрим первый случай, при котором скорость перемещения электрода-инструмента равна скорости электрохимического растворения. Схема обработки представлена на фиг. 1.

Дифференциальное уравнение для данного случая обработки можно записать в следующем виде:

$$-d\Delta = \left(\frac{A}{a_0} - \frac{A}{a_0 + \Delta} \right) dt, \quad (1)$$

где A — характеристика режима обработки $A = C_k \cdot U_0 \cdot \gamma$;
 a_0 — минимальный начальный зазор;
 Δ — погрешность обработки;
 t — время обработки;
 C_k — коэффициент электрохимического растворения;
 U_0 — напряжение на электродах;
 γ — удельная электропроводность электролита.

Интегрируя уравнение (1) от 0 до t и от Δ_0 до Δ_k , получим выражение для расчета времени обработки:

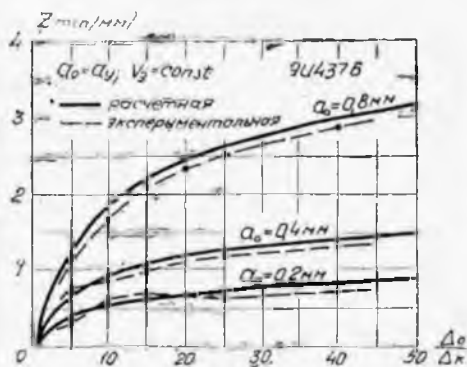
$$t = \frac{1}{v_y} \left(\Delta_0 - \Delta_k + a_y \ln \frac{\Delta_0}{\Delta_k} \right), \quad (2)$$

где: v_y — скорость перемещения электрода-инструмента;
 Δ_0 — начальная погрешность поверхности;
 Δ_k — конечная погрешность поверхности;
 a_y — зазор при равенстве скорости подачи электрода-инструмента и скорости электрохимического растворения
 $a_y = \frac{A}{v_y}$.

Выражение для определения минимально-необходимого припуска под обработку с заданной погрешностью Δ_k будет иметь вид:

$$z_{\min} = a_y \ln \frac{\Delta_0}{\Delta_k}. \quad (3)$$

На фиг. 2 представлены зависимости величин z_{\min} от отношения $\frac{\Delta_0}{\Delta_k}$ для ряда значений минимальных зазоров a_0 . Как видно из графика (фиг. 2) расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными.



Фиг. 2. Зависимость величины минимально-необходимого припуска от отношения начальной погрешности к конечной.

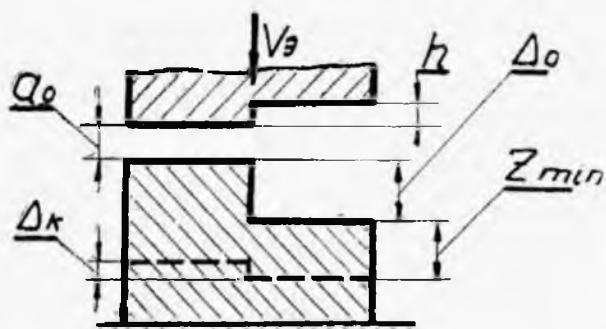
$a_0 = 10,2b$; $k = 10\%$ NaCl; $T = 15^\circ\text{C}$

$$C_k = 0,00155 \frac{\text{см}^3}{\alpha - \text{мин}}$$

Анализ уравнений (2) и (3) показывает, что погрешность формы поверхности Δ_k , равной нулю, без корректирования электрода-инструмента получить электрохимическим методом теоретически невозможно. С увеличением минимального начального зазора a_0 величина минимально-необходимого припуска для получения деталей с заданной точностью растет. Исходя из вышесказанного, одним из путей повышения точности обработки и уменьшения минимально-необхо-

нимого припуска z_{\min} под электрохимическую обработку является корректирование электродов-инструментов.

Рассмотрим схему обработки поверхности корректированным электродом-инструментом (фиг. 3).



Фиг. 3. Схема обработки поверхности корректированным электродом-инструментом. $v_э = v_{э.х.р.}$; $a_0 = a_y$.

Выражение для определения времени обработки в этом случае имеет вид:

$$t = \frac{1}{v_э} \left(\Delta_0 - \Delta_k + a_y \ln \frac{\Delta_0 + h}{\Delta_k + h} \right), \quad (4)$$

где h — величина коррекции электрода-инструмента.

Соответственно выражение для определения минимально-необходимого припуска под обработку будет иметь вид:

$$z_{\min} = a_y \ln \frac{\Delta_0 + h}{\Delta_k + h}. \quad (5)$$

Величина корректирования электрода-инструмента определяется из уравнений:

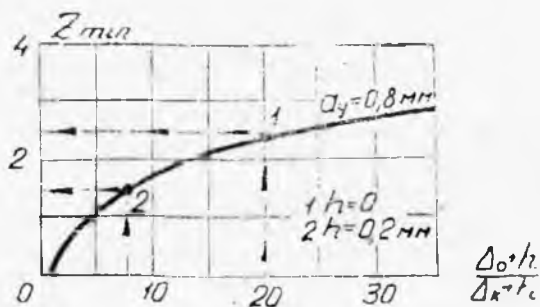
$$h = \frac{\Delta_0 - \Delta_k e^{\frac{z_{\min}}{a_y}}}{e^{\frac{z_{\min}}{a_y}} - 1} \quad \text{при } \Delta_k \neq 0 \quad (6)$$

$$h = \frac{\Delta_0}{e^{\frac{z_{\min}}{a_y}} - 1} \quad \text{при } \Delta_k = 0. \quad (7)$$

На фиг. 4 представлена зависимость, характеризующая влияние величины корректирования электрода на z_{\min} при $a_0 = a_y = 0,8$ мм. Анализ уравнений (4), (5), (6) и (7) показывает, что применение корректированных электродов-инструментов позволяет резко сократить минимально-необходимый припуск и получить (теоретически) погрешность обработки Δ_k равную нулю.

Рассмотрим второй случай, при котором скорость перемещения

электрода-инструмента больше скорости электрохимического растворения (фиг. 5). Для данного случая время обработки и минимально-необходимый припуск, потребный для выравнивания поверхности от начальной погрешности Δ_0 до конечной, определяются следующими уравнениями:

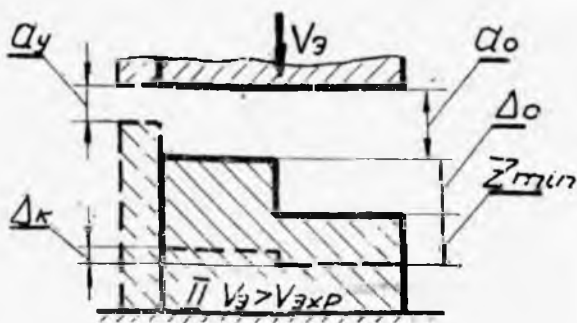


Фиг. 4. Зависимость величины минимально-необходимого припуска от отношения начальной погрешности к конечной при корректированном электроде-инструменте.

$u_0 = 10,2 \text{ в}; k = 10\% \text{ NaCl}; T = 15^\circ\text{C};$

$$C = 0,00135 \frac{\text{см}^3}{\text{а}-\text{мин}}$$

Обрабатываемый материал - ЭИЧ37Б.



Фиг. 5. Схема обработки поверхности плоским электроде-инструментом. $v_э > v_{э,х.р}; a_э > a_y$.

а) При некорректированном электроде-инструменте:

$$t = \frac{1}{v_э} \left(\Delta_0 + a_0 - a_y - \Delta_k + a_y \ln \frac{\Delta_0 + a_0 - a_y}{\Delta_k} \right);$$

$$z_{\min} = a_y \ln \frac{\Delta_0 + a_0 - a_y}{\Delta_k}$$

б) При корректированном электроде-инструменте:

$$t = \frac{1}{v_э} \left(\Delta_0 + a_0 - a_y - \Delta_k + a_y \ln \frac{\Delta_0 + a_0 - a_y + h}{\Delta_k + h} \right)$$

$$z_{\min} = a_y \ln \frac{\Delta_0 + a_0 - a_y}{\Delta_k - h} \cdot h, \quad (11)$$

$$h = \frac{\Delta_0 + a_0 - a_y - \Delta_k e^{\frac{z_{\min}}{a_y}}}{e^{\frac{z_{\min}}{a_y}} - 1} \quad (12)$$

и при $\Delta_k = 0$

$$h = \frac{\Delta_0 - a_0 - a_y}{e^{\frac{z_{\min}}{a_y}} - 1} \quad (13)$$

В третьем случае обработки, когда скорость подачи электрода инструмента меньше скорости электрохимического растворения, уравнения для определения времени обработки и минимально необходимого припуска имеют вид:

$$t = \frac{1}{v_s} \left(\Delta_0 - a_0 + a_y + \Delta_k + a_y \ln \frac{\Delta_0 - a_y - a_0}{\Delta_k} \right). \quad (14)$$

$$z_{\min} = 2(a_y + \Delta_k - a_y) + a_y \ln \frac{\Delta_0 - a_y - a_0}{\Delta_k}. \quad (15)$$

Изложенные выше результаты исследований справедливы для формообразования поверхностей плоским электродом. Однако они могут быть использованы и при обработке сложных поверхностей.