

Вопросы динамики разрушения струй при формировании капельного уноса в процессах нанесения гальванических покрытий

Е.С. Филь, В.И. Гаршин, С.Л. Пушенко, А.В. Бакланова

Одним из актуальных вопросов в области охраны здоровья человека в процессе труда является обеспечение соответствия состояния воздушной среды рабочей зоны гальванических производств требованиям гигиенических нормативов [1].

В гальванических процессах более 90% вредных веществ выделяются в рабочую зону в виде мелкодисперсного аэрозоля или тумана (капельного уноса). Улавливание таких аэрозолей предпочтительно выполнять непосредственно в области их образования – на небольшой высоте над поверхностью электролита. Одним из видов устройств для локальных систем улавливания являются многофункциональные надповерхностные электроуловители (МНЭУ) [2, 3].

Механизм образования капельного уноса включает формирование на поверхности электрода газового пузыря, движение его в слое электролита, разрушение пузыря в поверхностном слое жидкости с образованием капель, движение капель в воздушной среде над поверхностью электролита.

В данной совокупности процессов наибольший интерес представляет изучение динамики процесса разрушения газовых пузырьков в поверхностном слое на границе «жидкость–газ», поскольку именно это явление вносит наибольший вклад в формирование большинства параметров капельного уноса не только в гальванических, но и практически во всех процессах, так или иначе связанных с барботажем [4, 5].

Известно, что величина капельного уноса однозначно зависит от коэффициента поверхностного натяжения σ электролита, которое определяется, в частности, наличием в составе электролита поверхностно-активных веществ (ПАВ). Наиболее характерный случай разрушения пузырьков с формирова-

нием ярко выраженных струй, которые затем распадаются на отдельные капли, наблюдается при высоком σ (отсутствии ПАВ) и малой вязкости растворов электролита. При уменьшении σ струеобразование снижается, а при достаточной концентрации ПАВ на поверхности электролита возможно возникновение пенного слоя. При повышении вязкости электролита более 7 сПз образование струй прекращается, что показано экспериментально [6].

Аналитическое описание процессов образования струй представляет собой весьма сложную задачу (так называемая, проблема «султана») [7, 8].

Для решения практических задач (определения конструктивных параметров улавливающих систем) достаточно определить следующие характеристики динамики роста и разрушения струи на месте разорвавшегося пузырька:

- эффективный радиус капли в зависимости от ее номера в порядке разрушения струи;
- скорость отрыва капли от поверхности электролита,
- высота подъема капли;
- толщина слоя жидкости, трансформирующегося в каплю.

Указанные зависимости получены экспериментально для стандартного раствора хромового электролита по ГОСТ [9]. В условиях эксперимента моделировался случай образования и разрушения струи, возникающей при разрыве одиночного пузыря в поверхностном слое электролита. Пузырь генерировали из одиночного стеклянного капилляра диаметром 0,5 мм. Полученные при разрыве струи капли улавливались вертикальным электродом плоского воздушного конденсатора. Полученные нами усредненные зависимости для 4-х капель представлены на рис. 1 – 4.

На основании анализа результатов эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Чем меньше эффективный радиус капель тем больше их скорость и высота взлета над поверхностью электролита. Наименьший эффективный ра-

диус имеет «головная» капля. Размеры последующих по ходу разрушения струи капель возрастают в степенной зависимости.

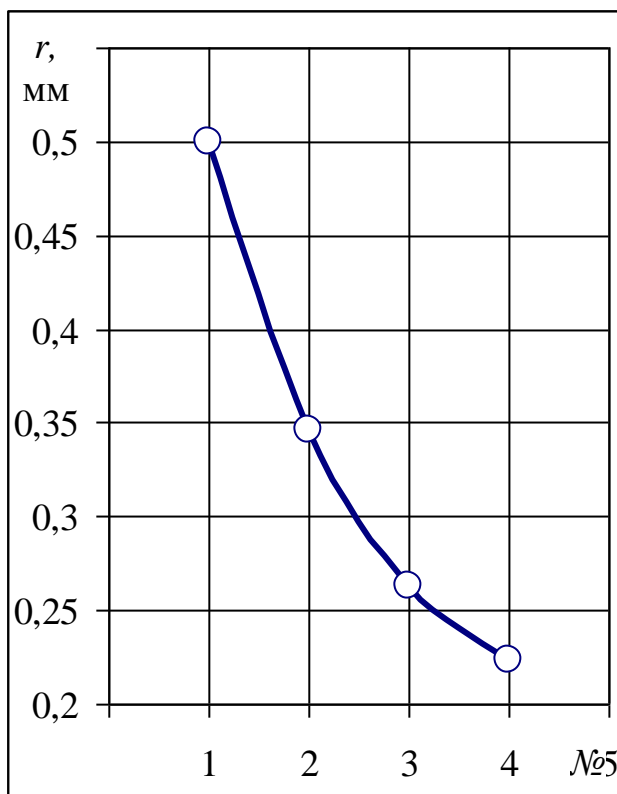


Рис.1. Эффективный радиус капли по ходу разрушения струи

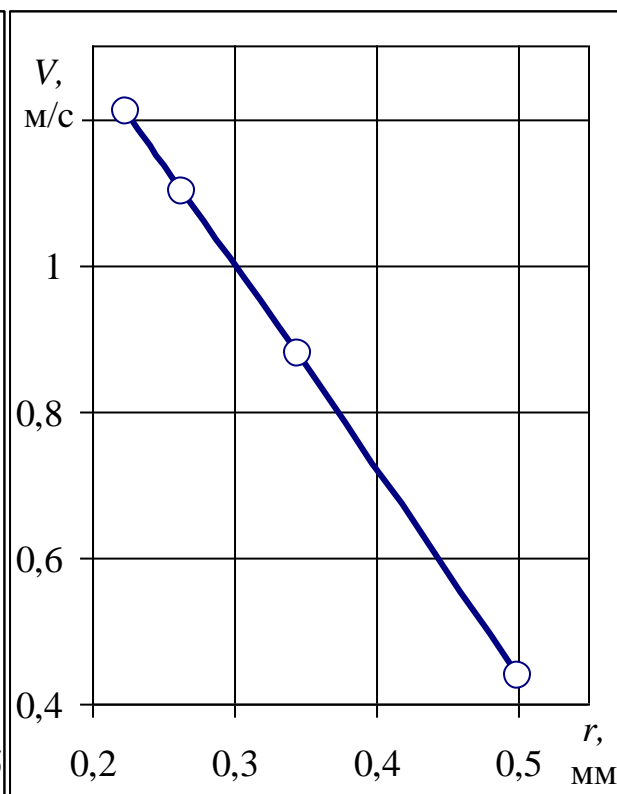


Рис.2. Скорость отрыва капли от поверхности электролита

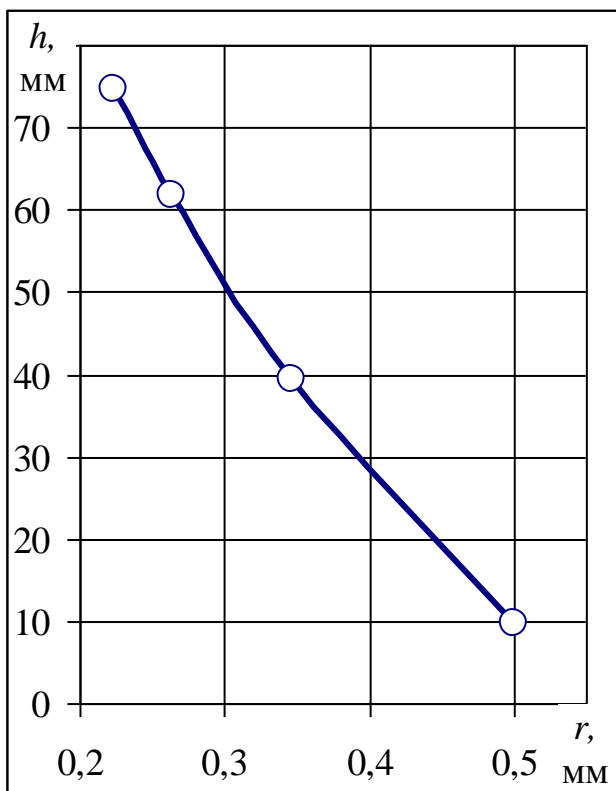


Рис.3. Высота подъема капли над поверхностью электролита

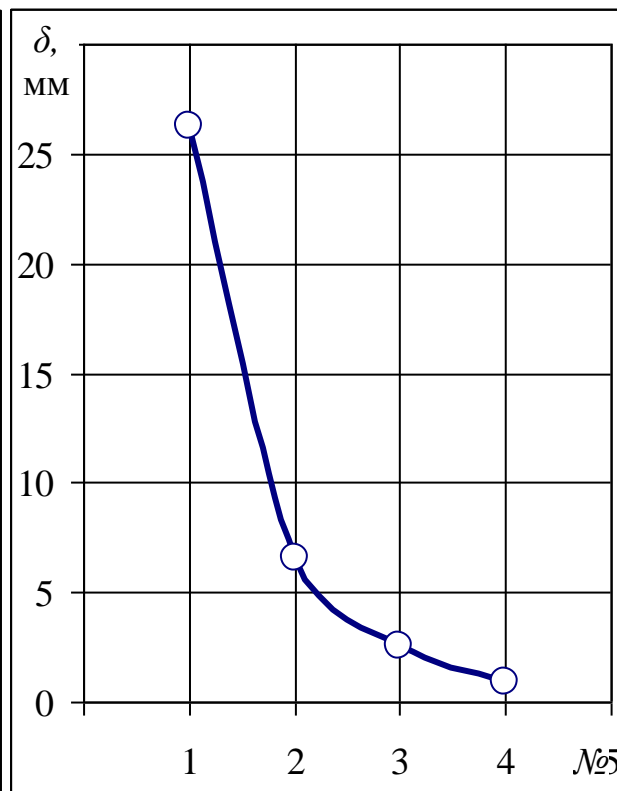


Рис.4. Толщина слоя жидкости, трансформирующегося в каплю

Отсюда следует, что определяющим фактором капельного уноса являются параметры «головной» капли и особенности процесса ее формирования. Однако, вторая и последующие капли имеют значительно большие размеры и массу, поэтому они могут возвращаться в поверхностный слой электролита. При этом происходит ударное взаимодействие с образованием вторичных капель значительно меньшего размера, которые восходящим потоком воздуха, возникающим над поверхностью электролита за счет термодиффузии, могут подниматься на значительную высоту, формируя «вторичный» капельный унос в воздух рабочей зоны аналогично результатам исследований [10, 11].

2. Толщина поверхностного слоя вычислялась исходя из предположения, что в каплю трансформируется некоторая часть поверхности жидкости, образующей нижнюю полусферу пузыря, при этом толщина этой поверхности принималась одинаковой по всей площади отрыва.

Эта оценка может быть полезна для выяснения глубины проникновения кумулятивного импульса при фокусировке его вблизи оси разрушающегося пузыря. Кроме того, можно оценить диссипацию энергии при этом процессе.

Таким образом, при расчете конструктивных параметров МНЭУ следует в первую очередь ориентироваться на высоту взлета и другие параметры «головных» капель струи (максимальную высоту взлета [4]). Кроме того, в дальнейшем следует более детально рассмотреть вопросы образования «вторичного» уноса и его снижения.

Литература:

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Гаршин В.И., Медиокритский Е.Л., Вишневецкая А.Н., Жадан А.И., Фомин И.М., Гапонов В.Л. Устройство для улавливания жидких аэрозолей. Патент RU №2050979 МПК-6 В0С 3/16. Заявл.7.09.92. Оpubл.27.12.95 – Бюл.№36.

3. Гаршин В.И., Гапонов В.Л., Вольф Е.А., Поршнева С.Е., Харченко В.А., Чередниченко О.П. Многофункциональный надповерхностный уловитель. Патент на полезную модель RU №80192 U1. Заявл.22.03.2007. Оpubл.27.01.2009. – Бюл.№3.

4. Гаршин В.И., Пушенко С.Л., Филь Е.С.. Уточнение методики определения заряда капельного уноса в рабочую зону при барботаже электролитов. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4, том 1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1072> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

5. Филь Е.С., Гераськова С.Е.. Исследование капельного уноса из гальванических ванн при нанесении хромовых покрытий. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №2. – Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1664> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

6. Хентов В.Я. Физико-химия капельного уноса / Ростов-на-Дону. Изд-во Рост. университета, 1979. — 128 с.

7. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. Изд-во Наука, 1973. – 416 с.

8. Овсянников Л.В. О всплывании пузыря / Овсянников Л.В. // Некоторые проблемы математики и механики. К 70-летию акад. М.А.Лаврентьева: сб. статей / Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние; отв. ред. Н.Н.Боголюбов. - Л.: Наука, 1970. - С.209-222.

9. ГОСТ 9.305 – 84. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.

10. Iribarne J.V., Mason B.I. Electrification accompanying the bursting of bubbles in water and dilute aqueous solutions. Trans. Faraday soc., 1967. – v.63. – No.9. – P.2234 – 2245.

11. Blanchard D. C. Electrified droplets from bursting an air-sea water interface // Nature. – 1955. – v. 175. – P 334–336.