

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004:338.436.33

В.Л. ГАПОНОВ, В.И. ГАРШИН

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОУЛОВИТЕЛЕЙ КАК СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЙ

Представлены результаты исследований эффективности многофункциональных надповерхностных электроуловителей вредных гальванических аэрозолей с различной геометрией электродов и электрических полей.

Ключевые слова: рабочая зона, электролит, гальванический аэрозоль, параметры капли, электрод, эффективность.

Введение. Широкое применение защитных покрытий в машиностроении, металлургии, стройиндустрии и других отраслях промышленности делает процесс электролиза крупным загрязнителем воздуха рабочей зоны, а также окружающей природной среды.

Так как ассортимент покрываемых, например, хромом, изделий чрезвычайно широк, часто производители ограничиваются стандартными защитными устройствами (бортовой отсос, защитные укрытия, фильтрующие элементы в воздуховоде и т.д.). При этом не всегда обеспечивается защита воздуха рабочей зоны и одновременно охрана окружающей среды из-за отсутствия комбинированных устройств.

На кафедре «Производственная безопасность» ДГТУ разработан многофункциональный надповерхностный электроуловитель (МНЭУ) для гальванических аэрозолей [1, 2], который может выполнить несколько функций: охрану воздуха рабочей зоны, снижение расхода электролита, экономию электроэнергии, электробезопасность, а также защиту окружающей среды.

Для увеличения оперативности контроля капельного уноса окрашенных электролитов можно использовать фотометрический метод. Однако этот метод, как и стандартный весовой, не позволяет получить фракционную эффективность, знание которой обязательно при создании и оптимизации комбинированных улавливающих систем. Для получения фракционной эффективности необходимо знать дисперсный состав капель на всех стадиях улавливания. В работе [3] представлен другой метод оценки эффективности капельного уноса из гальванических ванн.

Методы оптимизации электроуловителей гальванических аэрозолей. Капельный унос собирался на стеклянную пластину с помощью специального зонда со шторным затвором, устанавливаемым на фиксированной высоте над поверхностью раствора. Время экспозиции выбиралось таким образом, чтобы не допускать слияния капель на поверхности стекла. При этом варьировалась глубина погружения детали, отсчитываемая от верхней отметки детали при ее вертикальном положении (от 35 до 120 мм) и высота зондирования (от 30 до 100 мм).

Пробы электролита, собранного на стекло за фиксированное время экспозиции, сканировали, а затем обрабатывали на ЭВМ по специально разработанной программе, в которой было предусмотрено измерение диаметров следов всех капель с одновременным их пересчетом.

Выходными параметрами были: число пикселей в следе капли, эффективный радиус, масса капель и другие параметры, необходимые для получения распределения их по массам. Эффективный радиус капли получали умножением диаметра следа капли на коэффициент, определяемый в отдельном опыте.

Обработка следов капель с целью получения их истинных (эффективных) размеров стала возможной только после проведения специального предварительного эксперимента. Он заключался в том, что капли электролита разного размера в диапазоне, характерном для данного тех-

нологического процесса, наносились инъекционной иглой на поверхность стекла. Полученные профили капель фотографировали при достаточном увеличении их изображения, обрабатывали для получения коэффициента в линейном выражении, связывающем диаметр основания капли на стекле с эффективным диаметром (диаметром летящей сферической капли).

Применение этого метода позволило определить суммарную массу капель на отдельных высотах при различных варьируемых условиях (табл.1).

Таблица 1

Масса выброса с 1 м² за 1 ч, кг

Высота зондирования, мм	Глубина погружения детали, мм			
	35	55	90	120
	Масса, кг			
100	0,719	2,449	1,309	0,736
60	2,579	3,896	4,076	4,146

Анализ таблицы показывает, что эффективным является установка электроуловителя в зоне максимальной локализации гальванического аэрозоля.

Первым было проведено испытание надповерхностного электроуловителя конденсаторного типа с чередующимися плоскими и Т-образными электродами. По обе стороны Т-образного электрода имелись «карманы», в которые устанавливали стеклянные пластины для зондирования капель (зонды). Время экспозиции (осаждения капель при наличии электрического поля напряженностью значительно меньше пробивного) – 15 с. Выбор такого времени был обусловлен стремлением получить следы отдельных капель, что практически исключало коалесценцию и образование сплошных пятен из капель.

Испытание уловителя с Т-образными электродами было проведено на производственной базе ОАО «САНТАРМ».

Контролируемое стекло, экспонированное над ванной, условно разделялось на горизонтальные полосы шириной 5 мм, из которых были сформированы после обработки на ЭВМ данные о распределении капель. Приведены результаты расчета медианного радиуса аэрозольных частиц для каждой полосы, расположенной на соответствующей высоте осаждающего Т-образного электрода (табл.2). При обработке данных о распределении капель использованы следующие распределения и функции: логнормальное распределение (ЛНР), распределение Розина – Раммлера – Беннета (РРБ), распределение Н.Я. Авдеева (РА), многопараметрическая функция (МПФ).

Как показал опыт дальнейших исследований этим методом и обработка числовых массивов традиционными в практике дисперсионметрических исследований методами, ошибка измерения эффективного радиуса отдельной капли составляет 3%.

Таблица 2

Параметры распределений радиусов частиц в зависимости от высоты зондирования

Распределение	Высота расположения полосок зонда, мм					
	30–35	35–40	40–45	45–50	50–55	55–60
	Медианные радиусы частиц аэрозолей, мкм					
ЛНР	65,47	64,22	60,28	55,96	52,82	48,66
РРБ	68,11	66,23	62,36	57,22	52,15	47,73
РА	66,59	65,16	61,03	56,75	53,51	49,17
МПФ	64,86	63,70	59,83	56,62	53,98	49,30
Линейная комбинация функций	66,23	64,86	60,22	54,65	50,94	48,68

Результаты оценки масс аэрозольных частиц, осажженных на каждой из полосок, позволили получить зависимость эффективности электроуловителя с Т-образным осадительным электродом от высоты уровня сепарирующего пространства (рис.1). Эти результаты служат убедительным подтверждением действенности надповерхностного электроуловителя.

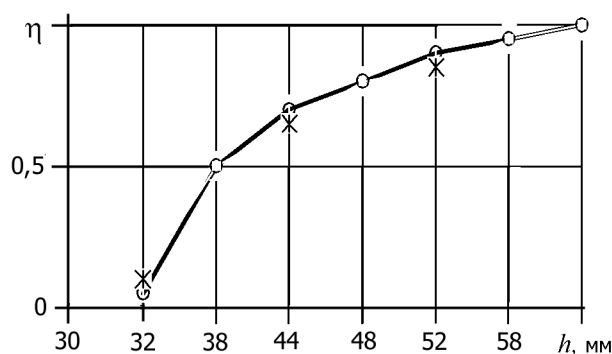


Рис.1. Зависимость эффективности электроуловителя от высоты уровня сепарирующего пространства

Решение проблемы улавливания и утилизации аэрозолей в цехах гальванического производства посредством надповерхностного электроуловителя, оценка его эффективности требует количественной информации о влиянии отдельных механизмов улавливания на общую эффективность. Вполне очевидно, что ее нельзя получить простым суммированием составляющих эффективности, обусловленных отдельными механизмами улавливания.

Для оценки эффективности отдельных механизмов улавливания был испытан надповерхностный уловитель с минимально возможным аэродинамическим сопротивлением. Наиболее простая модель электроуловителя с неоднородным полем может быть создана как воздушный конденсатор, состоящий из системы чередующихся тонких линейных проводников и плоских электродов.

Испытания проводились на стенде, где роль гальванической ванны выполнял генератор капельных аэрозолей, построенный из барботажного фильтра Шотта №2 (внутренний диаметр воронки – 45 мм). «Стандартный» хромовый электролит, используемый для покрытия стальных изделий, наливали в воронку при подаче воздуха, исключающей протекание электролита сквозь фильтр. Расход воздуха, измеряемый ротаметром, доводили до режима барботажа электролита отдельными пузырьками (возникновение пены не допускалось). Этот режим известен как режим максимального капельного уноса при разрыве пузырьков на границе жидкость – газ. На электрод подавали постоянное напряжение, равное 660 В. Выбор этого напряжения мотивировался возможностью регулировки его в обе стороны до достижения предпробойного состояния (известно, что «пробой» сухого воздуха наступает при напряженности, равной $3 \cdot 10^6$ В/м). В нашем случае средняя оценка напряженности составляла 830000 В/м, однако непосредственно на поверхности нити напряженность была $1 \cdot 10^6$ В/м, что дает возможность хотя бы вдвое увеличивать управляющее напряжение, не достигая электропробоя воздуха. Зондирование капельного уноса осуществляли по методике [3]. В качестве зонда использовали стеклянные пластины размером $2,5 \times 7,5$ см, которые устанавливались на разной высоте над раствором. Время экспозиции составляло 10 с и обеспечивало нанесение уноса несливающимися отдельными каплями. После просушки в сушильном шкафу стекла с информацией о капельном уносе сканировались по методике [3].

Из данных сканирования получены массы уноса без электроуловителя и при включенном уловителе с указанным выше режимом. На их основании рассчитывалась эффективность улавливания для различной высоты расположения зонда

$$\eta = 100 \frac{m_0 - m_{\text{ост}}}{m_0}, \%,$$

где m_0 – масса уноса без электроуловителя; $m_{\text{ост}}$ – масса уноса при включенном электроуловителе.

Полученные результаты оценки эффективности для четырех высот ($h=3, 4, 5, 6$ см) представлены на рис.2.

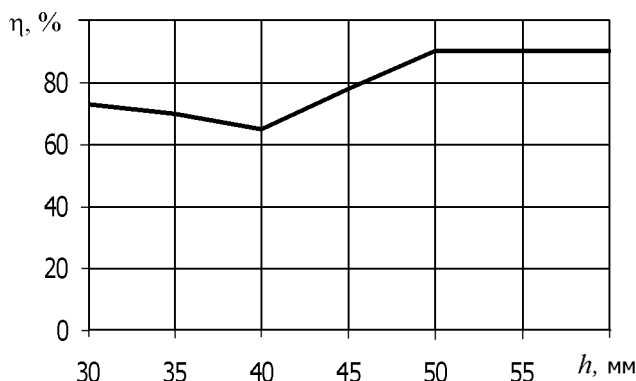


Рис.2. Зависимость эффективности улавливания аэрозолей от высоты зондирования

Выводы. Проведенные исследования показали преобладающую тенденцию роста эффективности улавливания аэрозолей с высотой зондирования. Как видно, уже на начальной высоте расположения зонда минимальная эффективность была достаточной для того, чтобы комбинировать электрический способ улавливания с инерционным. Проведенные исследования позволяют выявить оптимальное соотношение механизмов улавливания при создании многофункциональных устройств.

Библиографический список

1. Пат. на изобретение RU 2050979 C1. Устройство для улавливания жидких аэрозолей / Гаршин В. И., Медиокритский Е.Л., Вишневецкая А.Н., Жадан А.И., Фомин И.М., Гапонов В.Л. – Заявл. 07.09.1992; опубл. 27.12.1995, Бюл. № 36.
2. Пат. на полезную модель RU 80129 U1. Многофункциональный надповерхностный уловитель / Гаршин В.И., Гапонов В.Л., Вольф Е.А., Поршнева С.Е., Харченко В.А., Чередниченко О.П. – Заявл. 22.03.2007; опубл. 27.01.2008, Бюл. № 3.
3. Обоснование эффективности надповерхностного электроуловителя гальванических аэрозолей / Е.А. Вольф [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды: межвуз. сб. науч. тр.; вып.9 (международ.) / РГАСХМ. – Ростов н/Д, 2005. – С.151-153.

Материал поступил в редакцию 26.10.10.

References

1. Pat. na izobretenie RU 2050979 S1. Ustroistvo dlya ulavlivaniya jidkih aerorozolei / Garshin V. I., Mediokritskii E.L., Vishneveckaya A.N., Jadan A.I., Fomin I.M., Gaponov V.L. – Zayavl. 07.09.1992; opubl. 27.12.1995, Byul. № 36. – In Russian.
2. Pat. na poleznuyu model' RU 80129 U1. Mnogofunkcional'nyi nadpoverhnostnyi ulovitel' / Garshin V.I., Gaponov V.L., Vol'f E.A., Porshneva S.E., Harchenko V.A., Cherednichenko O.P. – Zayavl. 22.03.2007; opubl. 27.01.2008, Byul. № 3. – In Russian.

3. Obosnovanie effektivnosti nadpoverhnostnogo elektroulovitelya gal'vanicheskikh aerazolei / E.A. Vol'f [i dr.] // Bezopasnost' jiznedeyatel'nosti. Ohrana truda i okrujayuschei sredy: mejvuz. sb. nauch. tr.; vyp.9 (mejdunar.) / RGASHM. – Rostov n/D, 2005. – S.151-153. – In Russian.

V.L. GAPONOV, V.I. GARSHIN

**PERFORMANCE EVALUATION OF MULTIPURPOSE ELECTRIC COLLECTORS
AS PROTECTION FRAMES OF AIR OF A WORKING ZONE
AT DRAWING OF ELECTRODEPOSITS**

Research results of the efficiency of multipurpose superterranean electrocatchers of harmful galvanic sprays with various geometry of electrodes and electric fields are presented.

Key words: working zone, electrolyte, galvanic spray, drop parameters, electrode, efficiency.

ГАПОНОВ Владимир Лаврентьевич (р. 1956), директор ИЭиМ Донского государственного технического университета, доктор технических наук (1999), профессор (2001). Окончил Ростовский-на-Дону Завод-ВТУЗ Ростовского-на-Дону института сельскохозяйственного машиностроения (1980).

Область научных интересов: безопасность машиностроительного производства и защита окружающей среды от техногенных воздействий.

Имеет 10 авторских свидетельств на изобретения, 2 патента на изобретения и 5 патентов на полезные модели.

Автор 175 публикаций.

gaponov@iem.donstu.ru

ГАРШИН Владимир Иванович (р. 1939), доцент кафедры «Производственная безопасность» ИЭиМ Донского государственного технического университета, кандидат технических наук (1996), доцент (1997). Окончил Ростовский-на-Дону государственный педагогический институт (1960).

Область научных интересов: безопасность машиностроительного производства и защита окружающей среды от техногенных воздействий.

Имеет патент на изобретение и 7 патентов на полезные модели.

Автор 120 публикаций.

VI_GARSHIN@mail.ru

Vladimir L. GAPONOV (1956), Director of Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University. PhD in Science (1999), professor (2001). He graduated from Rostov-on-Don Works-Technical College under «Rostselmash» plant, branch of Rostov-on-Don Institute of Agricultural Engineering (1980).

Research interests: engineering manufacture safety, environment protection against technological impact.

Author of 175 publications, 10 inventor's certificates, 2 patents for invention and 5 patents for useful models.

Vladimir I. GARSHIN (1939), Associate Professor of the Industrial Safety Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University. Candidate of Science in Engineering (1996), Associate Professor (1997). He graduated from Rostov State Teacher Training Institute (1960).

Research interests: engineering manufacture safety, environment protection against technological impact.

Author of 120 publications, 1 patent for invention and 7 patents for useful models.