

Анализ конструкций изделий с дискретно-щелевой структурой и технологий их изготовления

05, май 2013

DOI: 10.7463/0513.0566912

Иванов Д. В.

УДК 621.9. 025; 621.9. 06

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Niikmtp@mx.bmstu.ru

ВВЕДЕНИЕ

Круглопрофильные детали с дискретно-щелевой структурой разнообразны по своей конфигурации, имеют широкий спектр применения в изделиях различного функционального назначения и могут быть получены различными технологическими методами.

Эти технологии могут быть использованы для получения фильтров, демпферов с упруго-диссипативными свойствами, распылителей аэрозоля, для подготовки поверхности плунжеров и валов под нанесение композитных антифрикционных и износостойких покрытий, для получения развитой оребренной поверхности теплообменников, а также для снижения массы корпусов летательных аппаратов при обеспечении их равнопрочности.

Целью работы является оценка существующей технологической базы для получения деталей с дискретно-щелевой структурой.

1 Классификация изделий с дискретно-щелевой структурой и способов их получения

Конфигурация щелевой структуры определяется целым рядом геометрических параметров, от которых зависят функциональные свойства деталей.

В отличие от поверхности с непрерывно-щелевой структурой, поверхность с дискретно-щелевой структурой дискретна и регулярна. Под регулярностью понимается порядок расположения щелей, при котором конфигурация произвольно взятых фрагментов поверхности является идентичной.

В соответствии с приведенной на рис. 1 классификацией анализируются изделия с различными типами дискретно-щелевой структуры, рассматриваются конструктивные особенности изделий, их функциональные возможности, технологические способы получения и области применения.

Классификационными признаками являются: тип структуры по проницаемости, тип щелей, технологии получения. Детали сгруппированы по областям применения. Приведены технологии их получения.

По признаку проницаемости структуры могут быть подразделены на глухие и сквозные. В глухих структурах глубина щели меньше толщины стенки детали, в сквозных глубина щели идентична толщине стенки детали.

2 Детали общемашиностроительного применения

Детали общемашиностроительного применения (рис. 1 а) с глухими или сквозными отверстиями типа втулок или сепараторов изготавливаются по точечному типу формообразования, при котором проекция траектории движения инструмента, на поверхность детали вырождается в точку.

Такие детали изготавливают, как правило, сверлением электроэрозионным, электрохимическим или лазерным прошиванием. Технологический процесс состоит из двух технологических переходов: позиционирования инструмента и последующего формообразующего механического или электро- физического воздействия. Последовательная во времени структура технологических переходов ограничивает производительность процесса.

Щелевая перфорация фильтрующих элементов скважин может быть выполнена дисковой фрезой с дозированной подачей в сторону стенки обсадной колонны [1].

3 Фильтроэлементы

Наиболее широкое применение изделия со сквозной структурой нашли в конструкциях щелевых фильтроэлементов (рис. 1 б), являющихся основными комплектующими фильтров для очистки воды, нефтепродуктов и газа.



Рис. 1 Классификация изделий с дискретно-щелевой структурой и способов их получения

Каркасно - проволочные фильтроэлементы компаний ЗАО "ПО СТРОНГ", «Камтехнопарк», ОАО «Тяжпрессмаш» и другие [2-4] представляют собой цилиндрическую конструкцию, из профилированной проволоки треугольного или V-образного сечения, намотанной на стержневой каркас и приваренной к нему.

Наиболее широкое применение детали со сквозной структурой нашли в конструкциях щелевых фильтроэлементов (рис.1 б), являющихся основными комплектующими фильтров для очистки воды, нефтепродуктов и газа.

Для каркасно - проволочных фильтров средняя толщина фильтрации, определяемая шириной щели, образованной между витками намотанной на каркас проволоки, составляет от 65 до 300 мкм и лимитируется технологическими возможностями применяемых методов намотки и сварки.

Скважинность каркасно-проволочных фильтров, определяемая отношением площади щелей к общей площади составляет от 7% до 20%.

Каркасно - проволочные щелевые фильтры применяются в составе обсадных колонн нефтегазодобывающих и водозаборных скважинах.

Противопесочные сетчатые фильтры ООО "Росфин" [5] и ООО "РосПромСервис" используют для предотвращения выноса песка из призабойной зоны в эксплуатационную колонну. Достижимая толщина фильтрации 60 мкм. В качестве фильтрующего элемента используют сетку с ячейкой от 0,08 до 0,4 мм [6, 7].

Каркасные трубы для фильтров изготавливают из полиэтилена, поливинилхлорида, полипропилена, стеклопластика и из других пластмасс. Перфорированные щелевые каркасы треста «Промбурвод» делают из труб сверлением, фрезерованием или термопрокалыванием в них отверстий. Сетчатые и проволочные фильтры на полиэтиленовых каркасах изготавливают впайкой концов сетки и проволоки в тело трубы [8].

Получение жестких каркасов возможно литьем под давлением термопластичных полимерных материалов.

Эта технология применена Тульской механической базой треста «Союзшахтоосушение» [9] для изготовления щелевых фильтров из вторичного капрона. Тонкость фильтрации составляет для каркасно-проволочных фильтров от 65 до 300 мкм, для сетчато-проволочных – от 80 до 400 мкм.

Одним из способов изготовления скважинного фильтра с дискретно-щелевой проницаемой структурой является выполнение на внутренней поверхности фильтроэлемента продольных пазов, а на наружной – спиральных фасонных пазов [10]. Места пересечения пазов образуют в трубе дискретно-щелевую проницаемую матрицу (рис. 2). Фильтроэлемент включает внутреннюю трубу с продольными сквозными пазами, на которую навива-ется спираль с непрерывной винтовой щелью.

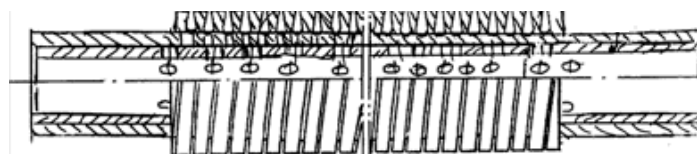


Рис. 2. Фильтроэлемент с дискретно-щелевой структурой, образованной пересечением внутренних продольных и наружных спиральных пазов

Другим вариантом получения фильтроэлемента является технология прорезания продольных прямолинейных щелей по внутренней поверхности трубы и нарезание непрерывной винтовой щели по внешней поверхности (рис. 3) [11]. Получение сквозной структуры достигается за счет пересечения в стенке трубы непрерывно-щелевых структур, нарезанных по разные стороны стенки. Преимуществом этого варианта является исключение сборочных единиц, а следовательно, снижение себестоимости изделия.



Рис. 3. Фильтроэлемент, образованный пересечением непрерывных внутренних продольных и наружных спиральных пазов

Тенденцией в развитии фильтрующих систем является обеспечение возможности регулирования тонкости фильтрации и эффективной регенерации. Одним из вариантов такого регулирования является применение упругих фильтроэлементов [12] (рис. 4). Фильтр содержит перегородку в виде винтовой спирали 1 и каркас в виде пружины растяжения 2.

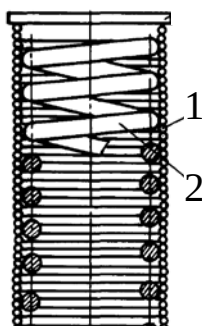


Рис. 4. Сборный фильтр с упругим фильтроэлементом

Эффективность регенерации достигается применением фильтрующих перегородок с щелевой структурой, обладающих способностью регенерации противотоком фильтруемой среды, импульсной подачей воздуха на фильтрующий элемент, использованием упругих фильтрующих элементов и другими способами [13].

В целом получение щелевых фильтров с тонкостью очистки до единиц микрон представляет собой актуальную техническую проблему.

Новые возможности по повышению тонкости фильтрации в сочетании обеспечением регенерации фильтров, за счет придания упругих свойств дискретно-щелевой структуре, наряду с сокращением технологического цикла изготовления фильтроэлемента, открывают бироторные схемы многолезвийной обработки с циклоидальным формообразованием деталей [14, 15]. Фильтроэлемент, изготовленный по бироторной схеме резания, в отличие от рассмотренных выше конструкций, выполненных в виде сборочных единиц, представляет собой монодеталь, изготовленную одним технологическим приемом, что существенно снижает его себестоимость. Перспективными материалами для изготовления фильтров по этой схеме обработки являются недорогие полимерные материалы: полиэтилен, полипропилен.

Принцип получения сквозной структуры основан на прорезании стенки трубчатой заготовки вращающимся многолезвийным инструментом. Технологическое обеспечение тонких дискретно-щелевых структур базируется на использовании бироторной схемы многолезвийной обработки (рис. 5) в сочетании с процессом деформирующего резания (ДР) [14-17].

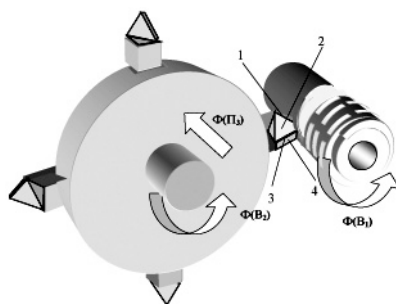
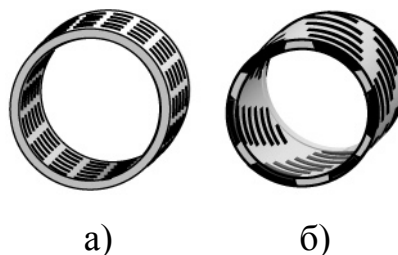


Рис. 5. Схема получения фильтрующей дискретно-щелевой структуры при бироторной обработке в сочетании с деформирующим резанием

Отсутствие стружки, а, следовательно, безотходность в сочетании с возможностью получения тонких структур определяет достаточно хорошие перспективы применения процесса.

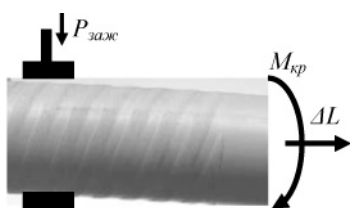
Фильтрующие трубы представляют собой стандартную трубную заготовку с рядами сквозных щелей, выполненных методом ДР. При этом ряды могут быть как прямыми, так и винтовыми (рис. 6).



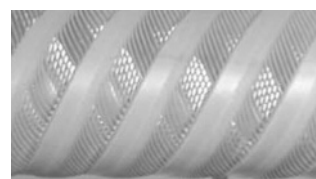
а - с прямыми рядами щелей; б - с винтовыми рядами щелей

Рис. 6. Варианты исполнения сквозной дискретно-щелевой структуры на фильтрующей трубе

Труба с винтовыми рядами сквозных щелей, как аналог пружины, имеет возможность значительных упругих деформаций вдоль своей оси. Нежесткая в осевом направлении фильтрующая труба может быть использована в конструкции регулируемого фильтра, полное раскрытие фильтроэлемента которого производится при его очистке (рис. 7).



Фильтроэлемент сжат. Ширина сквозных щелей равна нулю



Фильтроэлемент растянут вдоль оси. Ширина щелей равна 2 мм

Рис. 7. Фотографии фильтрующих труб в сжатом и растянутом состоянии

На базе упругого дискретно-щелевого фильтроэлемента автором предлагается вариант конструкции регулируемого фильтра, приведенный на рис. 8.

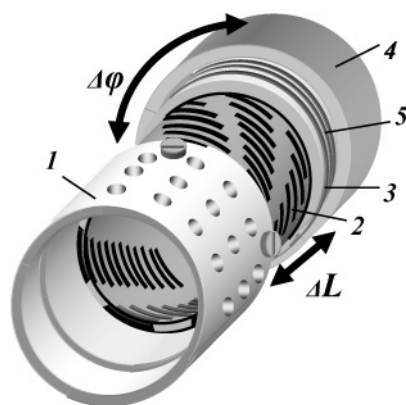


Рис. 8. Предлагаемая конструкция регулируемого фильтра с упругим дискретно-щелевым фильтроэлементом

Фильтр содержит корпус 1, в виде перфорированной трубы (на рисунке показана часть корпуса). Внутри к корпусу с кольцевым зазором одним концом закреплен трубчатый упругий дискретно-щелевой фильтроэлемент 2 со сквозными щелями, расположенными по винтовым линиям. Второй конец фильтроэлемента 2 закреплен на кольцевой втулке 3, установленной во фланце 4 на резьбовом соединении 5. Фланец 4 закреплен на входном торце корпуса 1. Поворот втулки 3 в одном направлении вызывает скручивание фильтроэлемента 2 и сужение щелей фильтроэлемента, в противоположном направлении – раскручивание трубы и расширение щелей.

При растяжении или сжатии трубы, которое легко организовать в конструкции фильтра (рис. 8), ширина сквозных щелей будет увеличиваться или уменьшаться вплоть до нулевого предела (рис. 7).

Представленная конструкция позволяет регулировать тонкость фильтрации и обеспечивает регенерацию фильтра при растяжении трубы в режиме противотока [15].

4 Теплообменники

Изделия с глухой щелевой структурой в виде оребренных труб нашли применение в теплообменниках (теплоутилизаторах, котлах-утилизаторах, подогревателях, калориферах, конденсаторах воздушного охлаждения, батареях отопления) в энергетике, химической, и других отраслях промышленности.

Одним из способов оребрения труб является метод прикорневой приварки ленты к трубе непрерывным швом [18]. [../.../Documents and Settings/User/Application Data/Application Data/Microsoft/Word/Documents and Settings/User/Application Data/Microsoft/Word/images/stories/product/trubi_orebrennye/trubi_1.jpg](http://.../Documents_and_Settings/User/Application_Data/Application_Data/Microsoft/Word/Documents_and_Settings/User/Application_Data/Microsoft/Word/images/stories/product/trubi_orebrennye/trubi_1.jpg)

Труба перемещается и вращается, обеспечивая навивку ленты на трубу. К ребру и трубе контактным методом подводится высокочастотная энергия для нагрева металла до сварочной температуры. В точке контакта под действием приложенной силы осадки происходит деформация и приварка ребра к трубе.

Биметаллические оребренные трубы получают методом поперечно-винтовой прокатки – метод спирально-ленточного оребрения. Производительность прокатки составляет от 1 до 10 м/мин. Трубы с накатными рёбрами применяются в аппаратах воздушного охлаждения (АВО), а также используются в качестве отопительных устройств в промышленных, сельскохозяйственных и бытовых помещениях, а также в качестве теплообменных аппаратов различных промышленных агрегатов [19].

На станах поперечно - винтовой прокатки (ВНИИМЕТМАШ) [20] освоено производство моно - и биметаллических ребристых труб с винтовыми ребрами из цветных и черных металлов, сплавов, наиболее эффективных по теплопередаче и экономичных в изготовлении.

Рассмотренные способы прикорневой приварки ленты и поперечно-винтовой прокатки имеют ограничения по минимальному диаметру

оребренной трубы, составляющему 30 мм и связанным с пределом прочности навиваемой ленты.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана предложен новый лезвийный метод оребрения [21, 22], сочетающий процесс частичного срезания припуска и пластического деформирования подрезанного поверхностного слоя, который получил название «деформирующее резание». В его основу заложен эффект разделения материала при положительных значениях переднего угла на главной режущей кромке резца 1 и отсутствия резания и пластическом деформировании подрезанного слоя на вспомогательной режущей кромке 3 (рис. 9) при существенно отрицательных значениях переднего угла γ на вспомогательной режущей кромке, расположенных в диапазоне от -50 до -70 угл. град.

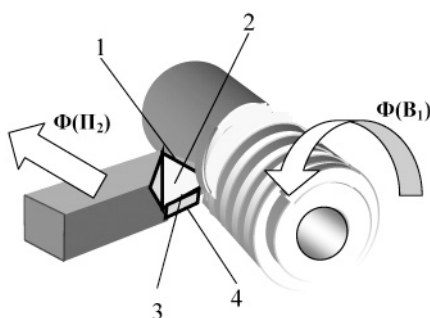


Рис. 9. Схема получения непрерывно-щелевой структуры с винтовым формообразованием при точении по методу деформирующего резания

Подрезанный при ДР приповерхностный слой не отделяется от заготовки, сохраняя с ней связь по своей узкой стороне. Совокупность подрезанных поверхностных слоев, которые сохранили сплошность соединения с заготовкой, образует на обработанной поверхности развитый щелевой макрорельеф.

Основные преимущества ДР при изготовлении оребренной поверхности теплообменников:

- увеличение площади поверхности до 14 раз;

- получение форм и параметров макрорельефа для минимальных диаметров оребряемой трубы, недостижимых для других методов.
- сокращение габаритов и веса теплообменных устройств;
- технологические возможности ДР позволяют создавать новые малогабаритные конструкции теплообменных устройств;
- процесс резания является безотходным

На токарных станках возможно получение оребрения с шагами от 0,2 до 2,5 мм.

Способ оребрения ДР, незначительно уступая по производительности способу поперечно-винтовой прокатки, существенно превосходит последний по плотности оребрения, обеспечивая значительно меньший шаг винтовой спирали, что отдает ему предпочтение при оребрении труб малого диаметра.

Бироторная схема обработки в сочетании с ДР позволяет получать глухие дискретно-щелевые структуры на внешней поверхности теплообменных труб (рис. 10), существенно повышая поверхность, а, следовательно, эффективность теплообмена.



Рис. 10. Фрагмент теплообменной трубы с дискретно-щелевой структурой, полученной при бироторном резании

5 Рифленая поверхность под покрытие

Одним из важных вариантов применения щелевых структур с глухими щелями является оребрение при подготовке поверхности деталей в реновационных технологиях для восстановления изношенной поверхности

валов и технологиях нанесения защитных износостойких, коррозионно-стойких и антифрикционных покрытий наплавкой и плазменным напылением, электродуговой металлизацией и другими методами.

Известны несколько способов оребрения поверхности под нанесение покрытий: накатка, нарезание кольцевых канавок, точение с деформирующим резанием, нарезание «рваной», хонингование брусками. [23, 24]. Среди них наиболее распространенным для круглопрофильных деталей является способ нарезания «рваной» резьбы.

Резьбу нарезают проходным резцом, установленным с большим вылетом (от 100 до 150 мм) ниже оси детали от 3 до 6 мм. Во время обтачивания режущая его часть резца мелко вибрирует. Вибрация приводит к появлению шероховатой поверхности с заусенцами. Резьбу нарезают при скорости резания от 8 до 10 м/мин на глубину от 0,6 до 0,8 мм. Шаг резьбы составляет от 0,9 до 1,3 мм, а для вязких и мягких материалов – от 1,1 до 1,3 мм. Смещение резца ниже центра детали в сочетании с большим вылетом резца, вызывая большие его вибрации, приводит к дроблению металла на поверхности обрабатываемой детали и к большой шероховатости.

Прочность сцепления покрытия с основным металлом (по деформации сдвига) составляет: при накатке 98 МН/м^2 , при проточке кольцевых канавок 137 МН/м^2 , при нарезке «рваной» резьбы 152 МН/м^2 .

Однако, «рваная» резьба вызывает концентрацию напряжений в основном металле детали и тем самым снижает ее прочность, а низкий коэффициент оребрения (до 3) ограничивает сцепление покрытий с подложкой.

Недостатками вышеперечисленных способов подготовки поверхности под покрытие являются низкая прочность сцепления наносимого покрытия с основой вследствие недостаточно развитой поверхности и малой глубины наносимого макрорельефа (не более 0,2 мм).

Решением проблемы является использование разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана способа подготовки поверхности под покрытие методом

деформирующего резания [25]. Технологии изготовления щелевых оребренных структур деформирующим резанием более мобильны в плане управления параметрами щелевого макрорельефа и обеспечивают производительность обработки изделий до десяти метров в минуту, что существенно превосходит возможности других способов. Кроме того, достигается тонкость структуры, принципиально не воспроизводимая традиционными способами, с шириной щели в диапазоне от 20 до 100 мкм, обеспечивающая после нанесения в тонкощелевую матрицу ремонтного состава повышенную износостойкость или триботехнические свойства трущихся элементов, за счет получения узких и глубоких щелей, а, следовательно, существенно большей поверхности сцепления.

Бироторная обработка в сочетании с ДР позволяет получать глухие дискретно-щелевые структуры под покрытие на внешней поверхности валов (рис. 11)



Рис. 11. Плунжер с дискретно-щелевой структурой, полученной при бироторном резании

Исходя из проведенного анализа можно констатировать, что технологические возможности технологий бироторной многолезвийной обработки позволяют получать изделия как со сквозной, так и с глухой структурой различного функционального назначения. Приментельно к сквозным структурам эти технологии могут быть использованы для



Рис. 12. Детали ее связанной дискретно-плоскостной структуры

[illegible]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ деталей с щелевой структурой позволил систематизировать многообразие их исполнения, технологических приемов изготовления, оценить функциональные возможности, раскрыть области применения.

Классифицированы типовые круглопрофильные детали с дискретно-щелевой структурой поверхности по критериям проницаемости щелей и геометрии их формообразования. Приведены варианты исполнения этих деталей, представлены технологические методы их получения и область применения.

Показано, что детали с дискретно-щелевой структурой поверхности и технологии их получения достаточно востребованы в различных отраслях промышленного комплекса.

По результатам анализа можно констатировать, что круглопрофильные детали с дискретно-щелевой структурой разнообразны по своей конфигурации и имеют достаточно широкий спектр применения в изделиях различного функционального назначения.

Установлено, что подавляющее большинство фильтроэлементов с дискретно-щелевой структурой поверхности являются сборочными единицами, включающими несколько соединенных между собой деталей. Технологии получения таких фильтроэлементов имеют ряд ограничений, как по производительности, так и по техническим характеристикам фильтроэлементов.

С точки зрения технологических возможностей получения широкого спектра деталей различного функционального назначения как с глухой, так и со сквозной щелевой структурой для обеспечения наиболее тонкой структуры, в дополнении со свойствами регулируемости ширины щели, а также с точки зрения производительности наиболее предпочтительной является технология бироторной многолезвийной обработки, обеспечивающие получение фильтроэлементов в виде монодетали с тонкостью фильтрации от 20 мкм. Эти технологии обеспечивают получение

структуры, обладающей упругими свойствами, позволяющей создавать регулируемые фильтры, с минимальной шириной щелей в сжатом состоянии при рабочем режиме и раскрытием фильтроэлемента в режиме регенерации.

Наиболее перспективными с точки зрения тонкости фильтрации и эффективности производственного цикла являются бироторные технологии многолезвийной обработки дискретно-щелевых структур, обеспечивающие получение фильтроэлементов в виде монодетали с тонкостью фильтрации от 10 мкм. Эти технологии обеспечивают получение структуры, обладающей упругими свойствами, позволяющей создавать регулируемые фильтры, с минимальной шириной щелей в сжатом состоянии при рабочем режиме и раскрытием фильтроэлемента в режиме регенерации.

Список литературы

1. Кузьмин П.Г., Сильчук А.Л., Соболева М.И. Терентьев С.А. Способ скважинной щелевой перфорации обсадной колонны и устройство для его осуществления: пат. 2401380 Российская Федерация. 2010. Бюл. № 38. 4 с.
2. [Шакуров А.Р.](#) Современные методы борьбы с пескопроявлением при заканчивании скважин. Скважинные фильтры PPS, РМС, РРК // Инженерная практика. 2010. № 2. С. 115-119. Режим доступа: http://glavteh.ru/files/InPraktika_2_2010_21_Shakurov.pdf (дата обращения 08.04.2013).
3. Фильтр-модули ЖНШ производства компании «Камтехнопарк». Осложненные условия эксплуатации нефтепромыслового оборудования. Способы борьбы с мехпримесями // Инженерная практика. 2010. № 2. С. 56-57. Режим доступа: http://glavteh.ru/files/InPraktika_2_2010_10_KamTekhnoPark.pdf (дата обращения 08.04.2013).

4. Большаков В.А., Гребнев М.В. Фильтр щелевой центробежный: пат. 2335329 Российская Федерация. 2008. Бюл. № 38. 3 с.
5. Фильтр ФСТПО (Фильтр скважинный труба перфорированная открытая) без срезаемых пробок // [Фильтры скважинные](#). Сайт компании РОСФМН. Режим доступа: <http://www.rosfin.com/products/7/33> (дата обращения 08.04.2013).
6. ГОСТ 2715-75. Сетки металлические проволоочные. Типы, основные параметры и размеры. Введ. 1977-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1977. 12 с.
7. ГОСТ 3187-76. Сетки проволоочные тканые фильтровые. Введ. 1977-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1977. 7 с.
8. Соловьев Э.Ф., Варламов С.Е. Комбинированный скважинный фильтр: пат. 2359109 Российская Федерация. [2009](#). Бюл. № 23. 3 с.
9. Башкатов Д.Н., Роговой В.Л. Бурение скважин на воду: учеб. пособие. М.: Колос, 1976. 206 с. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/208395/> (дата обращения 08.04.2013).
10. Болотин Н.Б. Способ изготовления скважинного фильтра: пат. 2345213 Российская Федерация. 2009. Бюл. № 4. 2 с.
11. Зубков Н.Н., Слепцов А.Д. Получение полимерных щелевых фильтрующих труб методом деформирующего резания // Вестник машиностроения. 2010. № 12. С. 51-53.
12. Крапухин В.Б. Фильтрующий элемент Карпухина: пат. 2077923 Российская Федерация. 1997. Бюл. № 16. 2 с.
13. Белов С.В., Ложкин В.А., Приходько И.Г. Регенерация фильтров тонкой очистки. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1983. 37 с.
14. Иванов В.С., Васильев Г.Н., Зубков Н.Н., Иванов Д.В. Моделирование процесса формообразования при получении щелевых структур вращающимся лезвийным инструментом // Технология машиностроения. 2007. № 8. С. 14-17.
15. Слепцов А.Д. Разработка и исследование метода получения щелевых фильтрующих структур: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 2011. 15 с.

16. Зубков Н.Н. Основы формообразования функциональных поверхностей методом деформирующего резания // Вестник машиностроения. 1994. № 10. С. 13-20.
17. Thors P., Zoubkov N. Method and tool for making enhanced heat transfer surfaces: European Patent № 1692447. 2009. 21 p.
18. Трубы оребренные. ООО «ЕК Энергетик». Режим доступа: <http://ekenergy.ru/produkcija/osnovnaja-produkcija/truby-orebrennye.html> (дата обращения 09.04.2013).
19. Трубы оребренные биметаллические // Теплообменное оборудование, спирали ПВД и оребрение труб. Компания РОСТЕХНО. Режим доступа: <http://tehnolyks.ru/truby-orebrennye-bimetallicheskie.html> (дата обращения 09.04.2013).
20. Станы для прокатки ребристых труб. АХК ВНИИМЕТМАШ. Режим доступа: <http://www.vniimetmash.ru/products/truba/xprt.shtml> (дата обращения 09.04.2013).
21. Зубков Н.Н. Многофункциональная технология увеличения площади поверхности для повышения теплообменных и технологических свойств деталей // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2003. № 3. С. 41-46.
22. Zoubkov N., Ovchniikov A. Method apparatus of producing a surface with alternating a surface with alternating ridges and depressions: Patent № 5775187 United States. 1998. 29 p.
23. Родичев А.Ю., Хромов В.Н., Коренев В.Н. Способ подготовки поверхности изделия под напыление: пат. 2400312 Российская Федерация. 2010. Бюл. № 36. 2 с.
24. [Shepley](#) В.Е., [Palazzolo](#) С.К., [DeJack](#) R.Е., [Chancey](#) J., [Pank](#) D.R. Method of preparing and coating aluminum bore surfaces: Patent № 5622753 United States. 1997. 6 p.

25. Зубков Н.Н., Овчинников А.И., Васильев С.Г., Симонов В.Н., Хасянов М.А. Способ упрочнения поверхности детали: пат. 2015202 Российская Федерация.1994. Бюл. № 24. 3 с.

Analysis of product design with discrete-slot surface structure and their production technology

05, May 2013

DOI: **10.7463/0513.0566912**

Ivanov D.V.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

Niikmtp@mx.bmstu.ru

This article presents a classification of typical circular-shaped details with a discrete-slot surface structure according to permeability and their geometry of forming. Design variants of these parts are described along with manufacturing methods and application areas. The majority of filtering elements with a discrete-slot surface structure are assembly units which include several interconnected parts. Manufacturing technologies of such filtering elements have a set of restrictions both for productivity and for the guaranteed filtering degree. Bi-rotor technologies of multiblade processing of discrete-slot surface structure that allow to obtain filtering elements as a mono-part with the value of filtering degree equaling 10 micrometers are the most promising in the filtering degree context and efficiency of a production cycle. These technologies allow to obtain the structure which has elastic properties and makes it easier to create adjustable filters with minimal slots width in the compressed condition at the working mode and opening of the filtering element at the regeneration mode.

Publications with keywords: [deskretno-slot-hole structure](#), [filters](#), [birotary cutting](#), [manufacturing techniques](#)

Publications with words: [deskretno-slot-hole structure](#), [filters](#), [birotary cutting](#), [manufacturing techniques](#)

References

1. Kuz'min P.G., Sil'chuk A.L., Soboleva M.I. Terent'ev S.A. *Sposob skvazhinnoi shchelevoi perforatsii obsadnoi kolonny i ustroistvo dlia ego osushchestvleniia* [Method of borehole slotted perforation of casing and device for its implementation]. Patent RF, no. 2401380, 2010.
2. Shakurov A.R. *Sovremennye metody bor'by s peskoproiavleniem pri zakanchivanii skvazhin. Skvazhinnye fil'try PPS, PMC, PPK* [Modern methods of dealing with sand ingress for borehole completion. Borehole filters PPS, PMC, PPK]. *Inzhenernaia praktika*, 2010, no. 2, pp. 115-119. Available at:

http://glavteh.ru/files/InPraktika_2_2010_21_Shakurov.pdf , accessed 08.04.2013.

3. Fil'tr-moduli ZhNSh proizvodstva kompanii «KamtekhnoPark». Oslozhnennyye usloviia ekspluatatsii neftepromyslovogo oborudovaniia. Sposoby bor'by s mekhprimesiami [Filter modules manufactured by the company "KamtekhnoPark." Complicated operating conditions of oil field equipment. Ways of dealing with mechanical impurities]. *Inzhenernaia praktika*, 2010, no. 2, pp. 56-57. Available at:

http://glavteh.ru/files/InPraktika_2_2010_10_KamTekhnoPark.pdf , accessed 08.04.2013.

4. Bol'shakov V.A., Grebnev M.V. *Fil'tr shchelevoi tsentrobezhnyi* [Slotted centrifugal filter]. Patent RF, no. 2335329, 2008.

5. *Fil'tr FSTPO (Fil'tr skvazhinnyi truba perforirovannaia otkrytaia) bez srezaemykh probok. Sait kompanii ROSFMN* [Filter downhole in the form of perforated open pipe without the cut off stopper. Site of ROSFMN Company]. Available at: <http://www.rosfin.com/products/7/33> , accessed 08.04.2013.

6. GOST 2715-75. *Setki metallicheskie provolochnye. Tipy, osnovnye parametry i razmery* [State Standard 2715-75. Metal wire screens. Types, basic parameters and dimensions]. Moscow, Standards Publishing House, 1977. 12 p.

7. GOST 3187-76. *Setki provolochnye tkanye fil'trovye*. [State Standard 3187-76. Wire weaved cloth with nets]. Moscow, Standards Publishing House, 1977. 7 p.

8. Solov'ev E.F., Varlamov S.E. *Kombinirovannyi skvazhinnyi fil'tr* [Combined borehole filter]. Patent RF, no. 2359109, 2009.

9. Bashkatov D.N., Rogovoi V.L. *Burenie skvazhin na vodu* [Water well drilling]. Moscow, Kolos, 1976. 206 p.

10. Bolotin. N.B. *Sposob izgotovleniia skvazhinного fil'tra* [Method of manufacturing of downhole filter]. Patent RF, no. 2345213, 2009.

11. Zubkov N.N., Sleptsov A.D. Poluchenie polimernykh shchelevykh fil'truiushchikh trub metodom deformiruiushchego rezaniia [Production of slotted polymer filter tubes by deformational cutting]. *Vestnik mashinostroeniia* , 2010, no. 12, pp. 51-53. (Trans. version: *Russian Engineering Research*, 2010, vol. 30, no. 12, pp. 1231-1233.).

12. Krapukhin V.B. *Fil'truiushchii element Karpukhina* [Karpukhin filter element]. Patent RF, no. 2077923, 1997.

13. Belov C.B., Lozhkin V.A., Prihod'ko I.G. *Regeneratsiia fil'trov tonkoi ochistki* [Regeneration of fine filters]. Moscow, TsINTIkhimneftemash Publ., 1983. 37 p.

14. Ivanov V.S., Vasil'ev G.N., Zubkov N.N., Ivanov D.V. Modelirovanie protsessa formoobrazovaniia pri poluchenii shchelevykh struktur vrashchaiushchimsia lezviinym instrumentom [Forming process simulation at slotted structure obtaining by revolving cut]. *Tekhnologiiia mashinostroeniia*, 2007, no. 8, pp. 14-17.

15. Sleptsov A.D. *Razrabotka i issledovanie metoda polucheniia shchelevykh fil'truiushchikh struktur. Avtoreferat kand. diss.* [Development and research of the method of obtaining slotted filter structures. Abstract of cand. diss.]. Moscow, 2011. 15 p.

16. Zubkov N.N. Osnovy formoobrazovaniia funktsional'nykh poverkhnostei metodom deformiruiushchego rezaniia [Basics of forming of functional surfaces by deforming cutting]. *Vestnik mashinostroeniia*, 1994, no. 10, pp. 13-20.
17. Thors P., Zoubkov N. *Method and tool for making enhanced heat transfer surfaces*. European Patent, no. 1692447, 2009.
18. ООО «EK Energetik». *Truby orebrennye* [Ltd. "EC Energetic". Finned tubes]. Available at:
<http://ekenergy.ru/produkcija/osnovnaja-produkcija/truby-orebrennye.html> , accessed 09.04.2013.
19. Kompaniia ROSTEKhNO. *Truby orebrennye bimetallicheskie* [ROSTEHNO Company. Bimetallic finned tubes]. Available at:
<http://tehnolyks.ru/truby-orebrennye-bimetallicheskie.html> , accessed 09.04.2013.
20. VNIIMETMASH. *Stany dlia prokatki rebristykh trub*. [VNIIMETMASH Company. Mills for rolling of finned tubes]. Available at:
<http://www.vniimetmash.ru/products/truba/xprt.shtml> , accessed 09.04.2013.
21. Zubkov N.N. Mnogofunktsional'naia tekhnologiiia uvelicheniia ploshchadi poverkhnosti dlia povysheniia teploobmennyykh i tekhnologicheskikh svoistv detalei [Multifunctional technology of increasing the surface area to enhance the heat exchanging and technological properties of the components]. *Polet*, 2003, no. 3, pp. 41-46.
22. Zoubkov N., Ovchinnikov A. *Method apparatus of producing a surface with alternating a surface with alternating ridges and depressions*. Patent US, no. 5775187, 1998.
23. Rodichev A.Iu., Khromov V.N., Korenev V.N. *Sposob podgotovki poverkhnosti izdeliia pod napylenie* [The method of surface preparation products under the spraying]. Patent RF, no. 2400312, 2010.
24. Shepley B.E., Palazzolo C.K., DeJack R.E., Chancey J., Pank D.R. *Method of preparing and coating aluminum bore surfaces*. Patent US, no. 5622753, 1997.
25. Zubkov N.N., Ovchinnikov A.I., Vasil'ev S.G., Simonov V.N., Khasianov M.A. *Sposob uprochneniia poverkhnosti detail* [The method of hardening of surface of the part]. Patent RF, no. 2015202, 1994.