

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ РАСТВОРА НА ПРОЦЕСС ХИМИЧЕСКОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Проф. Ковчур С.Г., доц. Ольшанский В.И., инж. Масалов С.А. (ВГТУ)

В настоящее время, наряду с механической обработкой металлов, широкое применение нашли способы химического фрезерования [1]. При этом, несмотря на сравнительно низкую скорость удаления поверхностного слоя металла (до 0.1 мм/мин), химическое фрезерование позволяет обработать детали, практически, любых размеров, обеспечить хорошее качество при низкой стоимости оборудования и вспомогательных материалов. Наиболее эффективно применение химического фрезерования при обработке литевых материалов, деталей приборов, деталей из прессованных профилей.

Все виды химического фрезерования можно разделить на две большие группы: сплошное и контурное. Сплошное химическое фрезерование применяется для удаления лишнего металла с отливок поковок, деталей, полученных методом прессования. Выдерживая такие детали в агрессивном растворе, можно добиться высокой точности размеров. Сплошное химическое фрезерование производят погружением деталей в ванну с агрессивным раствором или заполнением полостей деталей. При этом раствор для интенсификации процесса может быть подвергнут принудительному перемешиванию. Сплошное химическое фрезерование дает возможность обрабатывать крупногабаритные изделия при невысокой стоимости оборудования. При использовании оптимальных щелочных и кислотных растворов этот способ оказывается самым выгодным. Основными недостатками способа являются трудности отвода тепла и шлама от обрабатываемых поверхностей.

При контурном (избирательном) химическом фрезеровании участки деталей, которые не должны подвергаться воздействию агрессивной Среды, предварительно покрываются защитным слоем химически стойкого материала. Контурное фрезерование производят погружением, наливанием, обливанием протоком, струйным и кессонным способами [1]. При этом можно вести сквозное, ступенчатое и клиновое химическое фрезерование деталей.

Рассмотрим процесс химического фрезерования в зависимости от режимов движения агрессивного раствора. Одним из основных условий, характеризующих способность образованного первичного слоя продуктов реакции тормозить дальнейшее снятие металла, будет распределение его по контактирующей поверхности металла и толщине ламинарного пограничного слоя. Здесь возможны пять характерных зон взаимодействия подаваемого раствора с обрабатываемой поверхностью.

Первая зона - зона вязкого сопротивления движения раствора. Она охватывает случаи ламинарного режима движения раствора. Толщина ламинарной пленки может быть определена следующим выражением [2]:

$$\delta = \frac{30 \cdot r}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}}, \quad (1)$$

где  $r$  - гидравлический радиус;  $r = W/P$ ;

$W$  - площадь поперечного сечения обрабатываемой детали;

$P$  - смоченный периметр детали;

$\text{Re}$  - критерий Рейнольдса. В общем случае  $\text{Re} = V \cdot r / \nu$ ;

$V$  - скорость движения раствора;

$\nu$  - кинетическая вязкость;

$\lambda$  - коэффициент гидравлического трения раствора

$$\lambda = 64 / \text{Re} \quad (2)$$

Учитывая, что скорость снятия металла равна скорости диффузии свежих агентов агрессивного раствора, можно записать

$$\frac{dy}{d\tau} = K_d \cdot \frac{C}{\delta}, \quad (3)$$

Интегрируя, получим, что толщина снимаемого слоя в этой зоне равна

$$y = \frac{K_d \cdot C}{\delta} \cdot \tau, \quad (4)$$

где  $K_d$  - коэффициент диффузии;

$C$  - концентрация агрессивного раствора во внешнем потоке;

$\tau$  - время химического фрезерования;

$\delta$  - толщина ламинарной пленки, определяемой по формуле (1).

Учитывая формулу (1), получим основное соотношение между константами химической реакции и скорости подачи раствора. Для различных режимов движения подаваемого раствора

$$y = \frac{K_p \cdot C \cdot Re \cdot \sqrt{\lambda}}{30 \cdot r} \cdot \tau \quad (5)$$

или

$$y = \frac{K_p \cdot C \cdot V \cdot r \cdot \sqrt{\lambda}}{30 \cdot r} \cdot \tau,$$
$$y = \frac{K_p \cdot C \cdot V \cdot \sqrt{\lambda}}{30} \cdot \tau \quad (6)$$

Зона II - переходная между ламинарным и турбулентным режимами.

$$2000 \leq Re \leq 4000$$

Для этой зоны  $\lambda$  определяется по формуле Н.З. Френкеля [2]:

$$\lambda = \frac{27}{Re^{0.33}} \quad (7)$$

Зона III - зона гладкостенного сопротивления

$$4 \cdot 10^3 < Re < 10^5.$$

Для этой зоны  $\lambda$  можно определять по формуле Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0.3164}{Re^{0.25}} \quad (8)$$

При  $Re > 10^5$  может быть использована формула Коеакова

$$\lambda = \frac{1}{(1.8 \lg Re - 1.5)^2} \quad (9)$$

При  $2.3 \cdot 10^3 < Re < 8 \cdot 10^5$  можно применить формулу Всесоюзного технического института (ВТИ)

$$\lambda = \frac{1.01}{(\lg Re)^{2.5}} \quad (10)$$

При  $Re > 5 \cdot 10^3$  пользуются формулой Филоненко

$$\lambda = \frac{0.55}{\left(\lg \frac{Re}{8}\right)^2} \quad (11)$$

Зона III и последующие зоны охватывают случаи турбулентных режимов движения подаваемого раствора, но с различной степенью турбулентности. Так, например, в зоне IV выступы шероховатости в отличие от предыдущих зон начинают обнажаться и выходить за пределы ламинарной пленки. Для этой зоны  $2300 < Re < 218 \tau/\Delta$ , с учетом шероховатости  $\Delta$ , для определения  $\lambda$  можно рекомендовать формулу Альтмуля

$$\lambda = 0.1 \cdot \left( \frac{\Delta}{r} + \frac{100}{Re} \right)^{0.25} \quad (12)$$

Зона V - зона квадратичного сопротивления. В этой зоне ламинарная пленка разрушается, выступы шероховатости обнажаются и омываются турбулентным ядром. Нижней границей этой зоны является

$$Re \cong \frac{560}{\frac{\Delta}{r}}$$

Для определения  $\lambda$  в этой зоне можно рекомендовать формулу Н.Н. Павловского и И.И. Агроскина:

$$\lambda = \frac{8 \cdot g}{C^2} \quad (13)$$

где  $C = \frac{1}{n} \cdot r^y$ ,

$n$  - коэффициент шероховатости;

$g$  - гидравлический радиус;

$y$  - показатель степени

$$y = 2.5 \cdot \sqrt{n} - 0.13 - 0.75 \cdot \sqrt{r} \cdot (\sqrt{n} - 0.1) \quad (14)$$

или для приближенных расчетов

$$y \cong 1.5 \cdot \sqrt{n} \quad (\text{при } r < 1 \text{ м})$$

$$y = 1.3 \cdot \sqrt{n} \quad (\text{при } r > 1 \text{ м}).$$

Анализируя уравнение (6) можно отметить, что при известном коэффициенте диффузии  $K_d$  и концентрации раствора  $C$ , толщина снимаемого слоя  $y$  зависит от скорости подачи агрессивного раствора  $V$  и времени фрезерования  $\tau$ . Следовательно  $y=f(V, C, \tau)$ . Варьируя факторами  $V, C, \tau$ , можно определить значение толщины слоя при химическом фрезеровании, обеспечивающем необходимое качество изделия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьминов С.С., Лапин А.М., Ковчур С.Г. Химическое фрезерование.- Мн.: Вышэйшая школа, 1973.
2. Вильнер Я.М., Ковалев Д.Т. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам.-Мн.: Вышэйшая школа, 1976.