

АЛЕКСЕЕВ А.Н. – д.т.н., профессор (г. Пенза, ФГУП «ПО «СТАРТ»)

ОМАРОВ А.Д. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

СУЛТАНГАЗИНОВ С.К. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ХАРИТОНОВ П.Т. – к.т.н., профессор, (г. Пенза, Научно-исследовательский инжиниринговый консорциум энергосберегающих ноосферных технологий)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУЙНЫХ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОМЫВКИ И ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация

Показана целесообразность использования для очистки поверхностей деталей гидравлических струй промывной воды и струй физико-химических активных сред. Предложено формировать струйные потоки сопловыми насадками, соединенными с распределительными коллекторами, установленными в верхней части ванны соответствующей обработки и оснащенными механизмами изменения угла наклона струйных потоков. При этом струеобразующие части элементов формирования струйных потоков предложено выполнять в виде модульных наборных панелей с отверстиями коноидального профиля. Разработан и запатентован способ изготовления струеобразующих частей насадков в виде модульных наборных панелей. Разработана оригинальная конструкция распределительного коллектора, которая позволяет устанавливать необходимое количество элементов формирования струйных потоков с модульными наборными панелями в зависимости от требуемой длины зоны струйной обработки.

Ключевые слова: *элемент формирования струйных потоков, зона струйной обработки, модульная наборная панель, распределительный коллектор, ванна струйной промывки, длина зоны обработки в ванне струйной промывки, гальванохимическая обработка.*

Эффективность очистки поверхностей деталей оценивается скоростью и полнотой удаления загрязнений, затратами используемых энергоресурсов, химикатов и материалов, трудоемкостью и безопасностью, в том числе и экологической, работы и реализуемых процессов очистки.

В общем случае, работа очистки складывается из работы, совершаемой очищающей средой за счет своей физико-химической активности, и работы, связанной с механическим воздействием среды на разрушение загрязнения и его связей с поверхностью.

Повышения эффективности очистки щелочными моющими растворами можно достигнуть электрохимическим обезжириванием или применением ультразвука. При электрохимическом обезжиривании ускорение снятия жировых загрязнений с поверхности детали происходит за счёт активной роли пузырьков газа и катодной поляризации.

При ультразвуковой очистке в жидкой среде загрязнения или растворяются (в органических растворителях) или переводятся во взвешенное состояние (в щелочных растворах). При этом, ультразвуковой эффект проявляется как от действия кавитационных пузырьков, так и от гидродинамических потоков, возникающих в акустическом поле.

С учетом экологического аспекта и относительной простоты реализации, повышение эффективности очистки поверхностей деталей наиболее целесообразно осуществлять за счет интенсификации механического воздействия очищающей среды на обрабатываемую поверхность. Здесь, одним из основных направлений является использование технологий и оборудования для очистки поверхностей деталей гидравлическими струями промывной

воды и струями физико-химических активных сред [1,2].

В частности, по данным П.А.Галактионова и Л.М.Виткинда, изучавших процессы струйного обезжиривания и травления, скорость процессов очистки поверхностей деталей, по сравнению с обезжириванием и травлением последних в соответствующих ваннах, увеличивается в 5 - 10 раз.

Причем эффективность процесса очистки увеличивается в случае использования нескольких сопел малого диаметра, нежели при использовании одного сопла большого диаметра [3].

1. Задачи и пути повышения эффективности струйных потоков моющей жидкости. Известно, что струйная очистка вообще и промывка, в частности, являются наиболее эффективными способами очищающего воздействия на поверхность изделия за счёт механического, физико-химического или химического факторов [1,2].

Производительность процесса струйной очистки зависит как от прочностных свойств и объема загрязнений, так и от силы удара струи по поверхности и активности моющего раствора.

Основным условием очистки поверхности является превышение динамических давлений над прочностными свойствами загрязнений. При этом, механическое воздействие очищающей среды на загрязнённую поверхность является основным в процессе струйной очистки, а его определяющим параметром является давление очищающей среды.

По величине давления на входе насадков гидродинамические струи принято разделять на струи низкого (до 1 МПа), среднего (1-5 МПа) и высокого (5-60 МПа) давления.

По величине гидравлического сопротивления принято подразделять насадки на цилиндрические, конические, коническо - цилиндрические и коноидальные [1,2].

Максимальную кинетическую энергию имеет струя жидкости, вытекающая из коноидального насадка (коэффициент расхода жидкости $\mu = 0,97-0,99$).

Однако, из-за конструктивной сложности выполнения коноидальных насадков малого диаметра (2-6 мм), до последнего времени в системах струйной промывки использовались менее совершенные, но более простые цилиндрические и конические насадки, удельная кинетическая энергия струй которых составляет 0,67 и 0,90, соответственно [1].

Требования стандарта ГОСТ 9.314-90 к чистоте поверхностей деталей, уже имеющийся на предприятиях Росатома опыт применения моноструйных насадков коноидального профиля по промывке глубоких и резьбовых отверстий малого диаметра деталей приборов спецавтоматики в ручном режиме, а также объективная необходимость решения задачи по устранению субъективного фактора в процессах очистки, определяют реальную возможность и актуальность повышения эффективности операций струйной промывки, а также позволяют сформулировать основные требования к разрабатываемым конструкциям элементов формирования струйных потоков (ЭФСП) и качеству последних.

Так, для промывки глухих отверстий с диаметром порядка 1,5 – 2 мм и глубиной до 10-12 мм необходимы струи малого диаметра (0,6 – 0,8 мм).

В целях отсутствия необработанных частей поверхности требуется обеспечить максимальную плотность струй на единицу промываемой площади.

Одновременно, площадь струйных потоков должна быть минимально необходимой для деталей данной группы сложности, с целью обеспечения оптимального расхода промывной воды.

Расстояние, на котором сохраняется устойчивость струй, должно быть максимально необходимым и технологически обоснованным.

Не должно возникать отрицательного взаимного влияния соседних струй.

Поверхность сопла должна иметь коноидальную форму и низкую шероховатость ($R_a=0,16-0,32$), что соответствует максимальной кинетической энергии и устойчивости струй.

Струеформирующие панели ЭФСП должны быть съёмными, а их габаритные размеры - минимально необходимыми.

Длина панелей должна позволять набирать из них любую длину зоны струйной обработки, необходимую при эксплуатации.

Длина зоны струйной обработки (ЗСО) может изменяться в широких пределах в зависимости от числа и габаритов деталей.

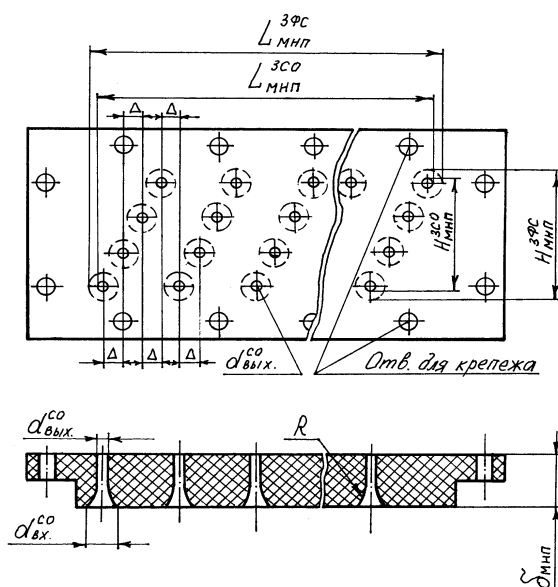
При этом непроизводительный расход моющей жидкости в струях, непопадающих на поверхность деталей, должен быть минимальным.

С целью обеспечения возможности управления геометрией струйного потока панели должны быть модульными и наборными.

Реализация данных требований предусматривает проведение исследований, связанных с определением рациональных конструкции и параметров струеформирующих насадков.

2. Выбор рациональной конструкции и экспериментальное исследование параметров струеобразующих насадков. Поиск решения проблемы повышения эффективности очистки в данной работе осуществлялся в схеме, использующей струйную промывку, где подвески с деталями перемещаются относительно насадков, расположенных на стенках в верхней части ванны и питающихся от малонапорных источников давления.

Для повышения технологичности панели принята моноблочная конструкция, представленная на рисунке 1 [4].



L_{MNP}^{3FC} – длина (ширина) зоны формирования струй МНП;

L_{MNP}^{3CO} – длина (ширина) зоны струйной обработки МНП;

H_{MNP}^{3FC} – высота зоны формирования струй МНП;

H_{MNP}^{3CO} – высота зоны струйной обработки;

$d_{ВХ}^{CO}$ – входной диаметр соплового отверстия;

$d_{ВЫХ}^{CO}$ – выходной диаметр соплового отверстия;

δ_{MNP} – высота (толщина) МНП;

Δ – величина смещения вертикальных осей центров отверстий параллельных рядов сопловых отверстий в МНП;

R – радиус образующей (оживальной) части соплового отверстия в МНП.

Рисунок 1 – Четырехрядная Т-образная модульная наборная панель (МНП)

Сопловые отверстия с параллельными осями расположены рядами на плоскости струеформирующей модульной наборной панели (МНП).

Количество рядов зависит от требуемой интенсивности струйной промывки и определяется отсутствием необработанных зон на поверхности детали.

Исключение мертвых зон на промываемой поверхности достигается смещением на величину Δ осей сопловых отверстий в параллельных рядах панели.

Диапазон выбора конструктивных параметров струеформирующих МНП, соответствующий отсутствию взаимного влияния на формирование струй в соседних соплах определялся экспериментально. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Диапазон конструктивных параметров МНП

Δ	$\frac{\delta_{\text{МНП}}}{d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}}}$	$\frac{d_{\text{ВХ}}^{\text{СО}}}{d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}}}$
$0,50d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}} \leq \Delta \leq 2,52d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}}$	$3,0 \leq \frac{\delta_{\text{МНП}}}{d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}}} \leq 45,0$	$3,0 \leq \frac{d_{\text{ВХ}}^{\text{СО}}}{d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}}}$

Кроме того, в процессе исследований, впервые выявлена взаимосвязь между количеством рядов сопловых отверстий коноидального, конического и коническо - цилиндрического профиля в МНП и соотношением значений их входных и выходных диаметров [6].

На рисунке 2 представлены конструкции выполненных из полипропилена элементов формирования струйных потоков (ЭФСП), каждая из которых включает корпус и сочленяемую с ним через эластичную прокладку, посредством крепежных и/или соединительных элементов, модульную наборную панель (МНП), выполняемую в соответствии с [7].



Рисунок 2 – Конструкция выполненных из полипропилена

К настоящему времени на одном из предприятий Росатома освоен выпуск ЭФСП со следующими характеристиками:

$$L_{\text{МНП}} = 245 \text{ мм}; L_{\text{МНП}}^{\text{ЗСО}} = 200 \text{ мм}; d_{\text{ВЫХ}}^{\text{СО}} = 0,6 - 0,8 \text{ мм};$$

$$N^{CO} = 1,2,4 \text{ и } d_{ВЫХ}^{CO} \leq \Delta \leq 2,52d_{ВЫХ}^{CO}, \text{ где } L_{МНП} - \text{длина МНП,}$$

что позволило, в период с 1998 по 2016 гг., реализовать высокоэффективные системы струйно – динамической очистки поверхностей на более чем двадцати предприятиях приборо- и машиностроения РФ.

Данные насадки, в отличие от известных, в частности фирм «Атотех», (Германия), «Aquasomp Hard» (Чехия) и др., позволяют оптимальным образом формировать разнорядные «пакеты» параллельных и тонких струй промывной воды максимальной кинетической энергии, при отсутствии образования «мёртвых» зон, взаимогашения струй моющей жидкости, что существенно улучшает качество и сокращает время обработки [4,5].

Другой проблемой являлась разработка конструкций коллекторов для размещения ЭФСП и подвода моющей жидкости.

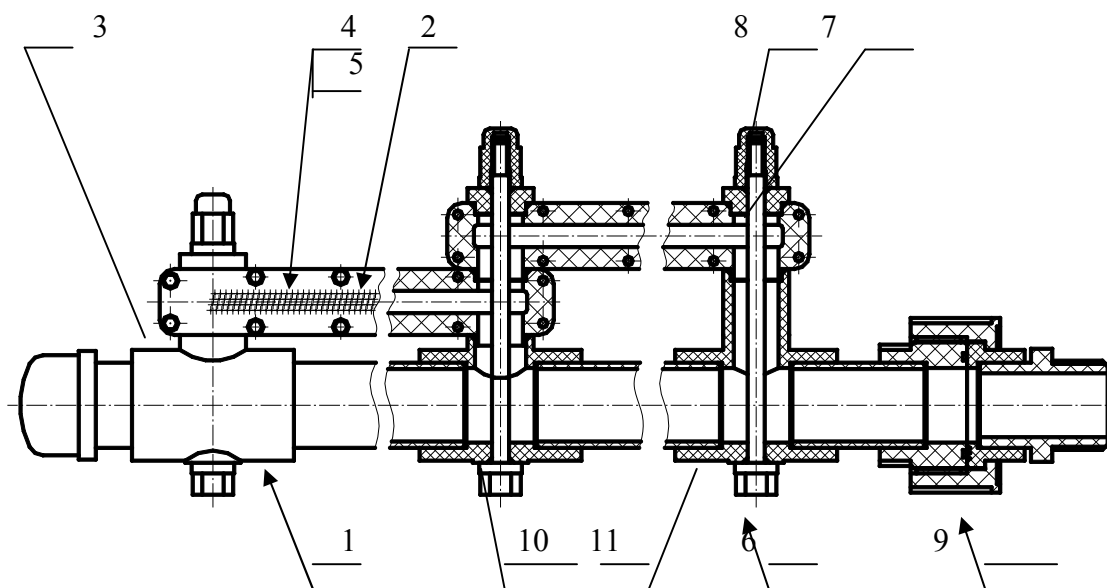
3. Выбор конструкторско – технологического обеспечения коллекторов для размещения элементов формирования струй. В процессе исследований, для регулирования размера зоны струйной промывки и размещения соответствующего количества ЭФСП разработана оригинальная конструкция распределительного коллектора (рисунок 3) [8], которая позволяет устанавливать необходимое количество ЭФСП с МНП в зависимости от требуемой длины зоны струйной обработки.

Ее суть состоит в следующем.

Каждый из распределительных коллекторов, в случае их изготовления из термопластичных материалов (полипропилен, поливинилхлорид), формируют с помощью необходимого количества переходных тройников, неразъемно соединяемых путем сварки или склеивания между собой соответствующими участками трубопроводов из этих же материалов. Далее производится сочленение ЭФСП, через уплотнительные кольца, с соответствующими выходами переходных тройников и их фиксации в этом положении с помощью изготовленных из неметаллических материалов крепежных, соединительных и уплотняющих элементов.

Для изменения угла наклона струй обрабатываемой среды в конструкции распределительного коллектора (РК) используется разъемная муфта.

Распределительный коллектор с элементами формирования струй.



1 – распределительный коллектор. 2 – корпус. 3 – модульная наборная панель. 4 – винт. 5 – гайка. 6 – болт. 7 – втулка. 8 – гайка колпачковая. 9 – муфта резьбовая. 10, 11 – тройник переходной.

Рисунок 3 – Оригинальная конструкция распределительного коллектора

ЭФСП на РК размещаются в шахматном порядке как показано на рисунке 3, что позволяет практически полностью исключить взаимогашение струй соседних насадков.

При этом, в случае большой величины $L_{ВСП}^{3CO}$ (свыше 1- 1,5 м) и/или реализации РК из металла (например, нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т), отработаны конструкции последних без использования переходных тройников, представленные, соответственно на рисунке 4, что в значительной степени облегчает процесс их изготовления.

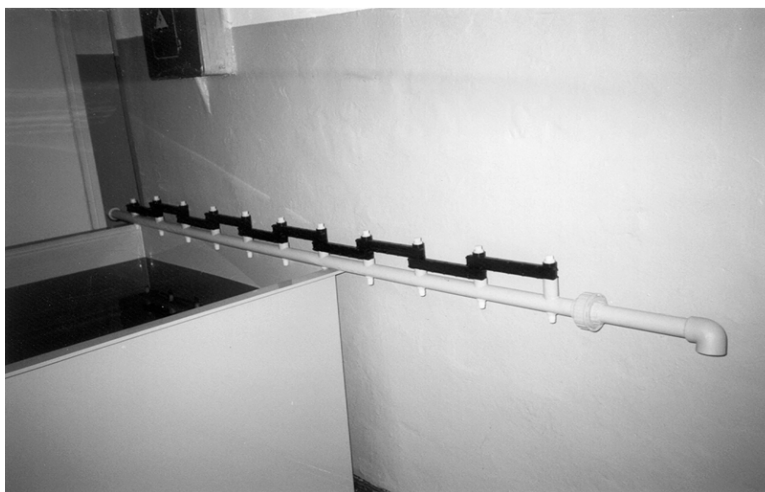


Рисунок 4 – Конструкция распределительного коллектора (полипропилен, $L_{ВСП}^{3CO} = 2000$ мм)

Кроме того, с целью ещё большего сокращения количества используемых при изготовлении распределительных коллекторов и упрощении процесса последнего, разработаны, защищённые патентами РФ, конструкции РК, реализуемые в виде наборов соединяемых между собой пассивных и активных участков трубы, каждый из последних, в свою очередь, выполняют, по крайней мере, с одним ложементом для разъёмного или неразъёмного соединения струеформирующей МНП, при этом ложемент активного участка трубы реализуют в виде сквозного паза Т-образного профиля, изготавливаемого либо механически, либо путём литья термопластичного материала под давлением [9,10,11].

Экспериментальная проверка разработанных ЭФСП с МНП на предприятиях/фирмах:

➤ ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В. Проценко (г. Заречный, Пензенская обл.) – рисунок 5;

➤ «GALFITEC» (Германия) – рисунок 6;

➤ «GALVOUR» (Швеция) и др.

подтвердила целесообразность и эффективность их использования для промывки деталей, в частности, в процессах их ГХО.

Тестирование ЭФСП с МНП, используемых для промывки деталей размещаемых на подвесках в ванне из состава автоматизированной гальванической линии «DYNA-PLUS-160» фирмы «Shering», Германия (гальванический цех ФГУП «ПО «СТАРТ», г. Заречный, Пензенской области).

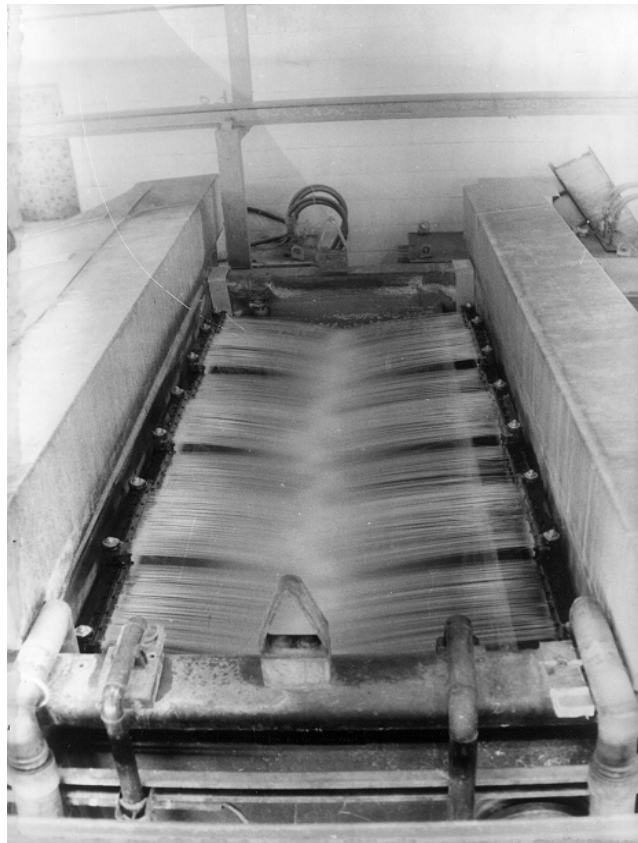


Рисунок 5 – Промывки деталей размещаемых на подвесках в ванне

Тестирование ЭФСП с МНП в режиме рекуперации струй моющей жидкости на производственной базе фирмы «GALFITEC» (Германия).

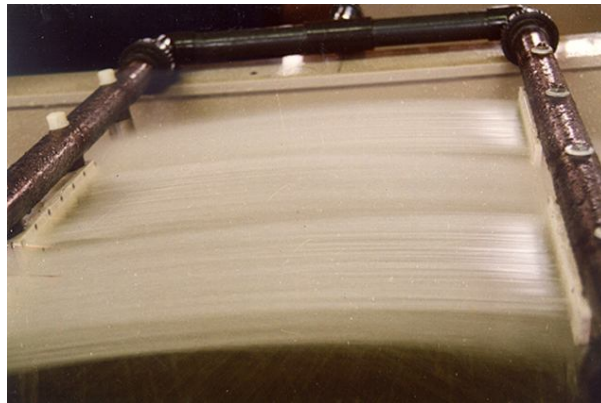


Рисунок 6 – В режиме рекуперации струй моющей жидкости

Выводы.

1. Рассмотрены задачи и пути повышения эффективности очистки поверхностей деталей. Показано, что одним из основных направлений, в этой связи, является использование технологий и оборудования для очистки поверхностей деталей гидравлическими струями промывной воды и струями физико-химических активных сред.

2. С целью повышения качества очистки струйные потоки промывной воды предложено формировать в виде разнорядных «пакетов» струй малого диаметра требуемой интенсивности, формируемых сопловыми насадками соединенными с распределительными коллекторами, установленными в верхней части ванны соответствующей обработки и оснащенные механизмами изменения угла наклона струйных потоков.

3. Разработан и исследован метод формирования оптимальной структуры сопловых отверстий в элементах формирования струйных потоков (ЭФСП), струеобразующие части которых впервые предложено выполнять в виде модульных наборных панелей (МНП). При этом, установлено, что количество рядов сопловых отверстий коноидального, конического и коническо-цилиндрического профиля в МНП определяется величиной соотношения их входных и выходных диаметров сопловых отверстий.

4. Разработан и запатентован способ изготовления струеобразующих частей насадков в виде МНП, впервые обеспечивающих возможность формирования «пакетов» параллельных и смещенных друг относительно друга струй с диаметрами малого диапазона (0,6-0,8 мм) и получаемых методом литья под давлением соответствующих термопластичных материалов (АВС-пластик, полиамид, полипропилен и др.).

6. Для регулирования размера зоны струйной промывки и размещения соответствующего количества ЭФСП, разработана оригинальная конструкция распределительного коллектора, которая позволяет устанавливать необходимое количество ЭФСП с МНП в зависимости от требуемой длины зоны струйной обработки.

Литература

1. Козлов Ю.С., Кузнецов О.К., Тельнов А.Ф. Очистка изделий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

2. Маслов Н.Н., Плутков В.И. Прогрессивные способы очистки деталей. – Л.: ЛДНТП, 1971. – 36 с.

3. Дасоян М.А., Пальмская И.Я. Оборудование цехов электрохимических покрытий. – Л.: Машиностроение, 1979. – 287 с.

4. Алексеев А.Н. Повышение эффективности технологических операций и функционирования оборудования гальванохимической обработки в условиях автоматизированного гальванического производства. – М.: Изд-во журнала «Новые промышленные технологии» Минатома РФ, 1997. – 189 с.

5. Алексеев А.Н. К вопросу оптимизации конструктивно-технологических параметров высокоэффективных насадков струйной очистки в гальванических производствах // Вестник ТГТУ (Тамбов). – 1999. – Т5, № 2. – С. 239-249.

6. Алексеев А.Н., Харитонов П.Т. Система автоматического управления подачей воды в промывные ванны гальванических линий // Организация производства, прогрессивная технология в приборостроении. 1984. – № 1. – С. 30-34.

7. Пат. 2046685 (РФ). Способ А. Н. Алексеева для изготовления изделия с отверстиями методом литья / А. Н. Алексеев // Б.И. – 1995. – № 30.

8. Алексеев А.Н., Тарасов В.А. Аналитическое описание конструктивно-технологических параметров высокоэффективных насадков и операций струйной очистки в процессах гальванохимической обработки // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. – 2003. – № 4. – С. 84-95.

9. Михайлов П.Г., Омаров А.Д., Султангазинов С.К. Применение высокотемпературных датчиков физических величин на основе широкозонных полупроводников. // Межд. журнал прикладных и фундаментальных исследований №2 (Часть 4) Москва, 2016 – С.471-474.

10. Пат. 2443482 (РФ). Способ изготовления распределительного коллектора из термопластичных комплектующих и материалов для установки элементов формирования струйных потоков/ А. Н. Алексеев // Б.И. – 2012. – № 6.

11. Пат. 2515467 (РФ). Способ изготовления распределительного коллектора из термопластичных комплектующих и материалов для установки элементов формирования струйных потоков со струеформирующими панелями /А. Н. Алексеев // Б.И. – 2014. – № 13.

Аңдатпа

Мақсатқа пайдалану беттерді тазалауға арналған бөлшектерді гидравликалық ағынының жуу су ағысын, физика-химиялық белсенді орта көрсетілген. Қалыптастыру ағындары, құрама таратушы коллекторлар белгіленген жоғарғы бөлігінде ванналар, тиісті өңдеу және механизмдермен жабдықталған көлбеу бұрышын өзгерту тасқынды ағындары ұсынылды. Бұл ретте, ағындар бөлігінің элементтерін қалыптастыру тасқынды ағындар түрінде орындауға модульдік жиынтық панельдер тесіктері бар коноидального профиль ұсынылды. Және патенттелген жасау тәсілі ағынды бөліктерін саптамалардың түрінде модульдік жиынтық панельдер әзірленді. Әзірленген бірегей конструкциясы таратқыш коллектор, ол орнатуға мүмкіндік береді қажетті элементтерін қалыптастыру тасқынды ағынын модульді жиынтық панельдеріне байланысты қажетті аймақ ұзындығын тасқынды өңдеу.

Түйінді сөздер: *Элемент-қалыптастыру тасқынды ағындар аймағы ағынды өңдеу, модульдік жиынтық панелі, таратқыш коллектор, ванна ағынды жуу, ұзындық аймағын ваннада ағынды жуыммен өңдеу, гальванохимикалық өңдеу.*

Summary

Expediency of use for cleaning of surfaces of details of hydraulic streams of washing water and streams of physical and chemical active environments is shown. It is offered to form jet streams the nozzle nozzles connected to the distributive collectors established in the top part of a bathtub of the corresponding processing and equipped with mechanisms of change of a tilt angle of jet streams. At the same time, it is offered to carry out struyeobrazuyushchy parts of elements of formation of jet streams in the form of modular type-setting panels with openings of a konoidalny profile. The way of production the struyeobrazuyushchikh of parts of nasadok in the form of modular type-setting panels is developed and patented. The original design of a distributive collector which allows to establish necessary quantity of elements of formation of jet streams with modular type-setting panels in dependence on the required length of a zone of jet processing is developed.

Key words: *The element forming the jet flow area jet machining, modular patch panel, manifold, bath jet washing, the length of the treatment zone in the bath, jet washing, galvanochemical processing*