DOI: 10.17117/na.2016.02.02.367

Поступила (Received): 15.02.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.02.02.367.pdf>

**Кунгуров Д.А., Филькин Н.М., Мкртчян А.Ф.
Способ магнитно-абразивного полирования
волноводного канала прямоугольного сечения**

**Kungurov D.A., Filkin N.M., Mkrtchyan A.F.
Method of magnetic abrasive polishing
waveguide channel of rectangular section**

Предложен способ отделочной обработки стенок канала прямоугольной волноводной трубы с целью повышения радиотехнических характеристик волноводных устройств. Способ направлен на достижение наименьших параметров шероховатости поверхности. Эффект достигается полированием стенок канала волновода магнитно-абразивным наполнителем в магнитном поле

Ключевые слова: магнитно-абразивное полирование, волноводный

Кунгуров Денис Андреевич

Аспирант

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова
г. Ижевск, ул. Студенческая, 7

Филькин Николай Михайлович

Доктор технических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова
г. Ижевск, ул. Студенческая, 7

Мкртчян Артем Фурманович

Кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова
г. Ижевск, ул. Студенческая, 7

It provides a method of finishing the processing of the channel walls of the rectangular waveguide tube in order to improve the radio characteristics of waveguide devices. The method aims achieve the smallest surface roughness. The effect is achieved by magnetic abrasive polishing the walls of the channel waveguide magnetic abrasive filler in the magnetic field

Key words: magnetic abrasive polishing, waveguide channel

Kungurov Denis Andreevich

Graduate

Izhevsk state technical university named M.T. Kalashnikov
Izhevsk, Studencheskaya st., 7

Filkin Nikolai Mikhailovich

Doctor of Engineering Sciences, Professor
Izhevsk state technical university named M.T. Kalashnikov
Izhevsk, Studencheskaya st., 7

Mkrtchyan Artem Furmanovich

Candidate of Engineering Science, Associate Professor
Izhevsk state technical university named M.T. Kalashnikov
Izhevsk, Studencheskaya st., 7

Одной из широко используемых линий передачи в радиолокации является закрытый металлический волновод. Параметры передачи и моды строго зависят от формы и размеров сечения канала волновода. Большинство волноводов имеют канал прямоугольного сечения с отношением ширины к высоте 2:1 [1].

Электромагнитная волна, отражаясь от плоских стенок канала, передается вдоль волновода. При этом часть передаваемой энергии волны выделяется в стенках волновода в виде теплоты. Очевидно, что на потери выходной мощности СВЧ-сигналов в протяженном волноводном тракте заметное влияние будет оказывать качество исполнения канала трубы. Высоких радиотехнических характеристик волноводных устройств достигают, например, отделкой канала и (или) покрытием серебром. В результате чего достигается показатель R_a до 0,42 мкм, а с последующим серебрением – R_a до 0,3 мкм [2].

При исследовании технических и патентно-информационных источников определено около 25 возможных способов снижения шероховатости внутренней поверхности прямоугольных труб. Однако известные технологические решения не позволяют эффективно снижать шероховатость внутренней поверхности труб. Решение задач отделки волноводного канала существующими способами затруднено по причине ограниченного доступа к полируемой поверхности и технологической сложности обеспечения кинематики процесса с максимально интенсивным пересечением следов обработки [3]. В этой связи, применение магнитно-абразивного полирования является перспективным, так как магнитно-абразивный наполнитель может находиться в канале любой протяженности, а для осуществления резания необходимы наведение извне магнитного поля и основных движений. Ввиду эластичности наполнителя и регулирования силы его притяжения к стенке канала резание можно вести на уровне микронеровностей поверхности канала, осуществив этим безразмерную обработку.

Известен эффективный способ магнитно-абразивного полирования каналов латунных волноводов, реализующийся по двум схемам [4]. Рассмотрим результаты опыта обработки по схеме без осцилляции. При скорости резания 3 м/мин и магнитной индукции в рабочем зазоре 0,7 Тл за 10 минут обработки канала волновода сечением 5,5×11,0 мм шероховатость поверхности уменьшилась с $R_a = 0,52$ мкм до $R_a = 0,25$ мкм. При этом был удален оксидный слой с поверхности.

В опыте обработки по схеме с осцилляцией при амплитуде осцилляции 12 мм, частоте осцилляции 25 Гц и магнитной индукции в рабочем зазоре 0,1 Тл за 10 минут обработки канала волновода сечением 2,6×5,2 мм шероховатость поверхности уменьшилась с $R_a = 0,45-0,4$ мкм до $R_a = 0,15-0,08$ мкм.

В обоих опытах был использован магнитно-абразивный наполнитель ФАД-9К 315/100 мкм [5].

Способ [4] реализуем только в случае обработки прямоугольных волноводных труб малых сечений. Это обусловлено тем, что с увеличением типоразмера трубы будет увеличиваться расстояние между полюсами, при этом большая часть магнитного потока индуктора будет рассеиваться. И при определенном значении межполюсного расстояния произойдет резкое падение величины магнитной индукции, что приведет к полному прекращению процесса резания.

Для магнитно-абразивного полирования каналов волноводов сечением больше 5,5×11,0 мм предлагается оригинальная схема, представленная на

рисунке 1. Данная схема принципиально отличается от схем способа обработки [4] типом индуктора и кинематикой движений.

Согласно рисунку 1 индуктор на постоянных магнитах 1 диаметром D , располагается на расстоянии рабочего зазора δ от трубы 2 сечением $a \times b$ и вращается с частотой n . Внутри трубы 2 помещен магнитно-абразивный наполнитель 3. При попадании в магнитное поле индуктора 1 наполнителя 3 произойдет его примагничивание к стенке канала. Поля чередующихся полюсов магнитов 4 создадут внутри тела трубы 2 плотные щетки из наполнителя 3 в области между полюсами, где величина магнитной индукции B максимальна. Величина $B = 0,8$ Тл достигается магнитным материалом последнего поколения на основе Nd-Fe-B.

Рис. 1. Схема магнитно-абразивного полирования

Кинематика процесса резания в данной схеме реализуется главным движением – вращением индуктора 1 с частотой n и движением подачи s . При конструировании индуктора следует также учесть, что средний радиус вращения магнитов не должен быть больше размера соответствующего сечения канала волновода – a или b .

Приведенный способ обработки предназначен для магнитно-абразивного полирования волноводного канала прямоугольного сечения более $5,5 \times 11,0$ мм. Принципиально данный способ обработки может быть использован и для других типов деталей при условии, что материал заготовки немагнитный и толщина стенки менее 2 мм. Вместе с тем, представляется возможным процесс очистки поверхностей от оксидных пленок, а также обработка до и после покрытия. Данным способом возможно обрабатывать тонколистовые и фольгированные изделия, располагая заготовку между магнитно-абразивным наполнителем и магнитным индуктором.

Список используемых источников:

1. Справочник по радиолокации. Под ред. М.Скольника. Нью-Йорк, 1970. Пер. с англ. (в четырех томах) под общей ред. К.Н. Трофимова. Т. 2. Радиолокационные антенные устройства. М.: Сов. Радио, 1977, 408 с.
2. Хомич Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография. Мн.: БНТУ, 2006. 218 с.
3. Исследование технологических возможностей магнитно-абразивного и электролитно-импульсного методов для полирования внутренних поверхностей труб: Отчет о НИР (заключ.) Мн., 1988. 23 с.

4. Чачин В.Н. А.с. 1627383 СССР, МКИЗ В24В31/112. Способ магнитно- абразивной обработки внутренних поверхностей немагнитных трубчатых изделий. № 4490808; Заявл. 10.10.85; Оpubл. 15.02.91, Бюл. № 6. 3 с.
5. Хомич Н.С. А.с. 703321 СССР, МКИЗ В24Д3/34. Материал для магнитно-абразивной обработки. № 2447807; Заявл. 28.01.77; Оpubл. 15.12.79, Бюл. № 46. 2 с.

© 2016, Кунгуров Д.А., Филькин Н.М., Мкртчян А.Ф.
Способ магнитно-абразивного полирования
волноводного канала прямоугольного сечения

© 2016, Kungurov D.A., Filkin N.M., Mkrtchyan A.F.
Method of magnetic abrasive polishing waveguide
channel of rectangular section