

Механизм упрочнения при ПВ ТМО зависит от комплекса структурных факторов. Основными из них являются: создание дефектов кристаллического строения и особой структуры аустенита, что обуславливает его упрочнение и наследуется мартенситом; образование мелкодисперсной мартенситной структуры с различной ориентацией ее элементов; увеличение плотности дислокации: создание на поверхности сжимающих напряжении первого рода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабук, В.В., Бернштейн, М.Л., Яковлев, Т.М. Влияние термомеханической обработки стали на сопротивление изнашиванию // Вестник машиностроения.- 1966.- №7.- с.С.67-69.
2. Таратута, Л.И., Сверчков, Л.А., Прогрессивные методы ремонта машин.- Мн.: Ураджай, 1975.- 344с.
3. Беляев, Г.Я., Сакович, Н.А. Триботехнические свойства металлопокрытий, упрочненных поверхностной термомеханической обработкой // Машиностроение. – Мн., 2000. – Вып.16. – С.149-153.

УДК 621.923.7

Синькевич Ю.В., Беляев Г.Я., Янковский И.Н., Киселева Н.А.

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ ПОЛИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ОТВЕРСТИЙ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

По мере всестороннего развития машиностроения, организации новых отраслей по производству машин и оборудования различного технологического назначения номенклатура деталей с точными отверстиями быстро расширяется. Особую сложность вызывает обработка глубоких отверстий малого диаметра (менее 3 мм). Обработка отверстий в деталях производится сверлением, зенкерованием, развертыванием, растачиванием, протягиванием, фрезерованием. Для чистовой обработки применяют внутреннее шлифование, хонингование, притирку, раскатывание роликами и шариками, дорнование. Чистовым шлифованием обеспечивается точность размеров отверстий IT6...IT7, шероховатость поверхности $Ra=0,4...3,2$ мкм; притиркой – IT4...IT5 при шероховатости $Ra=0,1...1,6$ мкм. Аналогичную чистоту отверстий обеспечивает хонингование, при этом точность размеров соответствует IT5...IT6. Меньшую шероховатость поверхности можно обеспечить поверхностным пластическим деформированием.

Однако ряд недостатков механических методов получения отверстий делает их неприменимыми для обработки отверстий малых диаметров (менее 3 мм) с жесткими требованиями к точности и качеству обрабатываемых поверхностей. Так, например, при обработке отверстий осевым лезвийным инструментом наблюдается копирование погрешностей профиля режущего инструмента на обрабатываемое отверстие. В связи с этим ужесточаются требования к качеству изготовления и контроля режущего инструмента, что непременно приводит к удорожанию выполняемой операции. К недостаткам обработки точных глубоких отверстий механическими способами относится также пониженная жесткость инструмента и сложность подвода СОТС в зону резания [1]. Одним из перспективных способов получения глубоких точных отверстий малого диаметра является метод электроэрозионной обработки [2], у которого на точность обработки оказывают влияние точность изготовления электрода-инструмента и его износ вследствие эрозии.

Перечисленных недостатков лишены методы электрохимической обработки и, в частности, метод электроимпульсного полирования (ЭИП), технология которого основана на

воздействии на обрабатываемую поверхность импульсными электрическими разрядами парогазовой оболочки [3]. К преимуществам технологии ЭИП относятся:

- высокая производительность и стабильность качества обработки;
- отсутствие шаржирования обрабатываемой поверхности;
- полная автоматизация управления и контроля параметров технологического процесса;
- экологическая чистота процесса;
- низкая себестоимость обработки единицы поверхности.

ЭИП в настоящее время широко используется для финишной обработки преимущественно наружных поверхностей деталей погружным способом в стационарных ваннах. Приведенный в работе [4] анализ особенностей формообразования поверхностей показывает, что одним из основных факторов, препятствующих полированию отверстий погружным способом, является затруднительный отвод из зоны обработки газообразных продуктов парогазовой оболочки, что особенно сложно обеспечить при обработке отверстий малого диаметра. ЭИП таких отверстий с заданной точностью размеров погружным способом возможно при отношении диаметра отверстия к его глубине $d/l < 1$.

Согласно [5] повысить качество обрабатываемой поверхности можно за счет образования и подачи в зону обработки пенопарожидкостной смеси. Однако этот способ невозможно применить для обработки точных отверстий малого диаметра из-за того, что при подаче пенообразующей жидкости происходит закупорка отверстия пенопарожидкостной смесью. В результате будет наблюдаться локальное закипание электролита. В таких условиях представляется маловероятным обработать отверстие на всю глубину с обеспечением заданных параметров точности и качества поверхности. Сложность использования данного способа заключается также в необходимости удаления из зоны обработки образующихся шлама и газообразных продуктов.

Перспективным способом финишной обработки точных отверстий является ЭИП методом прокачки электролита через отверстие. Обработка в проточном, циркулирующем по замкнутому кругу электролите имеет ряд преимуществ по сравнению с обработкой изделий в стационарной ванне [6]. Непрерывное обновление электролита около обрабатываемой поверхности улучшает условия отвода из зоны обработки шлама и газообразных продуктов, а также способствует стабилизации теплового режима обработки. Однако обработка изделий в проточном электролите требует применения специального оборудования, изготовление и эксплуатация которого обходится дороже, чем стационарных ванн. Учитывая это, ЭИП в проточном электролите следует применять в тех случаях, когда другой способ обработки не дает положительного результата.

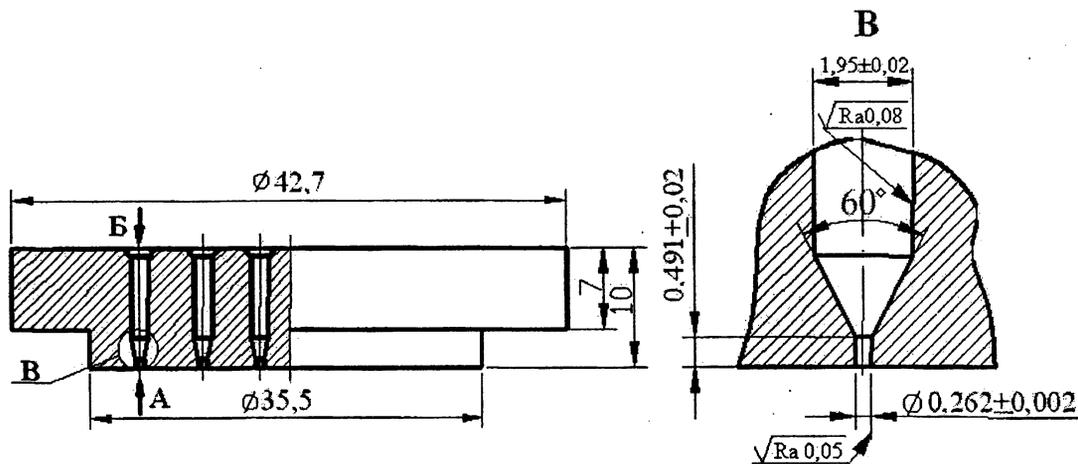


Рисунок 1 – Рядильная фильера

В качестве объекта исследований и анализа перспектив достижения заданных точности и качества поверхности отверстия была выбрана изготовленная из стали SUS 316 прядильная фильера, эскиз которой приведен на рисунке 1.

Целью исследований было повышение качества внутренней поверхности калибрующих отверстий фильеры по сравнению с достигнутыми производителем фильеры показателями. Для опытной обработки было изготовлено специальное приспособление, включавшее в себя два катода, расположенных с обеих сторон фильеры, а также системы подачи электролита и отвода газообразных продуктов. Необрабатываемые поверхности были защищены изоляционными элементами. Обработка отверстий осуществлялась при напряжении от 200 до 340 В в течение от 5 с до 8 мин и температуре электролита от 20 до 80 °С. В ходе экспериментов подача электролита осуществлялась как со стороны калибрующего, так и со стороны подающего отверстий (на рисунке 1 – со стороны А или Б соответственно). Максимальный расход электролита, прокачиваемого через отверстие, рассчитывался по формуле:

$$\frac{d\vartheta}{d\tau} = \frac{U \cdot j \cdot S}{\rho \cdot c \cdot \Delta T},$$

где U – напряжение обработки, В; j – плотность электрического тока, А/м²; S – площадь поверхности калибрующего отверстия, м²; ρ – плотность электролита, кг/м³; c – удельная те-

плоемкость электролита, $\frac{Дж}{кг \cdot K}$; ΔT – перепад температуры электролита на входе в отверстие и выходе из него, К.

Измерение диаметров отверстий до и после обработки производилось на микроскопе прибора ПМТ-3. Учитывая размер калибрующего отверстия и невозможность прямого измерения параметров шероховатости его поверхности, эффективность обработки оценивалась качественно по изменению внешнего вида отверстия. На рисунке 2 представлены фотографии отверстий до и после ЭИП, полученные с помощью оптического микроскопа.

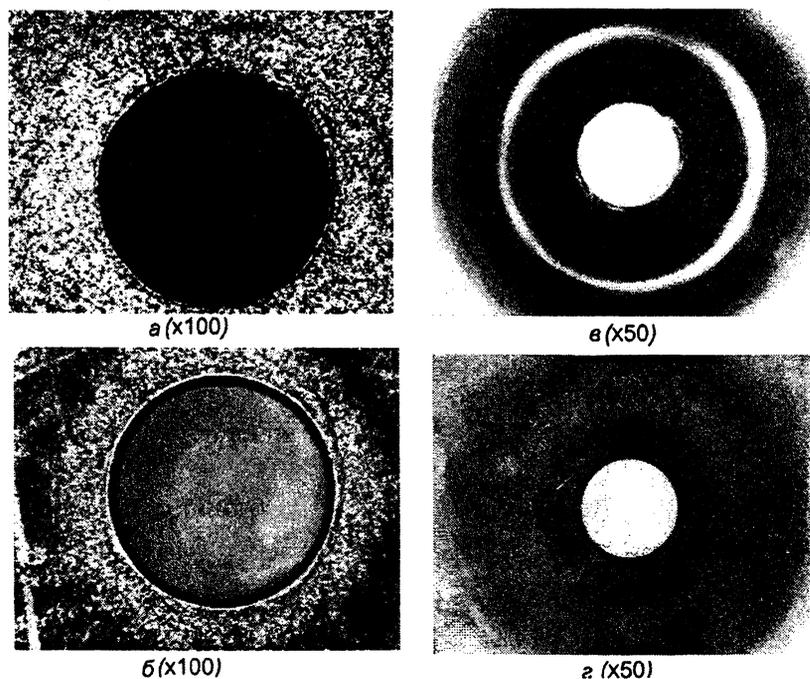


Рисунок 2 – Внешний вид калибрующего отверстия фильеры: со стороны А до (а) и после ЭИП (б) и со стороны Б – до (в) и после ЭИП (г)

На фотографиях отчетливо видны погрешности механической обработки исходного отверстия (Рисунок 2 а, в) – заусенцы и неровный край, что неизбежно создает аналогичные погрешности формы протягиваемой через фильеру детали. Видно, что после ЭИП (Рисунок

2 б, г) заусенцы полностью удалены, шероховатость поверхности отверстия снизилась, о чем можно косвенно судить по увеличению отражающей способности поверхности отверстия (более светлое изображение по сравнению с первоначальным состоянием). Следовательно, можно сделать вывод, что ЭИП позволило повысить качество поверхности калибрующего отверстия по сравнению с достигнутым производителем фильеры.

В таблице 1 приведены результаты измерений диаметров отверстий до и после ЭИП.

Таблица 1 – Результаты измерений

Диаметр калибрующего отверстия, мм												
До ЭИП	0,259	0,261	0,261	0,261	0,263	0,260	0,260	0,260	0,261	0,260	0,261	0,260
После ЭИП	0,260	0,261	0,261	0,261	0,264	0,260	0,263	0,261	0,262	0,261	0,264	0,261

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ЭИП в течение времени, не превышающего 2,5 мин, увеличивает диаметр отверстия максимум на 3 мкм, при этом размеры отверстий соответствуют полю допуска.

В ходе экспериментов было установлено, что точность обработки отверстий при ЭИП зависит от условий электролиза, гидродинамики потока электролита, конструкции катода и способа подачи электролита в рабочую зону. Все эти условия тесно связаны между собой и при разработке технологии их следует рассматривать в едином комплексе. Так, например, при неверном назначении режимов обработки возможно закупоривание отверстия шламом и газообразными продуктами или обратное явление – срыв парогазовой оболочки, приводящий к локальному интенсивному электрохимическому растворению металла и возникновению “ряби” на обработанной поверхности (Рисунок 3).

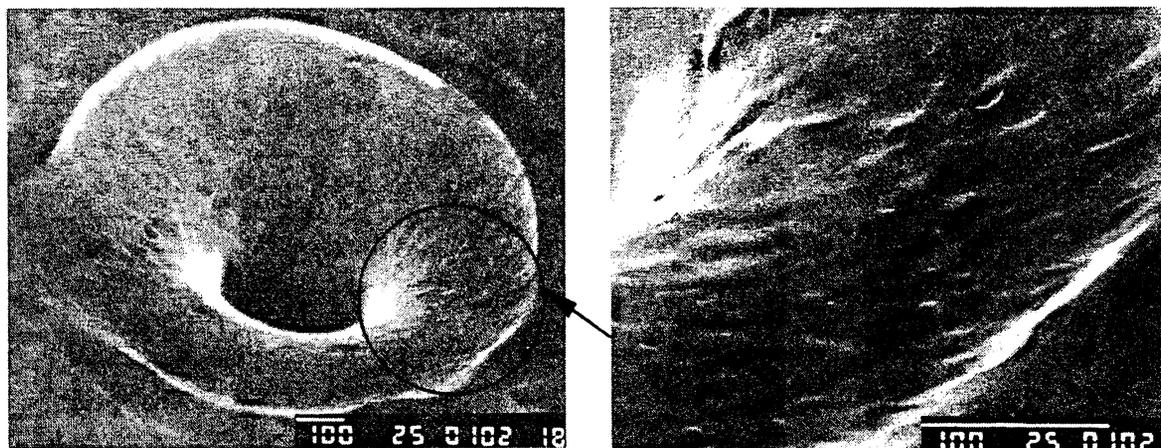


Рисунок 3 – Погрешность формы полированного отверстия

Выводы: 1. В результате проведения серии экспериментов были подобраны оптимальные режимы полирования: скорость прокачки и температура электролита, напряжение и время обработки.

2. Полученные экспериментальные данные доказали, что ЭИП методом прокачки электролита через обрабатываемое отверстие можно использовать для финишной обработки прецизионных отверстий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кирсанов, С.В. Инструменты для обработки точных отверстий. 2-е издание, исправленное и доп. / С.В. Кирсанов [и др.] – М.: Машиностроение, 2005 – 183 с.
2. Новое в электрофизической и электрохимической обработке материалов / Л.Я. Попилова [и др.]; под ред. Л.Я. Попиловой. – Л.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
3. Головкина, Е.Я. Метод электроимпульсного полирования металлов / Е.Я. Головкина [и др.], // Машиностроение / Респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 1988. – Вып. 13. – С. 40-43.
4. Синькевич, Ю.В. Особенности формообразования поверхностей при электроимпульсном полировании / Ю.В. Синькевич [и др.], // Машиностроение. / Респ. межвед. сб. науч. тр. Минск – 2003. – Вып. 19. – С. 119-124.
5. Способ электрообработки: пат. 1425972 А1 СССР, В 23 Н 9/14 / В.Н. Чачин, А.Э. Паршутто, Г.М. Кухаренск, Д.М. Пинский, В.А. Хлебцевич, В.И. Кудашов; заявитель Белорус. политех. ин-т. – № 4098835/31-08; заявл. 25.07.86.
6. Грилихес, С.Я. Электрохимическое и химическое полирование: Теория и практика. Влияние на свойства металлов / С.Я. Грилихес. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

УДК 621.7/9.048.7

Кардаполова М.А., Девойно О.Г., Суханова Е.В.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ И СОСТАВА ЛЕГИРУЮЩЕЙ ОБМАЗКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЛЮМИНИЯ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Алюминий и его сплавы благодаря высокой удельной прочности, тепло и электропроводности, коррозионной стойкости, хорошей обрабатываемости и относительно низкой стоимости находят все более широкое применение в промышленности в качестве конструкционных материалов. Однако возможность широкого использования алюминия и его сплавов для изготовления деталей, работающих в условиях трения, во многих случаях ограничивается вследствие низкой твердости и, соответственно, износостойкости. Поэтому в настоящее время повышение износостойкости алюминиевых изделий, работающих в различных условиях трения, является актуальной проблемой, что связано также с возможностью замены большой номенклатуры стальных и чугунных деталей алюминиевыми для облегчения веса машин и оборудования. Перспективность лазерной технологии для попытки решения задачи поверхностного упрочнения алюминия определяется возможностью превратить в достоинство то свойство алюминия, которое при других методах обработки является основным недостатком – его легкоплавкость; покрытие формируется из частиц высокой твердости, хорошо смачиваемых и перемешивающихся с твердым раствором на основе алюминия. Существующие работы в этой области показывают широкий спектр возможностей, открывающихся при использовании концентрированных источников энергии. [1]

Целью работы является изучение влияния параметров лазерной обработки и состава легирующей обмазки на износостойкость алюминиевых изделий.

Предварительный выбор легирующих компонентов осуществлялся на основании проведенного анализа литературных данных, а также анализа диаграмм состояния двойных систем. [2].

Наибольший эффект упрочнения был получен на алюминии и алюминиевых сплавах при легировании их боридами, в частности боридом железа (FeB). Покрытие имеет ярко вы-