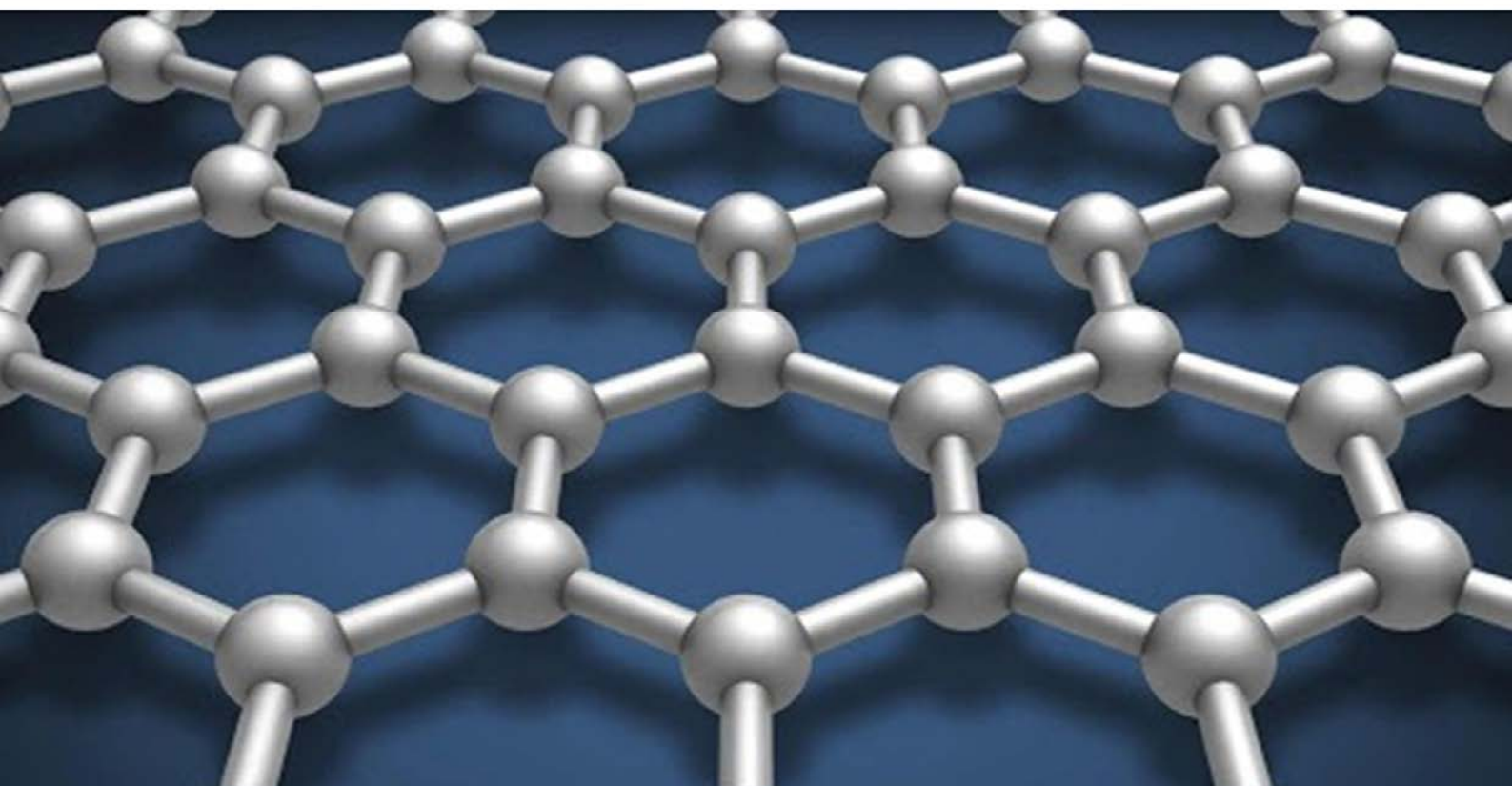


Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

УДК 544.653.22; 669.27.054.85

## АНОДНОЕ РАСТВОРЕНИЕ ВОЛЬФРАМА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТА НА ОСНОВЕ РЕДКОГО КАЛИ

У.Н. Рузиев, С.Н. Расулова, В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова, С.Н. Ким, У.Р. Эрнazarов

**Введение.** Техногенный вольфрам локализован в отходах производства изделий порошковой металлургии (высевок, порошка, пластин, штабиков, боя и др.), вольфрамовых и быстрорежущих сталей, твердых сплавов. Для его регенерации применяют сплавление с нитратами и нитритами щелочных металлов [1-2], однако, из-за высокой энергоемкости процесса, идет поиск экономичных альтернативных схем. Среди них - окислительные химические методы: в автоклаве [3-4], хлорное растворение в диметилформамиде [5], в растворах пероксида водорода [6], а также электрохимические технологии в щелочных [7] и нейтральных [8] средах, с раздельным извлечением металлов [9]. Так, отделению вольфрама от молибдена способствует нерастворимость его в смеси азотной и серной кислот [10-11]. Для анодного растворения вольфрама применяют растворы аммиака [12-13], аминов [14], хлорида натрия в водно-органических средах [15], соляной кислоты [16], едкого натра [17-18]. Применение едкого кали мало изучено.

Цель исследования: изучение электрохимических характеристик процесса анодного окислительного растворения вольфрама в растворах едкого кали.

**Объекты и методы исследования.** Потенциал ( $\varphi$ ) торцевой поверхности вольфрамовой проволоки  $\varnothing$  0,05 мм, ГОСТ 14338.0-82, окисленной на воздухе, во фторопластовой оправе, в термостатированных (20 °С) растворах КОН концентрацией от нуля до 5 моль, а также  $i$ - $\varphi$  измерения на ней выполнены на потенциостате ПИ-50-1, с отсчетом  $\varphi$  относительно оксидно-ртутного электрода (при  $pH > 7$ ) или х.с.э. ( $pH \leq 7$ ), с пересчетом на нормальный водородный электрод (н.в.э.), элементный анализ - спектрометрически (Agilent 7500 ICP).

**Результаты и их обсуждение.** Поскольку приоритетом среди способов переработки техногенного вольфрама является его анодное растворение в щелочных растворах, то целесообразно было начать его изучение со съема кривых анодного заряжения вольфрама.

Кривые анодного заряжения вольфрамового электрода. Эксперимент проводили в растворах КОН, моль: 1,0; 1,5; 2,0;

2,5; 3,0, без перемешивания, плотность анодного тока  $i$  (анод) = 200 мА/см<sup>2</sup>. Кривые анодного заряжения электрода снимали в течение 1-2 ч, с предварительной его катодной поляризацией  $i$  (катод) = 200 мА/см<sup>2</sup>, в течение 10 мин.

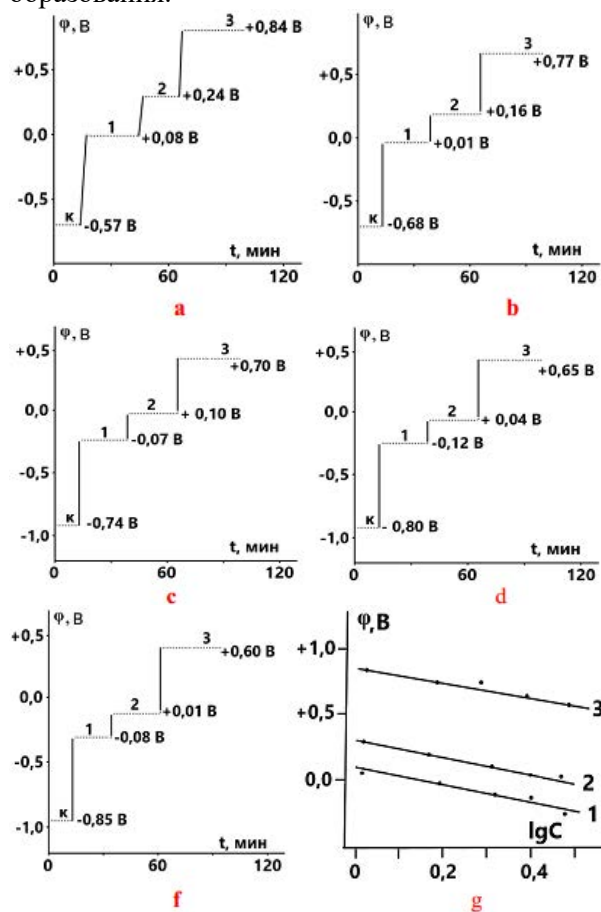
Кинетические зависимости изменения потенциала поверхности W-электрода носят название «кривых анодного заряжения поверхности» W-электрода в растворах КОН разной концентрации, имеют вид ступенчатых площадок потенциала (рис. 1 а-ф). Нижняя площадка на графиках отвечает потенциалу выделения водорода, верхняя - кислорода. Промежуточные две из них соответствуют равновесным потенциалам анодного растворения металла и образования оксидных пленок, в зависимости от  $C_{\text{KON}}$ , что в координатах  $\varphi - \lg C_{\text{KON}}$  имеют вид 3-х прямых (рис. 1г): первая снизу соответствует равновесному состоянию W со степенью окисления +4, +5, вторая - W +6, третья - реакции разряда молекул воды или гидроксил-ионов до O<sub>2</sub>.

Принимая во внимание установившееся на W-аноде равновесие между скоростями прямой реакции образования гидроксидов вольфрама и обратной реакции их растворения, при потенциале, термодинамически связанном с концентрациями гидроксильных ионов и температурой растворов, видим, что 1-я и 2-я площадки рис. 1 (а-ф) также отличаются друг от друга, так как они измерены при различных концентрациях гидроксил-ионов.

Угловой коэффициент (тангенс угла) наклона зависимостей  $\varphi - \lg C_{\text{KON}}$  (№1-2-3 рис.1г), построенных на основе кинетических измерений потенциала W в растворах разной концентрации КОН, равен 0,6, что превышает термодинамически разрешенное значение в уравнении Тафеля для одностадийной реакции [19].

Следует отметить, что для приближения экспериментально измеренного методом анодного заряжения значения  $\varphi$  к термодинамически рассчитанному равновесному потенциалу вольфрама [20] требуется применение низкой плотности тока. Протяженность площадки 1 или 2 служит показателем количества электричества, требуемого для образования оксидного слоя.

Тогда, исходя из их потенциала и протяженности, площадке подбирают соответствующую термодинамически разрешенную реакцию образования.



**Рис. 1.** Кривые анодного заряжения вольфрамового электрода в растворе КОН, моль: а - 1,0; б - 1,5; с - 2,0; д - 2,5; е - 3,0, а также зависимость потенциала площадок анодного заряжения от логарифма концентрации едкого кали в растворе (г). Обозначение: номера 1-2-3 на (г) отвечают номерам площадок на (а – ф) графиках

Наш случай анодного заряжения W, когда применяется высокая плотность анодного тока,  $200 \text{ mA/cm}^2$ , иначе гидроксидная пленка не сохраняется в растворах КОН, не может быть так интерпретирован. Предложено следующее объяснение феномену. При фиксированных потенциалах поверхности W: площадок 1-2-3, в растворе обнаружены вольфрамат-ионы - финишные продукты окисления, путем одноэлектронных переносов заряда на W, проходящего через образование промежуточных продуктов. Так, на рис. 1 площадка №1 отвечает равносуществованию устойчивой формы гидроксида W. Если приповерхностный слой анода не запассивирован, т.е. не покрыт барьерным оксидно-гидроксидным слоем, препятствующим электролизу, то металл

растворяется. Длина площадок 1 и 2 в этом случае является неограниченной.

При пассивировании анода, потенциал приобретает более положительные значения, вплоть до запуска нового электродного процесса формирования оксидного слоя иной стехиометрии (переход от 1-й ко 2-й площадке) или выделения кислорода (к площадке 3).

Промежуточные площадки 1 и 2 указывают на образование слоев промежуточных оксидных форм, но протяженность площадок 1-2 не может служить показателем количества электричества, пошедшего на их образование, так как они находятся в динамическом равновесии с вольфрамат-ионами в растворе. Но при условии равенства скоростей образования и растворения оксидов, их можно обнаружить на поверхности.

Рис. 1г подтверждает это суждение: потенциал выделения кислорода на W прямая линия №3, при плотности тока  $200 \text{ mA/cm}^2$ , является линейной функцией от логарифма концентрации щелочи. Следовательно, зависимость потенциала анодного растворения вольфрама, при той же плотности тока, также выражается линейной функцией от логарифма  $S_{\text{кон}}$ , т.е. в кинетическом отношении процесс анодного растворения металла ведет себя аналогично процессу выделения водорода и кислорода. Образование на поверхности W-электродов оксидных слоев (прямые №1-2 рис. 1г) не нарушает этой закономерности. Различие в величинах потенциалов площадок 1 и 2 определяется величиной адсорбционного (или адсорбционно-фазового) потенциала, обусловленного образованием на W-поверхности, при анодной поляризации, той или иной оксидной фазы.

Вышеуказанный угловой коэффициент наклона зависимостей  $\varphi - \lg S_{\text{кон}}$ , при постоянной плотности тока определяется величинами коэффициентов переноса  $\alpha$  и  $\beta$  уравнения Тафеля, которые в многостадийной электродной реакции могут принимать значения, отличные от 0,5, в том числе и зафиксированное значение 0,6:

$$\eta = a + b \cdot \lg i \quad (1)$$

где  $\eta$  - перенапряжение, В, связанное с  $\varphi$ ; а и b – коэффициенты уравнения Тафеля.

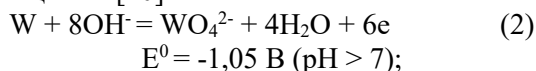
По итогам этапа исследования следует отметить высокую информативность метода записи кривых анодного заряжения W-электрода в отношении электрохимического и химического поведения поверхности, анодно поляризованной в растворах КОН.

i-φ кривые анодной поляризации W в

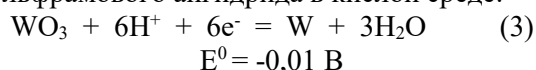
растворах едкого кали.

Анодное поведение вольфрама в растворах NaOH [17-18] выявило наличие на поляризационных  $i$ - $\phi$  кривых, полученных методом линейной вольтамперометрии, участки предельной плотности тока ( $i_{пред}$ ), которая возрастает с повышением концентрации гидроксид-ионов: зависимость линейна в диапазоне концентраций NaOH 0,25-5,0 М, процесс растворения протекает под диффузионным контролем  $OH^-$ -ионов.

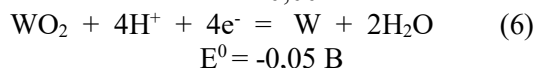
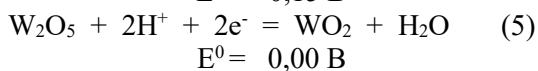
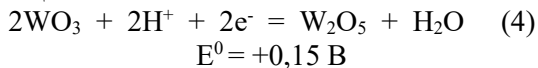
Изучена анодная поляризация W в растворах едкого кали (рис. 2). Отказ от NaOH и переход к KOH целесообразен, ввиду возможности прямого разделения W и Re в нем. Используются растворы KOH разной концентрации. Стандартные потенциалы стадий процесса лежат в отрицательной области и определяются электродными реакциями [20]:



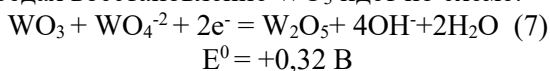
Потенциал реакции восстановления вольфрамового ангидрида в кислой среде:



Потенциал отдельных стадий этой реакции:



В умеренно щелочных и нейтральных средах восстановление  $WO_3$  идет по схеме:



Из рис. 2 видно, что поляризационные кривые анодного растворения вольфрама экстраполируются на более положительные значения электродных потенциалов, чем их приведенное в (2) значение стандартного потенциала этого процесса [20]. Аналогичную картину сдвига экспериментального потенциала  $\phi$  в положительную область мы наблюдали и на кинетических зависимостях  $\phi$  (рис. 1). Более отчетливо это видно из кривых анодной поляризации в полулогарифмической системе координат  $lgi$ - $\phi$  (рис. 3).

Представляется, что смещение поляризационных кривых процесса анодного растворения вольфрама в щелочных растворах в положительную область потенциалов, относительно их значений стандартных потенциалов, связано с влиянием фактора кинетического характера, а именно, с

обеднением прианодного слоя электролита (по мере повышения плотности анодного тока) гидроксил-ионами и обогащения молекулами воды, т.е. с наступлением концентрационной поляризации по разряду гидроксил-ионов, сопровождается сменой кинетического механизма процесса [19], а именно лимитирующей стадией процесса электрохимического растворения вольфрама в указанном KOH электролите – с диффузионного подвода гидроксил-ионов [17] (7) к растворяемой поверхности W на подвод недиссоциированных молекул воды (8, 9, 10).

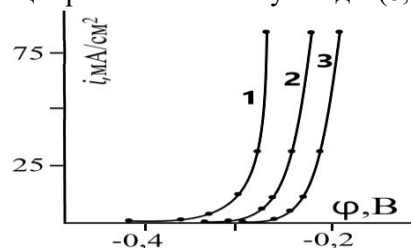


Рис. 2. Поляризационные кривые анодного растворения W:  $\phi$ (В) -  $i$  (mA/cm<sup>2</sup>) в растворах KOH, при 25 °С, концентрацией, моль: 1 - 0,0; 2 - 1,0; 3 - 5,0

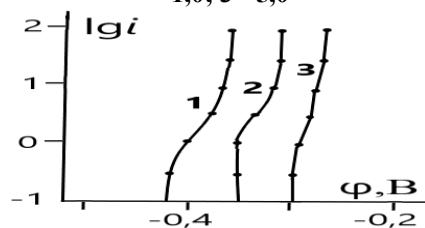


Рис. 3. Поляризационные кривые анодного растворения W:  $\phi$ (В) -  $lgi$  (mA/cm<sup>2</sup>) в растворах KOH, при 25 °С, концентрацией, моль: 1 - 0,0; 2 - 1,0; 3 - 5,0

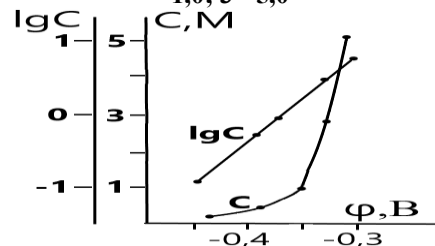
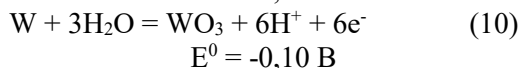
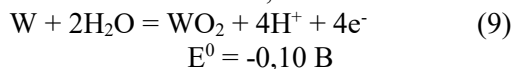
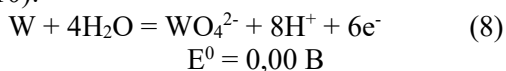


Рис. 3. Зависимости потенциала W-электрода при  $i_a = 10 \text{ mA/cm}^2$ , 25°С. от  $C_{кон}$ , (моль), в виде:  $\phi$ -C и  $-\lg C$  кривых

Об этом свидетельствует изгиб поляризационных кривых  $lgi$ - $\phi$  (рис. 3), что отвечает моменту заметного возрастания роли молекул воды в анодном разряде, в результате чего на аноде образуются атомы кислорода не только при разряде ионов гидроксила, но и при разряде молекул воды, что требует более положительных значений потенциала анода. Указанный процесс иллюстрируется стандартными потенциалами процессов анодного растворения вольфрама в нейтральных растворах (8) - процесс идет

значительно положительнее, чем в щелочных, независимо от того, проходит ли электродный процесс на аноде непосредственно или через стадию образования промежуточных оксидов (9-10):



Из приведенных данных следует, что потенциалы процесса анодного растворения вольфрама должны иметь одинаковые численные значения, как в щелочных, так и нейтральных растворах: процесс проходит через стадию образования высших оксидов  $WO_3$ , которые взаимодействуют с молекулами воды, с образованием вольфрамат-ионов.

На практике, на рис 3, виден сдвиг потенциала анода в положительную область по мере роста концентрации гидроксил-ионов – от нейтральной среды до 5М раствора КОН.

На основе рис. 3 построен рис. 4., показывающий зависимость потенциалов вольфрамового электродов, при анодной плотности тока  $10 \text{ mA/cm}^2$ , от концентрации КОН в растворе электролита, в простой и полулогарифмической системе координат. Из рис. 4 следует, что соблюдается зависимость потенциала электрода от концентрации потенциал-определяющих ионов, отвечающая уравнению Нернста:

$$\varphi = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{Ox}{Red}; \quad (11)$$

где  $Ox$  – концентрация окисленной формы,  $Red$  – восстановленной,  $E^0$  – стандартный потенциал электрода. В щелочном растворе это уравнение для  $W$  имеет вид (12):

$$\varphi_w = E_w^0 + \frac{RT}{6F} \ln \frac{[WO_4^{2-}]}{[OH^-]^6} = E_w^0 + \frac{0,059}{6} \lg \frac{[WO_4^{2-}]}{[OH^-]^6} \quad (12)$$

Уравнение Нернста предполагает подстановку равновесных значений потенциала электрода, т.е. взятых при нулевой плотности

тока:  $i = 0 \text{ mA/cm}^2$ . При построении рис. 4 использованы значения потенциалов вольфрамового анода, взятые при плотности тока  $10 \text{ mA/cm}^2$ , исходя из данных  $\varphi_w$  на рис. 3. Из (12) следует, что при изменении концентрации щелочи поляризационные кривые не меняют своей формы, а лишь смещаются параллельно оси потенциалов. Следовательно, зависимость смещения равновесных потенциалов (при  $i = 0 \text{ mA/cm}^2$ ) и потенциалов при конечных плотностях тока, от концентрации щелочи в растворах электролита, будет одной и той же.

**Заключение.** Изучено анодное поведение вольфрама в растворах электролитов на основе едкого кали, при комнатной температуре в диапазоне концентраций щелочи от нуля до 6 моль. Кинетическим методом записи кривых анодного заряжения вольфрамового электрода, при высокой плотности анодного тока,  $200 \text{ mA/cm}^2$ , показан ступенчатый характер изменения потенциала анодной поверхности вольфрама, с образованием «площадок» постоянного потенциала, отвечающих за процесс роста пленок гидроксидов вольфрама на поверхности, за растворение металла и выделение кислорода. Методом вольтамперометрии, анодной поляризации  $W$  в растворах едкого кали, в диапазоне плотности анодного тока  $10-80 \text{ mA/cm}^2$ , выявлен изгиб поляризационных кривых  $I_{gi}-\varphi$ , свидетельствующий, предположительно, о смене кинетического механизма процесса растворения вольфрама: с лимитирующей стадии диффузии к его поверхности гидроксил-ионов на подвод к ней недиссоциированных молекул воды. При переходе от  $pH=7$  раствора к возрастающей концентрации КОН, вплоть до 5М, вид кривых  $I_{gi}-\varphi$  не меняется, но они сдвигаются в область положительных значений потенциала вольфрама.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Зеликман А.Н., Никитина А.С. Вольфрам. Москва: Изд-во Металлургия, 1978, 272.
2. Никитина Л.С. Производство вольфрама из вторичного сырья. Цветные металлы. **1989**, No. 9, 84.
3. Пирматов Э. А. Физико-химические основы и разработка технологии комплексной переработки вольфрамсодержащего сырья. Автореф. дис. д.т.н. Алматы. 2003, 50 с
4. Ruziev U.N., Guro V.P., Sharipov Kh.T., Kayumov B.B., Niyazmatov A.A. Raw materials for modified hard alloys based on tungsten carbide. Chem. J. Kaz., 2022, 1(77), 37-50. DOI: 10.51580/2022-1/2710-1185.55 (In Russ.).
5. Печенкина Е.Н. Окислительное растворение молибдена, вольфрама и рения при хлорировании в органической среде. Диссер на соис уч ст. к.х.н. М.- 2005. 98 с.
6. Ганиев Ш. У., Артыкбаев Т. Д., Цыганов Г. А. О кинетике и продуктах растворения молибдена и вольфрама в перекиси водорода // Журн. неорганич. химии. 1973. Т.18. N 3. С.709-711.
7. Ким Г.Ч., Гуро В.П., Ганиев Ш.У. Электрохимическая переработка отходов  $Mo, W$  в щелочном

растворе // Узб. хим. ж. – г. Ташкент, 1997. - № 2. - С.72-76.

8. Ганиев Ш.У., Исмаилов Н.П., Гуро В.П. Анодное растворение металлических отходов молибдена и вольфрама в нейтральных растворах // Химия и химическая технология. – г. Ташкент, 2004. - №1-2. - С. 59-61.

9. Блохин А.А., Копырин АА. Химия и технология молибдена, вольфрама и рения: Текст лекций. СПбГТИ (ТУ). - СПб., 1999. - 91 с.

10. Ибрагимова М.А., Гуро В.П., Ходжаев О.Ф., Ганиев Ш.У., Пирматов Э.А. Состав травильной жидкости для снятия вольфрамовых спиралей с молибденовых кернов. - Патент РУз 04223. - Зарег. 22.12.1999. – Заяв. № ИНДР 9800820.1.- Приор. 23.11.1998.

11. V.P. Guro, Molybdenum Dissolution in Mixtures of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and Concentrated HNO<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in the Presence of Tungsten (2008), Inorganic Materials, Vol. 44, No. 3, pp. 291–295. © Pleiades Publishing, Ltd., 2008. Original Russian Text © DOI: 10.1134/S0020168508030059.

12. Палант А.А., Брюквин В.А., Левчук О.М. и др. Патент Ру 2340707. Способ электрохимической переработки металлических отходов вольфрама или рения. Заявл.: 2007-03-20; Оpubл. 10.12.2008.

13. Палант А.А., Павловский В.А. Физико-химические и технологические основы электрохимической переработки отходов металлического вольфрама. Технология металлов,- 2003.- № 11.- С.3-7.

14. Павловский В.А., Палант А.А., Резниченко В.А. Патент SU 1794108 А3. Способ переработки отходов металлического вольфрама. Заяв. № 4936980, опубл. 1993-02-07.

15. Козлова Н.Б. Электрохимическое растворение молибдена, вольфрама и сплавов на их основе в водных и водно-органических растворах электролитов. Дисс. на соис. уч. ст. к.т.н. г. Иваново. - 2003. 131 с.

16. Коленков В.В., Фунтикова Е.И., Шапиро К.Я., Юркевич Ю.Н. Патент SU 233922 А1. Электрохимический способ растворения металлического вольфрама. Заяв. 1078010/22-1, 1966.05.14. Регистр. 1966.05.14; Оpubл. 1968.12.24

17. Левин А.М., Кузнецова О.Г., Севостьянов М.А. Влияние карбоната натрия на предельный ток растворения вольфрама и молибдена в растворах NaOH. В сб. статей Междунар. н.-практ. Конф. «Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований» (20 февр. 2017 г., г. Казань). В 4 ч. - Уфа: АЭТЕРНА, 2017. – ч. 4. С.17-19.

18. Березина С.Л., Горячева В.Н., Двучичанская Н.Н. Анодное поведение вольфрама с различной поверхностной структурой в щелочном электролите, Успехи современного естествознания 2017.–№4.– С.7-11; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36426>.

**Калит сўзлар:** вольфрам, техноген чикиндилар, каттик қотишмалар, кек, анодли эритма, калий гидроксид.

“Олмалиқ КМК” АЖ хом ашё сифатида вольфрам концентратидан фойдаланган ҳолда каттик қотишмалардан маҳсулот ишлаб чиқаради, аммо унга муқобил хом ашё мавжуд - вольфрам ишлаб чиқариш чикиндиларида маҳаллийлаштирилган техноген вольфрам, кукунли металлургия маҳсулотлари (кукун, плиталар ва бошқалар), каттик қотишмалар. Вольфрам металл хом ашёсини қайта ишлашнинг маълум усулларида энг жозибадори унинг калий гидроксиди асосланган электролит эритмаларида электрохимёвий эритмасидир. Ушбу муҳитда вольфрамнинг ҳаракати анод юзасининг анод зарядлаш эгри чизиқлари ва вольфрам вольтамперометрия усуллари билан ўрганилган.

**Ключевые слова:** вольфрам, техногенный отход, твердые сплавы, кек, анодное растворение, едкий кали.

АО «Алмалыкский ГМК» производит изделия из твердых сплавов, используя в качестве сырья вольфрамовый концентрат, однако имеется ему сырьевая альтернатива - техногенный вольфрам, локализованный в отходах производства вольфрама (штабики), изделий порошковой металлургии (высевок, порошка, пластин и пр.), твердых сплавов. Из известных способов переработки металлического вольфрамового сырья наиболее привлекательный - электрохимическое его растворение в растворах электролита на основе едкого кали. Методами кривых анодного заряжения анодной поверхности и вольтамперометрии вольфрама изучено его поведение в этой среде.

**Key words:** tungsten, industrial waste, hard alloys, cake, anodic dissolution, caustic potash.

JSC "Almalyk MMC" produces products from hard alloys, using tungsten concentrate as a raw material, however, there is a raw alternative to it - technogenic tungsten, localized in waste products of tungsten production (rods), powder metallurgy products (screenings, powder, plates, etc.), hard alloys. Of the known methods for processing metallic tungsten raw materials, the most attractive is its electrochemical dissolution in electrolyte solutions based on caustic potash. The behavior of tungsten in this medium was studied using

**1. Химия и физикохимия композиционных материалов и нанокмозитов**

Э.А. Пирматов, А.Н. Шодиев, А.А. Саидахмедов, Ф.М. Пармонов, У.Г. Амиров. Физико-химическое исследование продуктов гидролитического разложения промышленных растворов молибдата натрия.....	3
Д.Р. Атакузиева, З.С. Алихонова, У.К. Уринов. Влияние смеси сульфатоалюмината кальция и $\beta$ двухкальциевого силиката на твердение портландцемента.....	7
М.Х. Кучкарова, С.С. Негматов, С.Б. Юлчиева, К.С. Негматова, Х.Ю. Рахимов. Анализ смазочноохлаждающих жидкостей, используемых в машиностроении.....	10
Н.Т.Турабов, Ж.Н. Тоджиев, Ш.С.Назиров. 2,7-динитрозо-1,8-диоксифталин-3,6-дисульфокислота как аналитический реагент для спектрофотометрического определения меди(II).....	13
А.Т. Бозоров, М.У. Каримов, А.Т. Джалилов, С.У. Соатов. Паст малекуляр массали кремний (IV) оксидини махаллий хом ашёллар асосида синтез қилиш ва техник хоссаларини ўрганиш.....	16
М.Т. Қаршиев, О.Т. Каримов, Ф.Н. Нурқулов. Антипиренлар билан модификацияланган целлюлоза асосидаги материалларни сканерли электрон-микроскоп ва элемент анализларини тадқиқ этиш.....	19
Ж.Э. Рахмонқулов, Ф.Б. Эшқурбонов, Ж.Б. Нормуротов, М.А. Жураев. Тўқимачилик саноати оқова сувларини тозалаш учун самарали комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези ва тадқиқоти.....	22
Д.У. Хайриева, Г.А. Нуралиева. Баъзи 3d-металларининг глицин ва оксамид билан аралаш лигандли комплекс бирикмаларини синтези ва тадқиқоти.....	25
У.Н. Рузиев, С.Н. Расулова, В.П. Гуро, М.А. Ибрагимова, С.Н. Ким, У.Р. Эрназаров. Анодное растворение вольфрама в растворах электролита на основе редкого кали.....	29
М.К. Худжаев, Г.Ф. Пирназаров, А.Г. Кадилов. Определение силы реакции связи композитной клиновой пары...	34
Н.А. Исмаилова, А.С. Сидиков, Б.Т. Тураев. Механизм защитного действия ингибированного покрытия.....	35
М.М. Jurayev, S.Y. Xushvaqtoy, Z.R. Masharipova. Polivinilxlorid plastikat asosida olingan yangi sulfokationitning sorbsion xossalari.....	39
А.М. Эминов, И.Р. Байжанов, М.Т. Боймуродова, Д.С. Джабберганов, З. Курязов, А. Хакимов, М. Носиров. Синтез муллитовых кристаллов с применением микрокремнезема.....	42
Г.Б. Сидрасулиева, И.А. Бахромова, Ш.М. Ўринова, Н.Т. Каттаев, Х.И. Акбаров. O-g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> композит фотокатализатори синтези ва физик-кимёвий хоссалари.....	47
А.К. Nomozov, Kh.S. Beknazarov, A.T. Dzhaliylov. Synthesis and investigation of characteristics of corrosion inhibitor IKMM-1 ST20 steel in 1 M HCl solution.....	51
В.А. Normurodov, X.X. Turayev, M.E. Toshiyev, A.T. Djaliylov, F.N. Nurqulov. Sintez qilingan polisulfid tiokol kauchuklarning fizik-kimyoviy xossalari o'rganish.....	54
Ф.А. Khamdamova, O.S. Maksumova. Synthesis of monomer compounds based on acrylamide.....	57
С.А. Ахмаджанов, А.М. Искендеров, Э.У. Тешабаева, Ш.С. Аминов. Структуры и адсорбционные свойства монтмориллонита Каракалпакистана.....	60
В.Т. Berdiyarov, Sh.T. Hojiyev, J.B. Ismailov, M.M. Gapparova. Rux ferritini elementar oltingugurt bilan tiklash jarayonining termodinamik jihatlari.....	65

**2. Физико-механика и трибология композиционных материалов**

Ш.Н. Джалилов, Ш.В. Рахманов, К.С. Негматова, Н.А. Икромов, Б.М. Тожибоев, С.С. Негматов, Ш.Ю. Рахимов, Р.Х. Пирматов. Исследование физико-механических свойств и долговечности разработанных композиционных полимер-полимерных связующих клеев при длительном действии повышенной температуры....	69
С.А. Турсунбаев, Н.Д. Тураходжаев, Ш.Ў. Худойкулов, Р.С. Зокиров, Ш.Н. Турахужаева. Алюминий қотишмасини литий фтор бирикмаси билан легирилганда унинг оқувчанлик хоссасига таъсири.....	72
Г.Т. Нуралиев, П.Ж. Тожиёв, Х.Х. Тураев, А.Т. Джалилов. Изучение физико-механических свойств модифицированных полиэтиленовых композиций.....	74

**3. Разработка и технология получения композиционных материалов**

М.Б. Мухитдинов, Ш.В. Рахманов, Ш.А. Аликулов, Б.М. Тожибоев, Н.А. Икромов, Н.С. Абед, С.С. Негматов, Ш.А. Бозорбоев, Ё.С. Раджабов. Исследование и разработка оптимальных рецептуры композиционных полимерных материалов для покрытия рабочей поверхности форм в производстве архитектурно-художественных строительных конструкций.....	78
К.С. Негматова, М.Э. Икрамова, М.Н. Негматова, Ш.Н. Расулова, И.А. Набиева, С.С. Негматов, Н.С. Абед, М.А. Бабаджанова, Ф.А. Лапасова. Исследование процесса крашения белковых волокон композиционными красителями на основе солей поливалентных металлов.....	81
Х.К. Эшкабилов, Ш.А. Бердиев, С.С. Негматов. Комбинированная технология газового азотирования с последующим оксидированием в парах воды мало- и среднеуглеродистых сталей.....	85
Х.А. Абдурахимов. Оптимизация процесса получения коагулянта из обожженного каолина Ангрэнского месторождения.....	89
М.К. Худжаев, А. Маткаримов, С. Хожаматов. Динамика неосесимметричного композитного клина.....	93