

УДК 621.09.047

МЕХАНИЗМ КОМБИНИРОВАННОЙ
ЭЛЕКТРОХИМИКОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ
ЩЕЛЕВЫХ КАНАЛОВ

А.О. Родионов (ВГТУ)

Щелевые каналы и прерывистые рабочие поверхности (рис. 1) характерны для ответственных деталей наукоемких транспортных систем, типовыми представителями которых являются щелевые форсунки, плунжеры, гильзы, золотники, роторы насосов, крыльчатки и т.п. Они имеют очень жесткие требования по точности и шероховатости, в том числе по характеру микропрофиля: величина скругления кромок в месте прерывания рабочей поверхности не должна притуплять угла без наличия заусенцев. Характер их эксплуатации зачастую осложнен нестационарными вибрациями и температурными циклическими воздействиями в области высоких давлений рабочей среды [1].

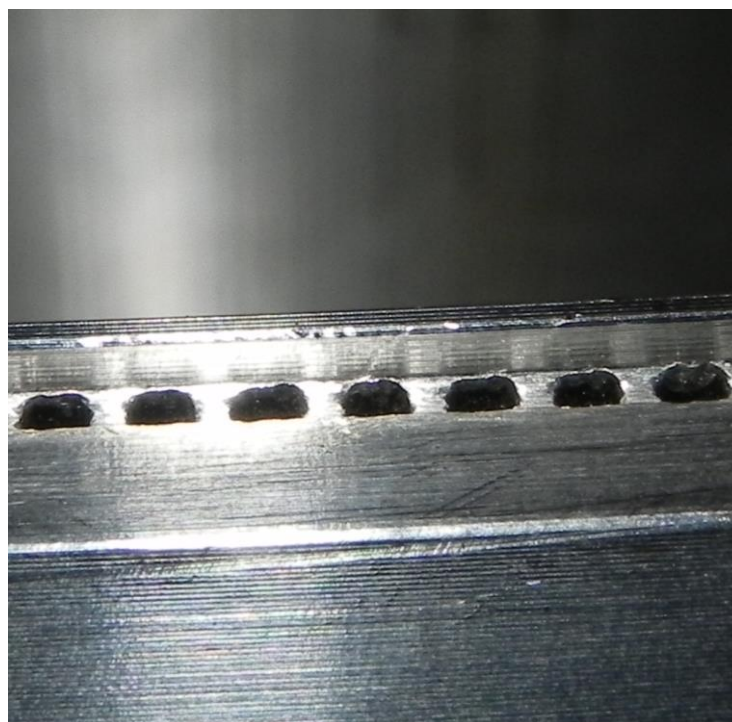


Рисунок 1 – Элемент системы охлаждения с мелкогабаритными щелевыми каналами

Мелкогабаритные щелевые каналы в настоящее время получают в цельных заготовках различными методами: традиционной лезвийной обработкой, прошиванием на электроэрозионных, электрохимических станках и электронным

лучом, а также с использованием комбинаций из различных способов формообразования.

Такие детали часто изготавливают из литых или штампуемых труднообрабатываемых износостойких жаропрочных и коррозионностойких материалов. При обработке мелкогазовых каналов в десятые доли миллиметра особая сложность возникает при использовании традиционных средств металлообработки и контроля показателей качества поверхности, а также ее геометрии при профилировании канала в процессе изготовления таких деталей.

Наиболее широкое распространение получил метод обработки газовых каналов сочетающий в себе электроэрозионную обработку, позволяющую получить предварительный канал и последующую электроэрозионную доводку. Однако при малых сечениях протяженных газовых каналов сложного профиля не удается получить стабильного микропрофиля поверхности. Так же после обработки требуется очень трудоемкий и дорогостоящий контроль обеспечения заданных эксплуатационных показателей деталей с газовыми каналами. Контроль проводится после окончательного изготовления деталей при параметрических испытаниях на специальных проливочных стендах (рис. 2) в составе агрегата или отдельно с последующей индивидуальной доработкой.



Рисунок 2 – Проливочный стенд для испытания деталей с газовыми каналами

Для решения этой задачи исследователями был предложен новый способ комбинированной электрохимикоабразивной обработки щелевых каналов низкоконцентрированной абразивно-жидкостной средой с наложением электрического тока.

Сущность способа состоит в прохождении потока токопроводящей абразивонасыщенной жидкости низкой концентрации через обрабатываемые каналы. На технологическую систему наложен ток низкого напряжения (4-8 В) и она выдерживается при определенном режиме время до получения заданного расхода при постоянном давлении жидкости.

Обработка потоком жидкости с абразивом позволяет исправлять локальные погрешности формы, так как абразив активнее работает в местах уменьшения условного прохода и снимает материал именно в этих местах, нуждающихся в дополнительном снятии материала. Электрохимическое же воздействие интенсифицирует процесс механического снятия материала с микровыступов, сокращая время обработки.

При механическом контакте абразивного зерна с выступами снятие материала происходит за счет микрорезания и производительность процесса зависит от концентрации, ориентации, размеров гранул и профиля канала. В случае анодного растворения усилие контакта будет снижаться за счет жидкостной и оксидной пленок между заготовкой и гранулой, а также вследствие анодного растворения вершин неровностей [1] на поверхности в местах контакта с гранулой, что снижает сопротивление трения.

Схема контакта гранул обрабатывающей среды с поверхностью канала показана на рисунке 3, анализ которого показывает, что для обеспечения удаления припуска при механическом контакте необходимо следующее:

– сила сопротивления трения F_C должна быть меньше напора потока рабочей среды $F_{ЛРС}$;

– ориентированная по потоку результирующая сила сопротивления F_{Ca} зависит от угла наклона касательной α к волнистости микропрофиля по длине образующей канала и требует адаптивной стабилизации потока токопроводящей жидкости с абразивом соответствующей объемной концентрации;

– сила нормального давления $F_{НП}$ зависит не только от физико-механических условий контакта гранулы с поверхностью, но и от энергии присоединяющихся при соударении других частиц абразива в потоке. Таким образом, силы микрорезания абразивом подчиняются теоретико-вероятностному закону

и с большой степенью точности могут измеряться большей частью экспериментально [2].

В случае использования анодного растворения для известной сила нормального давления $F_{NП}$ в зоне контакта можно найти результирующее усилие сопротивления $F_{Cα}$:

$$F_{Cα} = l_x \cdot F_{NП} z_{ан} \left(1 + \frac{f}{tgα} \right) k_{пр}, \quad (1)$$

где l_x – длина образующей канала; f – коэффициент трения; $z_{ан}$ – припуск на анодное растворение; $k_{пр}$ – коэффициент контактного присоединения гранул ($k_{пр} = 1,05-1,1$ в зависимости от концентрации абразива).

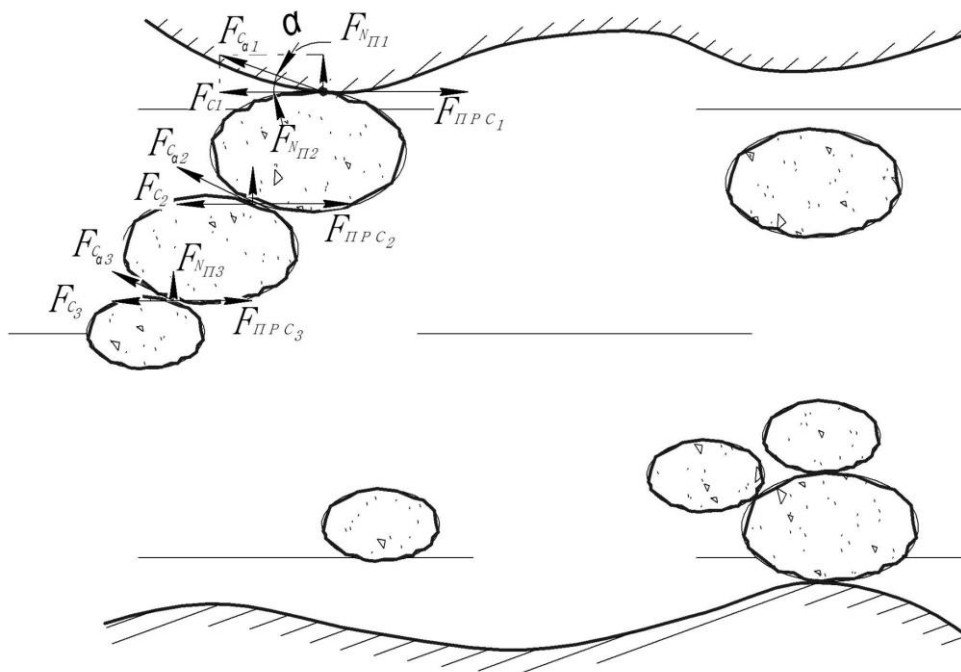


Рисунок 3 – Схема контакта гранул обрабатывающей среды с поверхностью канала

Время $t_{пр}$ удаления припуска Z зависит от скорости перемещения гранул $v_{г}$ и их диаметра $d_{г}$. При достаточно высокой концентрации гранул

$$t_{пр} \approx d_{г}/v_{г}. \quad (2)$$

Для различных групп материалов коэффициент, учитывающий возрастание скорости анодного растворения при соударении, изменяется в пределах $K_{ан} = 1,25-1,6$.

Тогда средняя скорость V_{cp} съема материала составит

$$V_{cp} = \frac{Z}{t_{np}} \cdot K_{анср}, \quad (3)$$

где Z , t_{np} определяются из (2), (3). Полученные зависимости позволяют получать оптимальные режимы удаления припуска с помощью анодного растворения.

Для проведения экспериментальных исследований по комбинированной обработке щелевых каналов установка для электрохимической доводки была модернизирована и встроена в проливочный стенд для замера расходных характеристик. Сущность работы такой технологической системы, заключается в следующем:

- перед началом электрохимической обработки с добавлением абразивного наполнителя производят замер расхода жидкости через проточное отверстие;
- для проведения комбинированной обработки заполняют магистраль токопроводящей жидкостью с добавлением абразива и включают установку для комбинированной обработки, по истечении расчетного времени установку выключают и проводят промывку системы.

После проведения обработки необходим контрольный замер расхода. При отклонении значений полученного расхода от заданных значений проводят повторную комбинированную обработку на скорректированных режимах.

Замер расхода проходящего через отверстие электролита при электрохимической обработке позволяет контролировать массовый расход жидкости и при достижении нужного показателя прекращать прокачку электролита. Это обеспечит получение канала с точным, заранее установленным расходом. Сочетание в одном процессе двух видов воздействий – механико-абразивной и электро-химической с одновременным замером расхода абразивонасыщенного электролита позволяет одновременно обеспечивать требуемую геометрическую форму сечения отверстия, необходимую шероховатость и заданный расход. За счет изменения концентрации абразива и напряжения тока можно управлять процессом формирования микрогеометрии поверхности с заданными характеристиками.

Таким образом, создана новая технологическая схема оборудования для

объединения комбинированного процесса и методов контроля расходных характеристик проточных поверхностей с патентованием части технических решений, что дает возможность существенного сокращения сроков и трудоемкости технологической доводки новой техники.

Библиографический список

1 Сухочев, Г. А. Технологические возможности комбинированной обработки в обеспечении расходных характеристик деталей с мелкогабаритными проточными каналами [Текст] / Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев, А. О. Родионов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2013. – № 7. – С. 45-48.

2 Небольсин, Д. М. Исследование режимов комбинированной обработки внутренних поверхностей [Текст] / Д. М. Небольсин, Г. А. Сухочев, С. Н. Коденцев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – ВГТУ. – Воронеж, 2011. – Том 7– № 4. – С. 44-47.