

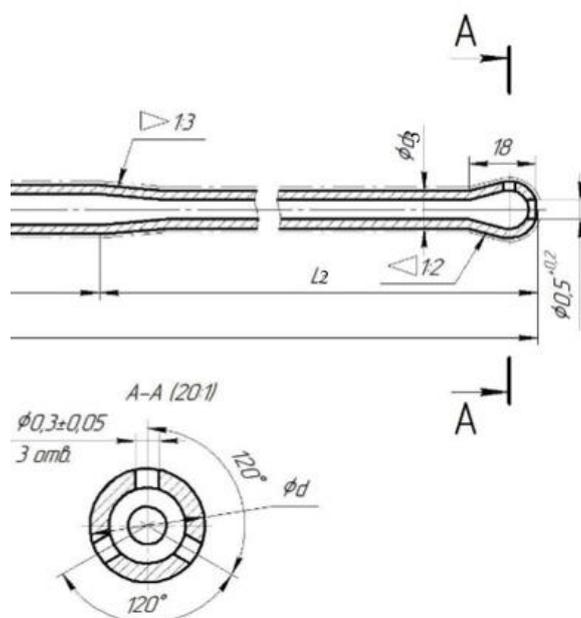
## К ВОПРОСУ О ФОРМИРОВАНИИ МИКРОТВЕРСТИЙ В СФЕРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ КОНЦЕНТРАТОРА МЕДИЦИНСКИХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНОВОДОВ

**Ю.Г. АЛЕКСЕЕВ, ДАЙ ВЭНЬЦИ**

*Инновационный международный центр научно-образовательного и коммерческого сотрудничества «Дело», г. Минск, Республика Беларусь*

*Приводится описание с обоснованием выбора методов и процессов формирования боковых микроотверстий в сферической тонкостенной поверхности концентратора медицинского ультразвукового волновода (КМУВ).*

В сферическом наконечнике КМУВ необходимо сформировать боковые микроотверстия  $d = 0,3 \pm 0,05$  мм (рисунок 1), предназначенные для воздействия кавитационной струей жидкости, как на внутрисосудистое образование, так и на пораженный участок стенки кровеносного сосуда, что позволяет восстанавливать проходимость сосуда с одновременным повышением эластичности сосудистой стенки.



**Рисунок 1. – Чертеж дистальной части КМУВ**

Элементы микрорельефа, выступающие из ламинарного подслоя при турбулентном течении жидкости, вызывают вихреобразование с понижением давления в месте образования вихрей. Таким образом, высокие параметры шероховатости поверхности микроотверстия приводят к более раннему возникновению кавитационных процессов. Поэтому для максимально эффективного воздействия кавитационной струей на внутрисосудистые образования и на сосудистую стенку необходимо обеспечить высокую точность и качество поверхностей формируемых микроотверстий.

Формирование боковых микроотверстий в сферическом наконечнике с высокой точностью является сложной технической задачей в связи с особенностями конструкции КМУВ, обладающего низкой жёсткостью, тонкой стенкой, малыми размерами рабочей части.

В промышленности применяются разнообразные способы получения микроотверстий: механическое сверление, прошивку лазером, электроэрозионную и химическую прошивку, гидроабразивную обработку, а также различные сочетания указанных способов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки.

Метод механического сверления. Получил широкое распространение при производстве печатных плат для электроприборов, которые изготавливаются из легко поддающихся механической обработке полимерных материалов. Возможно получение микроотверстий диаметром до  $d = 0,1$  мм.

Метод гидроабразивной прошивки. В основе технологии лежит принцип эрозионного воздействия потока из смеси высокоскоростной водяной струи, выступающей в качестве носителя, и твердых абразивных частиц, и состоит в отрыве и уносе из полости реза частиц обрабатываемого материала скоростным потоком. При гидроабразивной прошивки не создается разрывов в структуре материала, который таким образом сохраняет свои первоначальные свойства.

Метод лазерной прошивки. Лазерная прошивка позволяет получать отверстия диаметром, соизмеримым с длиной волны излучения, с достаточной точностью. Исследования режимов и способов лазерной прошивки микроотверстий в коррозионноустойчивых сталях подтверждают целесообразность её использования для получения отверстий малого размера, обработка которых должна удовлетворять высоким параметрам по точности и качеству. Преимущества метода: отсутствует механический контакт между инструментом и материалом, а также его поломка и износ; высокая точность позиционирования – размещения отверстия; отверстия могут быть ориентированы в любом направлении; достигается большее отношение глубины к диаметру сверления, чем это имеет место при других способах сверления.

Метод электроэрозионной прошивки (ЭЭО). Широкое применение получил этот метод при обработке изделий из вязких и высокотвёрдых сплавов, имеющих различные полости, щели, отверстия и т.п. Существуют различные приёмы и схемы ЭЭО отверстий малых диаметров: с использованием сплошных стержневых электродов–инструментов из различных материалов; прошивка вращающимся трубчатым ЭИ с прокачкой рабочей среды через внутреннюю полость, так называемая «струйная» электроэрозионная обработка. В процессе обработки образуются частицы (шлам), возникающие при расплавлении материала детали и инструмента, а также разложении рабочей среды, в результате воздействия единичных электрических разрядов. Но на больших глубинах удаление шлама затруднено.

Не смотря на имеющиеся достоинства у выше представленных методов, в тоже время следует отметить:

– механическое сверление требует во время процесса приложения к заготовке силы резания, которая может её деформировать, что не приемлемо при сверлении в нежёстких деталях типа КМУВ;

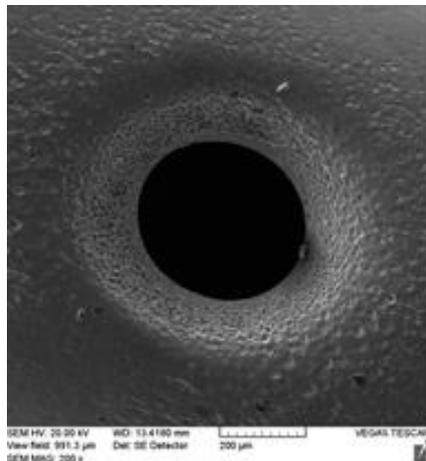
– гидроабразивная резка исключает ее применение для получения отверстий в глухих либо в отверстиях, в которых невозможно обеспечить выход режущего инструмента (водноабразивной смеси) без повреждения поверхности изделия, как в случае обработки КМУВ;

– лазерный метод прошивки, имеет ряд недостатков: низкое качество поверхности, ограничение по толщине материала, высокая зависимость от типа лазера и сложность формирования глухих отверстий;

– струйная электроэрозионная прошивки с использованием трубчатого электрода-инструмента трудно реализуема в нашем случае, ввиду не возможности изготовления инструмента малых размеров.

Альтернативой перечисленным методам является электрохимическая прошивка (ЭХП) с прокачкой электролита между электродом-инструментом и обрабатываемой деталью. В работе [1] показана эффективность электрохимической прошивки микроотверстий в стали 12Х18Н10Т ( $d = 0,46$  мм) с использованием электроэрозионных разрядов в межэлектродном промежутке.

По результатам исследований процесса получения боковых микроотверстий методом ЭХП в дистальной части КМУВ установлены технологические режимы, обеспечивающие высокую стабильность процесса и полное удаление продуктов анодного растворения, и позволяющие выполнять прошивку отверстий диаметром 0,3 мм с высокой точностью размера, правильной формы (рисунок 2) [2].



**Рисунок 2. – Микроотверстие после ЭХП (режимы: диаметр электрода  $D_{эл.} = 0,07$  мм, напряжение  $U = 15$  В, электролит –  $NaNO_3$  25 % с расходом  $V = 60$  мл/мин)**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rakhimyanov, Kh. M. Prospects of combining electro-erosive and electrochemical processes in forming the holes of a small diameter in difficult-to-process materials / Kh. Rakhimyanov, S. Vasilevskaya // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 224. – P. 10–13.
2. Электрохимическая прошивка микроотверстий в сферическом наконечнике трубчатого ступенчатого концентратора-волновода медицинского назначения / Алексеев, Ю.Г., Королёв, А.Ю., Будницкий, А.С., Дай Вэньци // Материалы VIII форума вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства, г. Минск, 29 октября – 01 ноября 2019 г. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 7-8.