

МЕХАНИЗМ ЗАГАЗОВАННОСТИ ЭЛЕКТРОЛИТОВ И ВЫДЕЛЕНИЕ ПУЗЫРЬКОВ

В.В. Аулин, д-р. техн. наук, проф.,
Т.Н. Замота, д-р. техн. наук, проф.,
А.В. Гринькив, канд. техн. наук, с.н.с.,

Центральноукраинский национальный технический университет

Исследование влияния электрохимических параметров на газообразование и развитие приработочных показателей проводили по схеме ролик-колодочка. Зазор в трибосопряжении изменяли за один оборот ролика от 0 до 100 мкм за счет его биения. Определение загазованности электролита проводили при напряжениях 3, 4 и 5 В по схеме, изображенной на рис. 1.

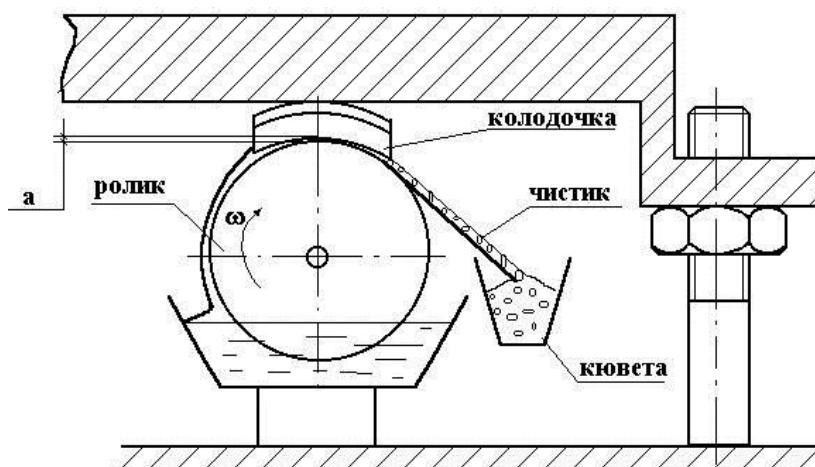


Рисунок 1 – Схема отбора проб загазованного электролита

Дисперсионность пузырьков газа оценивали с помощью микроскопа МБС-10 при увеличении $\times 56$ и специальной индикаторной головки МИГ-1 с ценой деления 1 мкм, вводимой в измерительную систему предметного столика (рис. 2).

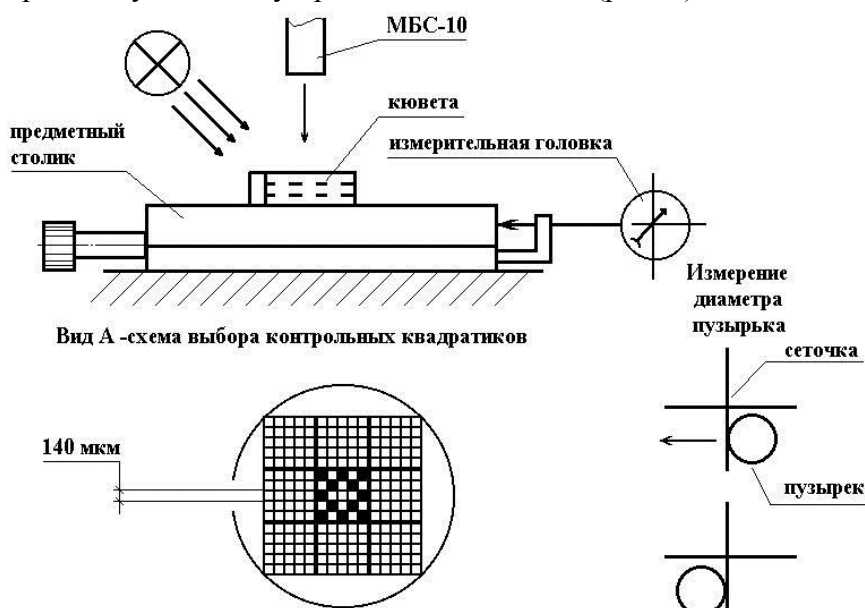


Рисунок 2 – Схема оценки загазованного электролита

Изменение потенциалов на колодочке проводили с помощью электродов сравнения, и осциллографа С-19Б по схеме, приведенной на рис. 3.

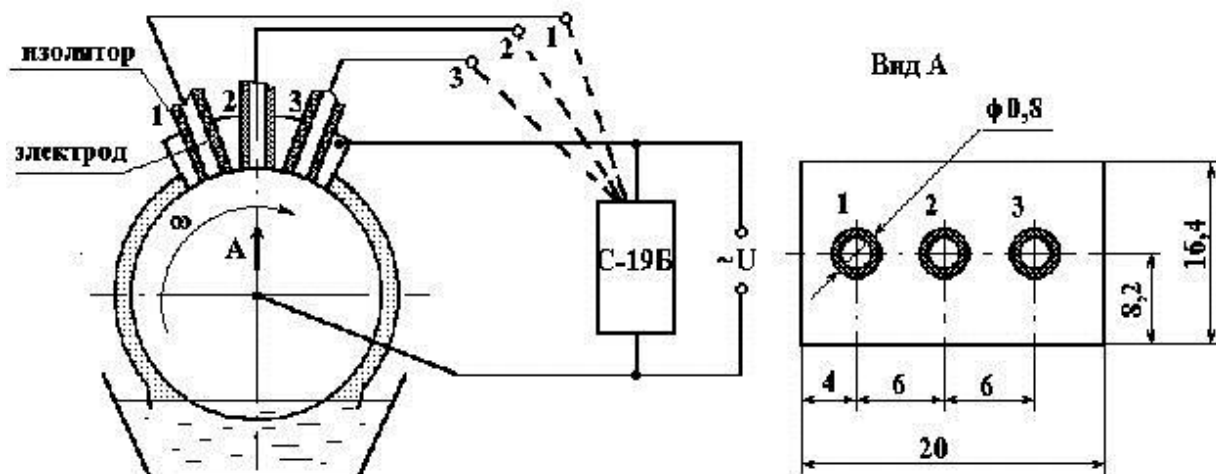


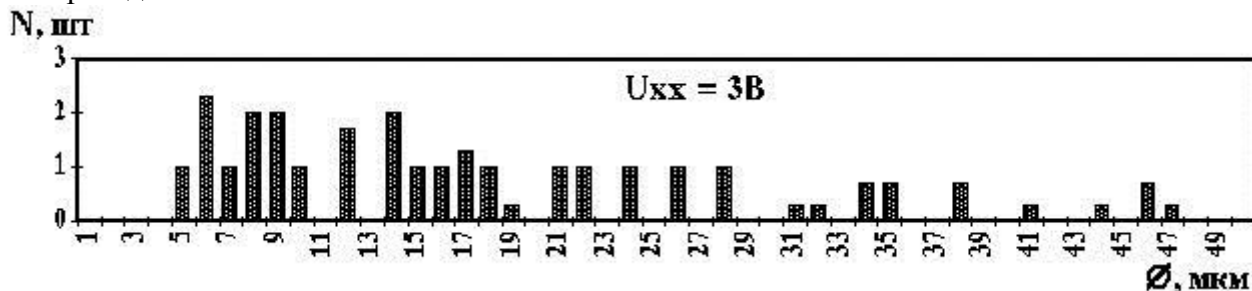
Рисунок 3 – Схема подключения электродов к колодочке

Электроды представляли собой медные проводники, изолированные от колодочки.

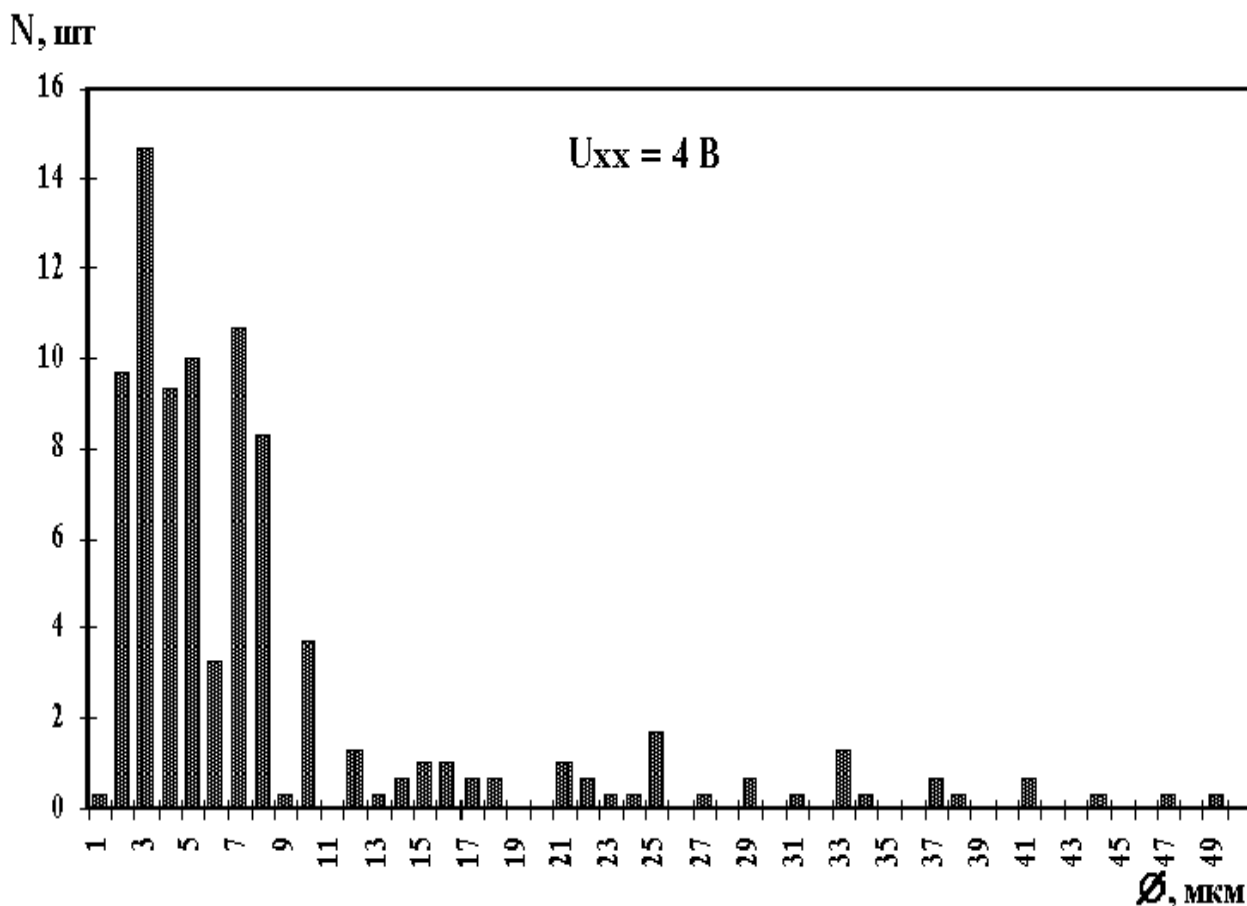
Для выяснения роли выделяющихся пузырьков газа на течение процесса были поставлены дополнительные эксперименты по изучению влияния количества и дисперсности выделяющихся газовых пузырьков на изменение конусности, площади пятна контакта и износ.

Как показали эти исследования, при напряжении $U_{xx} = 4$ В электролит имеет наибольшее количество мелких пузырьков газа с диаметром до 10 мкм. Предполагали, что мелкодисперсные пузырьки попадая во впадины микрошероховатости предотвращают ее растравливание за счет своей низкой электропроводимости, в результате возникают лучшие условия для травления микровыступов. Это создает возможность сглаживать микровыступы, за счет чего более интенсивно развивается площадь при малой величине износа. Благодаря этому же явлению лучше исправляется конусность.

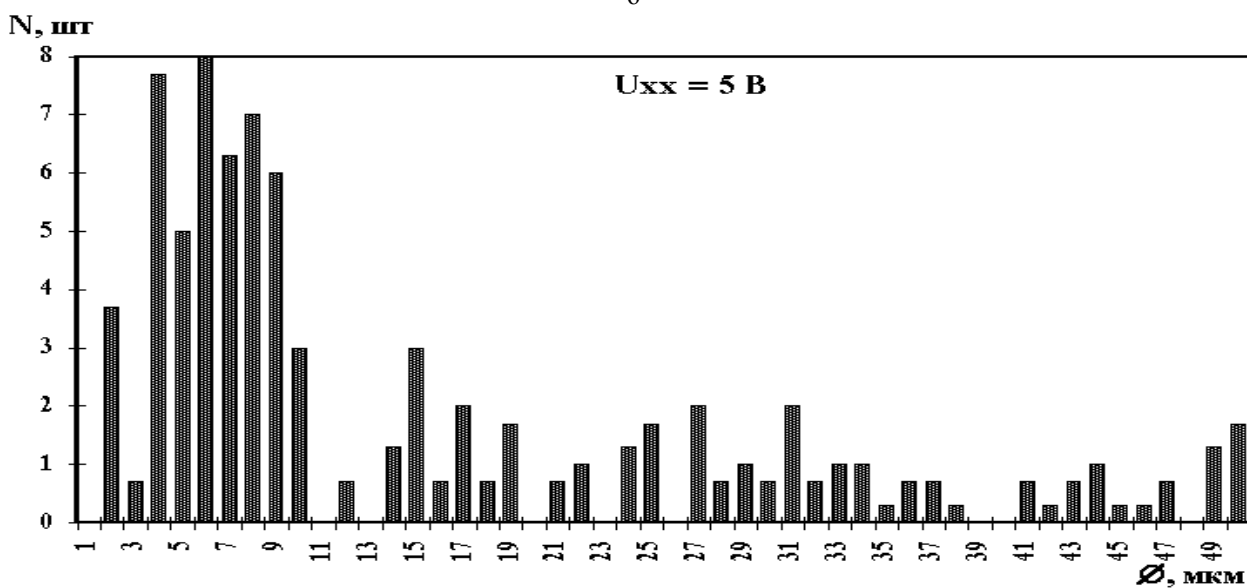
В результате проведенных исследований было определено количество и дисперсность пузырьков газа, образующихся в электролите при различных напряжениях. Напряжение влияет на процесс газообразования (рис.4). При напряжении $U_{xx} = 3$ В имеет место неинтенсивное газообразование с преобладающим образованием крупных пузырьков. При напряжении $U_{xx} = 4$ В образовывалось большое количество мелких пузырьков размерами до 10 мкм, а при напряжении 5В преимущественно образовывались крупные пузырьки размером до 50 мкм.



а



6



в

Рисунок 4 – Фракционный состав пузырьков при различных электрических напряжениях: а – $U_{xx} = 3$ В; б – $U_{xx} = 4$ В; в – $U_{xx} = 5$ В

По всей вероятности, попадая во впадины микрошероховатости пузырьки, вследствие своих диэлектрических свойств, предотвращают растравливание этих впадин (рис. 5). Микровыступы не блокируются мелкими пузырьками, что способствует их локальному травлению [146].

В то же время крупные пузырьки могут закрывать микровыступы, в результате чего происходит пробой в межэлектродном зазоре, вызывающий эрозию металла. Такое явление имело место при напряжении $U_{xx} = 5$ В.

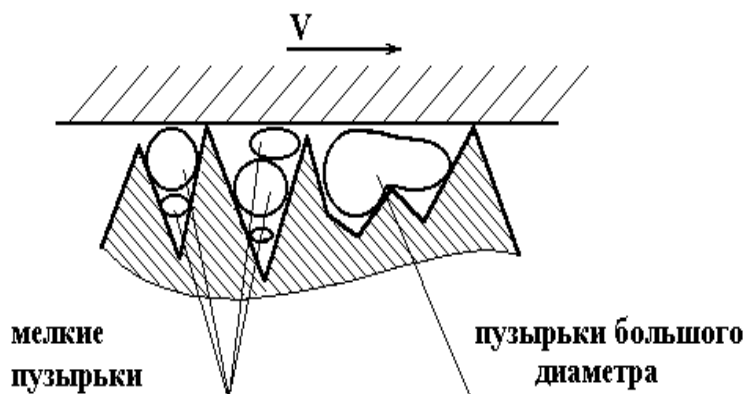


Рисунок 5 – Схема возможного расположения пузырьков газа при электрохимических процессах, протекающих в электролите

Таким образом, при напряжении $U_{xx} = 4$ В возникают лучшие условия для травления микровыступов, что создает возможность сглаживать микроповерхность за счет чего более интенсивно развивается площадь пятна контакта при более малой величине износа [170].

В зависимости от диаметра пузырька было найдено избыточное давление внутри пузырька [156]

$$p_n = 2\sigma_n/r \quad (1)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения электролита 1, ($\sigma_n = 3,01 \cdot 10^{-2}$ Н/м).

По закону Бойля - Мариотта, зная избыточное давление в пузырьках разных диаметров и их количество (рис.4), был определен коэффициент перевода объема газа в пузырьке в нормальных условиях и объем выделившегося газа. Как видно из табл.1, мелкие пузырьки обладают большим избыточным давлением. Причем при уменьшении диаметра пузырька меньше 10 мкм, возрастание давления в пузырьке идет наиболее интенсивно.

По методике проведения данных опытов исследуемый объем электролита составлял $V_{исл.} = 246.960.000$ мкм³. При этом при 3В газ занимал 0,081% от этого объема, при 4 В - 0,088%, а при 5 В был 0,239%.

Электропроводимость газовой эмульсии ниже, чем чистого электролита, ее можно определить по формуле 4. 6.[156].

$$\chi_{эф} = \chi_0(1 - 1,78\varepsilon + \varepsilon^2), \quad (2)$$

где $\varepsilon = \frac{V_z}{V}$ – величина, показывающая отношение объема газа V_z к общему объему электролита;

χ_0 – электропроводимость незагазованного электролита.

Величина ε тем больше, чем больше выход по току газов, чем меньше межэлектродное расстояние [156].

Опыты с использованием электродов сравнения показали, что на первом электроде по ходу вращения ролика потенциал был наименьшим. Затем потенциал увеличился и на третьем электроде он был максимальным (таблица 1).

Таблица 1 – Токовые параметры в различных местах колодочки.

Точка измерения	Напряжение в различных точках, U, В	Напряжение на кольце, U, В	Напряжение хх, U, В	Сила тока, I, А
1	1,26			
2	2,27	3,86	4,00	1,00
3	3,70			

Так как зазор под электродами был одинаковым, то различие напряжений можно отнести к загазовыванию электролита под колодочкой по мере вращения ролика (рис. 6).

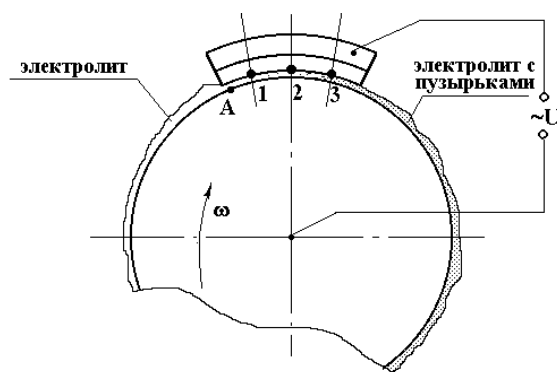


Рисунок 6 – Схема загазовывания электролита

Чистый электролит попадая в зазор между роликом и колодочкой начинал заполняться пузырьками газа. Время прохождения точки А (рис. 6) вдоль поверхности колодочки составляет 0,01 с. От т.1 до т. 2 это время составляло 0,003 с. За столь короткое время происходило существенное снижение электропроводности электролита.

Предварительные опыты показали, что при $1,67 \text{ с}^{-1}$ в электролите наибольшее количество мелких пузырьков возникало при напряжении 4 В. При повышении частоты вращения до $8,35 \text{ с}^{-1}$ при 4 В также наблюдалось наиболее мелкодисперсное газообразование.

Направления применения газообразования в электролитах при ЭХМП:

1. Принудительное изменение режима трения прирабатываемого сопряжения деталей от гидродинамического до граничного для активации поверхности при непосредственном механическом контакте. Это вызывается кратковременным повышением напряжения процесса свыше 4В (максимум до 5 В), образованием газовой эмульсии в зазоре, которая легко сжимается и не обладает свойствами жидкости без газа внутри (чем и является электролит).

2. Газообразование при напряжениях, которые обеспечивают наиболее мелкодисперсное газообразование в электролите (от 4 до 4,5 В), способствует выравниванию поверхности и формированию износостойких плосковершинных микрорельефов.

3. Повышение напряжения свыше 5 В, что вызывает интенсивное газообразование, может спровоцировать появление в зазоре между прирабатываемыми поверхностями электроэрозионных процессов. Они могут быть применимы для активации абразивного изнашивания если это необходимо в технологических целях.

Список литературы

1. Аулин В.В. Исследования процессов выделения пузырьков газа в смазывающей среде при приработке и их влияние на изменение режима трения / В.В. Аулин, Т.Н. Замота // Проблемы трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2011. – №1 – С.95-99.
2. Аулин В.В. Закономерности приработки деталей различных типов сопряжений / В.В. Аулин, Т.Н. Замота / Зб. тез матеріалів міжнар. наук. практ. конф. «Ольвійський форум - 2012» Секція «Трибологія, енерго- та ресурсозбереження», 6-10 червня 2012, Ялта., т. 12. – С.69-72.
3. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.
4. Аулин В.В. Повышение качества приработки сферических трибосопряжений гидроагрегатов электрохимико-механическим методом / В.В. Аулин, Т.Н. Замота // Трение и смазка в машинах и механизмах, 2015. – №5. – С.19-22.
5. Аулин В.В. Повышение надежности гидроагрегатов приработкой их основных сопряжений / В.В. Аулин, Т.Н. Замота, А.Е. Чернай / Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 121-124.