

## СОЗДАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ В ДЕТАЛЯХ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Рязанцев А.Ю.<sup>1,2</sup>, Юхневич С.С.<sup>1,2</sup>, Широкожухова А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>АО КБХА, г. Воронеж, [ryazantsev86@rambler.ru](mailto:ryazantsev86@rambler.ru)

<sup>2</sup>Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж

*Ключевые слова: двигатель, отверстие, технология, деталь.*

На сегодняшний день в мировой аэрокосмической отрасли в качестве маршевых двигателей для космических аппаратов основное распространение получили химические ракетные двигатели. Однако требуемое большое количество топлива и предел энергетических возможностей, а также практически достигнутый потолок по коэффициенту полезного действия для двигателей ограничивают использование подобного типа двигателей в околоземных полетах.

Для выполнения полетов в дальний космос, коррекции и стабилизации рабочей орбиты спутников, их выводу с низких на высокие орбиты, разрабатываются перспективные ионные двигатели. Рабочей средой ионного двигателя, чаще всего, является ксенон или ртуть. Реактивная тяга создается благодаря ионизации и разгону в электрическом поле газа. Основным преимуществом ионного двигателя является малый расход рабочего тела, за счет этого увеличивается продолжительность работы двигателя [1].

Высокочастотный ионный двигатель является технически, и особенно технологически, сложным изделием, освоение производства которого требует решения вопросов, связанных с прецизионной обработкой и сборкой ионно-оптической системы, газоразрядной камеры, вопросов эффективной передачи энергии от блока генератора высокой частоты в плазму, обеспечения устойчивости электродов, представляющих собой по сути мембранные конструкции и т.д.

Ионно-оптическая система является технологически и конструктивно наиболее сложным элементом высокочастотного ионного двигателя. Одни из составных частей ионно-оптической системы – это эмиссионный и ускоряющие электроды. В двигателе они представляют собой тонкостенные перфорированные титановые детали.

Механический способ получения каналов является одним из самых распространённых в машиностроении, так как не требует специального оборудования и изготовления дорогостоящих средств технологического оснащения. Следовательно, уменьшается время изготовления деталей, обеспечивается гибкость производственных процессов, что особенно важно в современной технике при освоении новых изделий. Изготовление отверстий выполняется за несколько переходов, в зависимости от материала обрабатываемой заготовки и геометрической формы отверстий. Использование в данном случае станков с числовым программным управлением делает механическую обработку особенно эффективной [2].

На рис. 1, изображён общий вид отверстий эмиссионного электрода ионно-оптической установки высокочастотного ионного двигателя.

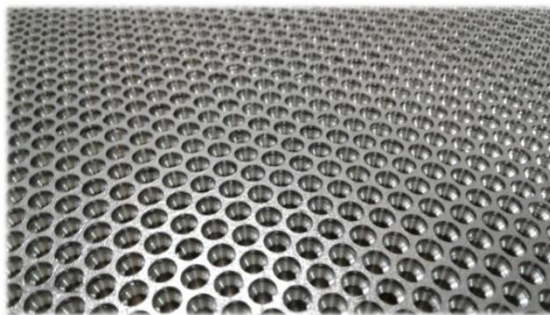


Рис. 1 – Отверстия электрода высокочастотного ионного двигателя

Для перфорации отверстий опытных изделий аэрокосмической отрасли наиболее перспективным видом обработки является механический метод, дающий возможность обеспечить необходимые конструкторские требования к детали, такие как масса и габариты. При этом способ обработки обеспечивает физико-химический состав обрабатываемых материалов и не требует затрат на изготовление средств технологического оснащения, а также приобретения дорогостоящего оборудования. Возможно использование механической размерной обработки для перфорации отверстий в изделиях авиации, космонавтики и других отраслей промышленности, в том числе деталей и сборочных единиц сложной геометрической формы [3].

### Список литературы

1. Ryazantsev A. Yu., Yukhnevich S.S. Use of combined methods of treatment to obtain artificial roughness on the parts surfaces, MATEC Web of Conferences: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (ICMTMTE 2018), 224, 01058 (2018). DOI: [10.1051/matecconf/201822401058](https://doi.org/10.1051/matecconf/201822401058).

2. Научные технологии машиностроительного производства: Физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П. Саушкин, С.Б. Саушкин; под ред. Б.П. Саушкина. М.: Издательство «Форум», 2013. 928 с.: ил. (Высшее образование).

3. Ryazantsev A.Yu., Yukhnevich S.S., Visotskiy V.V. Development and implementation of hole punching technology on spherical surfaces, Materials Today: Proceedings 38 (2021). DOI: [10.1016/j.matpr.2020.09.083](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.083).

### Сведения об авторах

Рязанцев Александр Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, начальник отдела АО КБХА. Область научных интересов: электрофизические методы обработки, технология машиностроения.

Юхневич Сергей Степанович, главный инженер АО КБХА. Область научных интересов: электрофизические методы обработки, технология машиностроения.

Широкожухова Анна Александровна, заместитель начальника отдела АО КБХА. Область научных интересов: электрофизические методы обработки, технология машиностроения.

## CREATION OF PROMISING TECHNOLOGIES FOR PRODUCING HOLES IN THE HIGH-FREQUENCY ION ENGINE PARTS

Ryazantsev A. Yu.<sup>1,2</sup>, Yukhnevich S.S.<sup>1,2</sup>, Shirokozuhova A.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>JSC KBHA, Voronezh, Russian Federation, [ryazantsev86@rambler.ru](mailto:ryazantsev86@rambler.ru)

<sup>2</sup>Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

*Keywords: engine, hole, technology, part.*

The article describes the method of producing holes in the ion-optical system part of the high-frequency ion engine. The presented method makes it possible to obtain small-diameter holes on a large processing area in a short period of time with minimal costs for technological preparation of production. The results of the work contribute to improving the manufacturability of new generations equipment products, which is important for mechanical engineering.