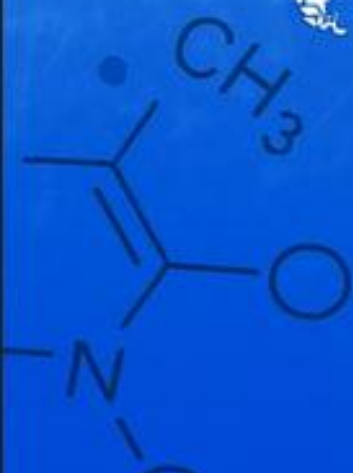


ISSN-3030-3885

INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC BULLETIN

VOLUME 2, ISSUE 2, OCTOBER 2025



ISSN 3030 – 3885

**INTERNATIONAL JOURNAL
OF SCIENTIFIC BULLETIN**

International Scientific Electronic Journal

**International journal of Scientific
Bulletin****Xalqaro ilmiy axborot jurnali****MUASSIS:****TAHRIRIYAT | EDITORIAL****Jamoatchilik kengashi raisi:****Bosh muharrir****A. M. Xurmamatov – texnika
fanlari doktori, professor****Ma'sul muharrir:****M. A. Mirsaidov – texnika fanlari
falsafa doktori, dotsent****Ma'sul muharrir yordamchisi:****B. H. Haydarov – texnika fanlari
falsafa doktori, v.b.dotsent****Nashr uchun mas'ul:****A. D. Kambarov****O'zbekiston Respublikasi Prezidenti
Administratsiyasi huzuridagi axborot
va ommaviy kommunikatsiyalar
agentligi tomonidan berilgan****№ 140275 raqamli guvohnoma asosida
ro'yxatga olingan.****Tahririyat manzili:****Farg'ona viloyati, Dang'ara tumani,****Uvaysiy ko'chasi, 26-uy****Telefon: +998943313030****E-mail:****bekzodhaydarov1303@gmail.com****Tahrir kengashi a'zolari:****Alisher Samadov – Texnika fanlari doktori, professor****Axmed Reymov – Texnika fanlari doktori, professor****Dilorom Mirhamitova – Texnika fanlari doktori, professor****Aziza Abdikamalova – Texnika fanlari doktori, professor****Ilhom Usmanov – Texnika fanlari doktori, professor****Olmos Boltayev - Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Muqaddas Isakulova - Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Alexey Nimchik - Texnika fanlari doktori, professor****Nilufar Askarova – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Rano Toshkodiroya – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Munixon Meyliyeva - Kimyo fanlari falsafa doktori, dotsent****Zamirbek Xametov - Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Nadira Yusupova – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Shuxrat Mutalov – Kimyo fanlari doktori, professor****Farxod Muminov – Fizika- matematika fanlari bo'yicha falsafa
doktori****Tuymurod Xujayev – Fizika- matematika fanlari bo'yicha
falsafa doktori****Ilxomjon Samandarov - Fizika- matematika fanlari bo'yicha
falsafa doktori****Shiv Om Singh – Kimyo fanlari doktori, dotsent****Kulbei Andrei – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent****Dildora Sulaymanova – Pedagogika fanlari bo'yicha falsafa
doktori****Elena Molotok – Texnika fanlari falsafa doktori, dotsent****Ravshanbek Najimadinov - Iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa
doktori****Isomiddin Soxibov – Geologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori****Adham Xasanov – Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori,
dotsent****Otabek Mutalov – Yuridik fanlari bo'yicha falsafa doktori****Soy Alla Pavlovna – Filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori****Isomiddin Yarmatov – Filologiya fanlari bo'yicha falsafa
doktori**

Structural and Phase Analysis of Recycled WC-Co Hard Alloy Materials Obtained by Electrolytic Processing

Makhmudova Feruza Mukhtor qizi

Doctoral candidate of the Navoiy Branch of the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

Hakimov Firuz Yuldoshovich

Researcher of the Navoi Department of the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

Abstract. This study presents the structural and phase characterization of WC–Co hard alloy wastes recycled through electrolytic processing. Tungsten-containing sludge obtained from nitric and sulfuric acid electrolytes was filtered, dried, and converted into powder for subsequent analysis. The morphology, particle size distribution, and elemental composition of the recycled tungsten powders were investigated using SEM, EDXRF, and X-ray diffraction (XRD) techniques. The results revealed the presence of WO_3 , WO_2 , and H_2WO_4 phases with minor fractions of WC and metallic W. Most of the cobalt transitioned into the electrolyte solution, resulting in low cobalt content in the recovered powder. The powders produced under optimal electrolytic conditions exhibited fine, uniform particle morphology and high purity, making them suitable for further processing into tungsten carbide or other tungsten-based materials. Overall, the findings demonstrate that electrolytic recycling is an efficient route for obtaining high-quality tungsten powder while enabling sustainable recovery of valuable metals from WC–Co hard alloy wastes.

Keywords. WC–Co hard alloys, electrolysis, phase analysis, SEM, XRD, tungsten powder, recycling, cobalt extraction

Структурно-фазовый анализ переработанных твердых сплавов WC-Co, полученных электролитической переработкой

Аннотация. В данной работе представлена структурная и фазовая характеристика отходов твердого сплава WC–Co, переработанных электролитическим способом. Вольфрамсодержащий шлам, полученный из электролитов азотной и серной кислот, был отфильтрован, высушен и преобразован в порошок для последующего анализа. Морфология, распределение размеров частиц и элементный состав переработанных вольфрамовых порошков были исследованы с помощью методов СЭМ, ЭДРФ и рентгеновской дифракции (РД). Результаты показали наличие фаз WO_3 , WO_2 и H_2WO_4 с незначительными долями WC и металлического W. Большая часть кобальта перешла в раствор электролита, что привело к низкому содержанию кобальта в извлеченном порошке. Порошки, полученные в оптимальных условиях электролиза, демонстрировали тонкую, однородную морфологию частиц и высокую чистоту, что делает их пригодными для дальнейшей переработки в карбид вольфрама или другие материалы на основе вольфрама. В целом, результаты показывают, что электролитическая переработка является эффективным способом получения высококачественного вольфрамового порошка, позволяющим при этом обеспечить устойчивое извлечение ценных металлов из отходов твердых сплавов WC–Co.

Ключевые слова. Твердые сплавы WC–Co, электролиз, фазовый анализ, СЭМ, рентгеноструктурный анализ, вольфрамовый порошок, переработка, извлечение кобальта

Махмудова Феруза Мухтор кизи

Докторант Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Хакимов Фируз Юлдошович

Научный сотрудник Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Elektrolitik Ishlov Berish orqali Olingan Qayta Ishlangan WC-Co Qattiq Qotishmalarining Strukturaviy va Fazaviy Tahlili

Maxmudova Feruza Muxtor qizi

O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Navoiy bo'limi doktoranti

Hakimov Firuz Yuldoshovich

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Navoiy filiali ilmiy xodimi

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektroliz usuli orqali qayta ishlangan WC–Co asosli qattiq qotishma chiqindilarining strukturaviy va fazaviy xususiyatlari tahlil qilindi. Tadqiqotda nitrat va sulfat kislotali elektrolitlarda olingan shlam namunalaridan hosil bo'lgan volfram kukunlarining morfologiyasi, zarracha o'lchamlari taqsimoti va kimyoviy tarkibi SEM, EDXRF hamda rentgen difraksiyasi (XRD) usullari yordamida o'rganildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, volfram kukunlari asosan WO_3 , WO_2 va H_2WO_4 fazalaridan tashkil topgan bo'lib, ayrim miqdorda WC va W fazalari ham aniqlangan. Kobaltning asosiy qismi elektrolitga o'tganligi tasdiqlandi, shlam tarkibida esa kobalt miqdori juda past bo'ldi. Optimal elektroliz sharoitida olingan kukunlar yuqori disperslikka, mayda va bir xil zarracha shakliga ega bo'lib, ularning keyinchalik volfram karbidi yoki boshqa volfram tarkibli materiallar sintezida qayta foydalanish imkoniyati mavjudligi ko'rsatildi. Tadqiqot natijalari elektrokimyoviy qayta ishlash orqali yuqori sifatli volfram kukuni olish mumkinligini va jarayon metall resurslarini qayta tiklashda samarali yechim ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar. WC–Co qattiq qotishmalari, elektroliz, fazaviy tahlil, SEM, rentgen difraksiya tahlili, volfram kukuni, qayta ishlash, kobalt ekstraksiya

Kirish

WC–Co asosli qattiq qotishmalarni qayta ishlashda elektrokimyoviy yondashuv samarali va ekologik jihatdan maqbul texnologiya hisoblanadi. [1-3] Ushbu jarayon davomida kislota eritmaları metall komponentlarni eritmaga o'tkazib, [4] qimmatbaho elementlarni ajratib olish imkonini beradi. [5] Xususan, nitrat va sulfat kislotalari keng qo'llanilib, ularning elektroliz jarayonidagi xatti-harakati, ionlar almashinuvi hamda gaz fazasining hosil bo'lishi chuqur o'rganilmoqda. [6]

Adabiyot manbalari va tajriba natijalariga ko'ra, o'zgaruvchan tok sharoitida olib borilgan elektrolizda nitrat hamda sulfat kislotalari qo'llanilganda shlamning hosil bo'lishi kuzatilmaydi. [7] Bu holat, bir tomondan, kislota eritmalaridagi ionlarning faolligi, ikkinchi tomondan esa elektroliz mexanizmining xususiyatlari bilan izohlanadi. [8] Shu bilan birga, jarayon davomida eritma hajmining kamayishi ham kuzatilgan bo'lib, [9] bu gazsimon mahsulotlar ajralishi va bug'lanish jarayonlari bilan chambarchas bog'liq. [10]

Elektroliz jarayonida nitrat kislotasi eritmasida asosan vodorod va nitrat ionlari ishtirok etadi, natijada katodda vodorod, anodda esa kislorod ajraladi. [11] Xuddi shunday, sulfat kislotasi eritmasida protonlar va sulfat ionlari qatnashib, katodda vodorod ajralib chiqadi. [12] Bu reaksiyalar metall ionlarining eritmaga o'tishi, qattiq fazaning cho'kish jarayoni hamda eritma tarkibining o'zgarishida muhim ahamiyat kasb etadi. [13]

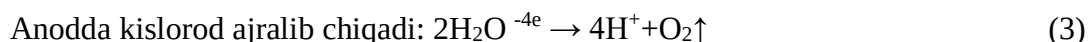
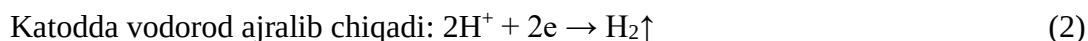
Mazkur ilmiy ishda WC–Co chiqindilarini elektrokimyoviy qayta ishlash jarayonining ion almashinuvi, gaz ajralishi va shlam hosil bo‘lishiga ta’sir qiluvchi omillar tahlil qilinib, jarayonni maqbullashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan xulosalar keltiriladi.

Nitrat kislotasi eritmasining elektroliz mexanizmi quyidagicha ifodalanadi:

Eritmada vodorod va gidroksid ionlari, shuningdek nitrat ionlari mavjud bo‘ladi:

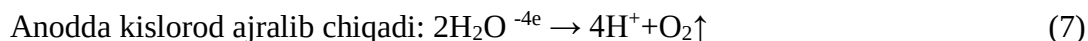
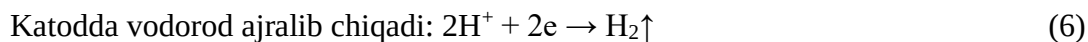
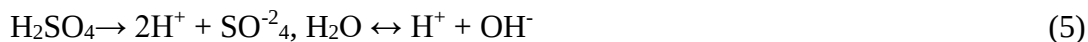
Nitrat kislota eritmasining elektrolizi quyidagicha:

Eritmada vodorod ionlari, gidroksid ionlari va nitrat ionlari mavjud:



Sulfat kislota eritmasining elektrolizi quyidagicha:

Eritmada vodorod ionlari, gidroksid ionlari va sulfat ionlari mavjud:



O‘rganilgan namunalar tarkibiy tahlili shuni ko‘rsatdiki, ularning tarkibida qumoqlash jarayoni uchun nojo‘ya ta’sir ko‘rsatadigan qo‘shimcha elementlar – xususan, temir (Fe), titan (Ti), kaltsiy (Ca), magniy (Mg), alyuminiy (Al), kremniy (Si), fosfor (P), mis (Cu) hamda molibden (Mo) mavjud. Shunga qaramay, WC–Co asosli qattiq qotishmalarning asosiy bog‘lovchi komponenti bo‘lgan kobalt (Co) yuqori darajada – ya’ni 98–99% miqdorida eritma tarkibiga o‘tganligi aniqlangan. Bu esa Co komponentining qayta tiklash va ajratib olish nuqtayi nazaridan samarali ajralishini ko‘rsatadi.

4-jadvalda taqdim etilgan eksperimental ma’lumotlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, eritmaga qo‘shilgan qaytaruvchi tuz (masalan, natriy metabisulfit yoki boshqa tegishli reagent) konsentratsiyasining 4 g/l dan 24 g/l gacha oshishi ajralib chiqqan shlam miqdorining ortishiga olib keladi. Biroq, konsentratsiya 24 g/l dan yuqori bo‘lganda, aksincha, shlam miqdorining kamayishi kuzatilgan. Ushbu hodisa eritmada ionlar sonining haddan tashqari ko‘payishi natijasida ularning o‘zaro to‘qnashuv ehtimoli ortib borishi bilan tushuntiriladi. Bu esa elektrolit eritmaning solishtirma elektr o‘tkazuvchanligining pasayishiga olib keladi. Elektr o‘tkazuvchanlikning kamayishi esa, o‘z navbatida, elektrokimyoviy jarayonlarning sekinlashishiga, shu jumladan, shlam hosil bo‘lish tezligining pasayishiga sabab bo‘ladi. Shunday qilib, optimal konsentratsiya chegarasidan oshish

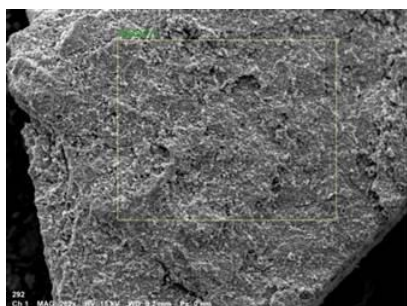
ajralish samaradorligini kamaytiradi va texnologik nuqtai nazardan noqulay sharoitlarni yuzaga keltiradi.

1 – Jadval

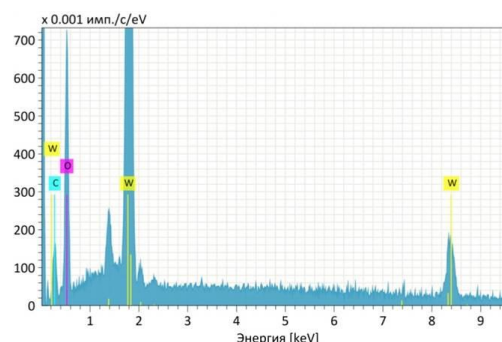
Qattiq qotishma chiqindilarini o'zgarmas tokta'sirida nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish ($t=24$ soat, $T=20^{\circ}\text{C}$, $l=10$ mm, $V_{\text{um}}=60$ l)

№	Eritma, %.	Tuz, g/l	Olingan shlam massasi, g.			Tok quvvati
	HNO ₃	NH ₄ NO ₃	VK6	VK8	VK15	W
1	9,5	4	3941,49	5255,32	9853,725	11,88
2	9,5	8	3951,17	5268,23	9877,925	8,96
3	9,5	12	4099,20	5465,60	10248	10,56
4	9,5	16	5383,01	7177,35	13457,53	11,2
5	9,5	20	5465,28	7287,04	13663,2	12,4
6	9,5	24	2759,04	3678,72	6897,60	12,24
7	9,5	28	2055,23	2740,31	5138,08	10,4

Qattiq qotishma chiqindilarini qayta ishlash natijasida hosil bo'lgan shlam namunalar dastlab filtrlanib, namlikdan to'liq xalos qilinishi uchun quritildi hamda keyinchalik mexanik usulda maydalanib, kukun holatiga keltirildi. So'ngra ushbu kukunlar o'zgarmas tok ostida, nitrat kislotali elektrolit muhitda elektroliz jarayoniga tortildi. Elektrokimyoviy ajratish natijasida hosil bo'lgan volfram kukunlarining morfologik tuzilishi va kimyoviy tarkibi SEM–EVO MA 10 rusumli zamonaviy skanerli elektron mikroskop yordamida o'rganildi (1–rasm). Ushbu usul analiz qilina yotgan material yuzasining mikrostrukturasi, zarracha shakli va ularning elementar tarkibi haqida chuqur ma'lumot olish imkonini beradi.



A



B

1 – rasm. Shlam namunasining tarkibi aniqlangan hududi (a) va kimyoviy tarkibi (b)

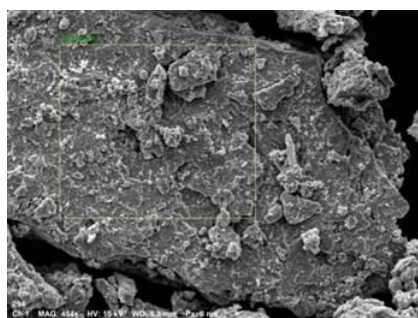
O'zgarmas tok ta'sirida WC–Co asosli qattiq qotishma chiqindilarini sulfat kislotali muhitda elektroliz qilish orqali qayta ishlash jarayonida, elektroliz rejim parametrlarining (tok zichligi, vaqt, harorat) hamda elektrolit tarkibining ajralib chiqadigan shlam miqdoriga bo'lgan ta'siri muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu parametrlar o'rtasidagi funksional bog'liqlik va ularning jarayon samaradorligiga ta'sirini aniqlash maqsadida olib borilgan tajriba natijalari 3.16–jadvalda keltirilgan. Jadvalda keltirilgan ma'lumotlar asosida optimal elektrokimyoviy sharoitlar aniqlanib, shlam ajralish jarayonini nazorat qilish hamda mahsulot ajratib olishda yuqori selektivlikka erishish imkoniyati

yuzaga keladi. Olingan volfram kukunlarining kimyoviy tarkibi SEM-EVO MA 10 navli, skanerli elektron mikroskop yordamida o'rganildi (2 – rasm)

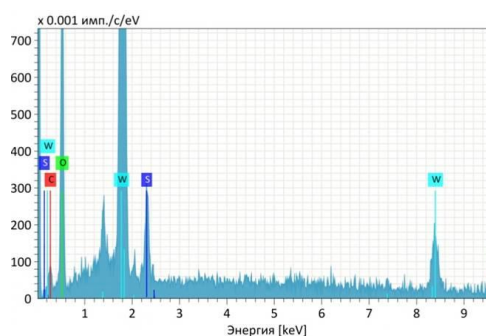
2 – Jadval

Qattiq qotishma chiqindilarini o'zgarmas tokta'sirida H_2SO_4 ishtirokida elektroliz qilish ($t=24$ soat, $T=20^\circ C$, $l=10$ mm, $V_{um}=60$ l)

№	Eritma, %.	Tuz, g/l	Olingan shlam massasi, g.			Tok quvvati
	H_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$	VK6	VK8	VK15	W
1	8,167	4	3153,21	4204,27	7883,02	9,84
2	16,330	4	4131,89	5509,18	10329,72	11,6
3	24,500	4	3374,05	4498,73	8435,11	10,8
4	32,670	4	492,30	656,40	1230,74	9,2
5	40,830	4	24	32	60	3,08
6	49,000	4	—	—	—	0,44



A



B

2 – rasm. Qattiq qotishma namunasining tarkibi aniqlangan hududi (a) va kimyoviy tarkibi (b)

2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga asoslanadigan bo'lsak, qaytaruvchi reagent sifatida qo'llanilgan ammoniy sulfat ($(NH_4)_2SO_4$) konsentratsiyasining 4 g/l dan 20 g/l gacha bosqichma-bosqich oshirilishi ajralib chiqqan shlam miqdorining sezilarli darajada ortishiga olib kelgan. Biroq tuz miqdori 20 g/l dan yuqori bo'lganda, shlam hosil bo'lish miqdori kamayish tendensiyasini ko'rsatgan. Ushbu hodisa eritmadagi ionlar sonining ortishi natijasida ularning o'zaro to'qnashuv chastotasining kuchayishi, ya'ni ionlararo interaktsiyalarning faollashuvi bilan bog'liq. Bu esa o'z navbatida eritmaning solishtirma elektr o'tkazuvchanligini pasaytiradi. O'tkazuvchanlikning kamayishi elektrokimyoviy jarayonlar tezligining susayishiga olib keladi, natijada shlamning ajralish samaradorligi kamayadi. Shunday qilib, elektrolit tarkibidagi tuz konsentratsiyasi uchun optimal diapazon mavjud bo'lib, undan oshish jarayonning umumiy samaradorligini pasaytiradi.

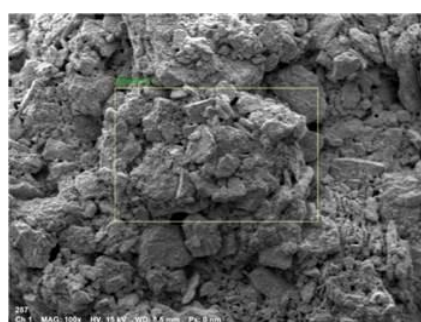
2 – Jadval

Qattiq qotishma chiqindilarini o'zgarmas tokta'sirida H_2SO_4 ishtirokida elektroliz qilish ($t=24$ soat, $T=20^\circ C$, $l=10$ mm, $V_{um}=60$ l)

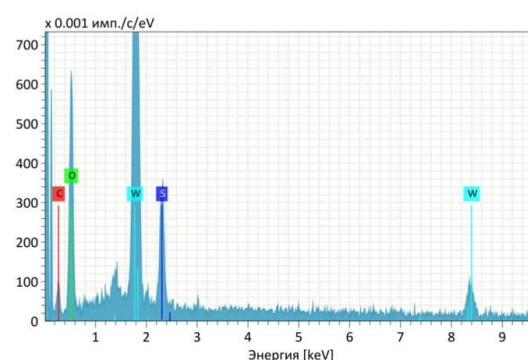
№	Eritma, %.	Tuz, g/l	Olingan shlam massasi, g.			Tok quvvati
	H_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$	VK6	VK8	VK15	W
1	16,33	4	4131,89	5509,19	10329,73	11,60

2	16,33	8	3886,80	5182,4	9717	11,12
3	16,33	12	3890,88	5187,84	9727,2	11,20
4	16,33	16	6099,84	8133,12	15249,6	11,36
5	16,33	20	6109,06	8145,41	15272,65	13,60
6	16,33	24	1364,16	1818,88	3410,4	10,80
7	16,33	28	1471,20	1961,6	3678	15,60

Qattiq qotishma chiqindilarini o'zgaras tokta'sirida $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ning miqdori 24 g/l bo'lganda elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunlarining kimyoviy tarkibi o'rganildi (3–rasm hamda 3-jadval).



A



B

3 – rasm. Qattiq qotishma namunasining tarkibi aniqlangan hududi (a) va kimyoviy tarkibi (b)

3-jadval

VK6 navli qattiq qotishma chiqindilarini H_2SO_4 ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Co	Fe	Mg	Ca	Al	Si	Mn	P
%	86,7786	0,00147	0,5217	0,0015	8,3763	0,0047	0,01239	0,1399	0,1619
M	Se	Br	Zn	Zr	Nb	Mo	Cd	Pb	Sn
%	0,00001	0,00001	0,00443	0,02997	0,00077	0,35453	0,001432	0,00632	0,00089
M	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Boshq.
%	2,8525	0,0568	1,0162	0,0252	0,00319	0,00001	0,00976	0,00002	0,055

4-jadval

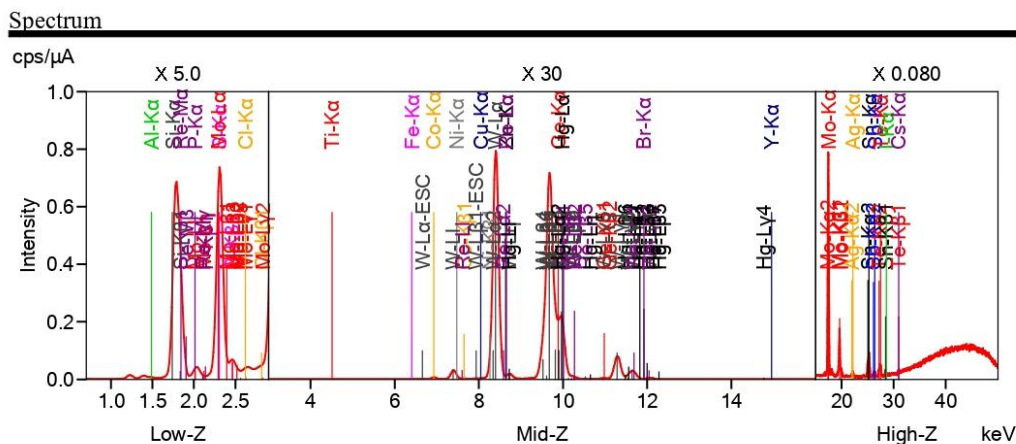
VK8 navli qattiq qotishma chiqindilarini H_2SO_4 ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Co	Fe	Mg	Ca	Al	Si	Mn	P
%	89,2067	0,00279	0,41324	0,00672	6,9213	0,042	0,0235	0,36579	0,12487
M	Se	Br	Zn	Zr	Nb	Mo	Cd	Pb	Sn
%	0,00002	0,00002	0,00365	0,0382	0,00077	0,45032	0,00183	0,00187	0,0006
M	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Boshq.
%	1,7318	0,04645	0,64334	0,01494	0,00196	0,00001	0,0055	0,00003	0,05135

5-jadval

VK15 navli qattiq qotishma chiqindilarini H_2SO_4 ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Co	Fe	Mg	Ca	Al	Si	Mn	P
%	89,17472	0,0017	0,6085	0,012337	0,03159	0,00688	8,12009	0,0124	0,21945
M	Se	Br	Zn	Zr	Nb	Mo	Cd	Pb	Sn
%	0,00001	0,00001	0,03015	0,00001	0,00086	0,5564	0,00001	0,00001	0,00037
M	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Boshq.
%	0,65494	0,0008	0,00001	0,000149	0,01432	0,00002	0,11406	0,00001	0,4096



4 - rasm. Qattiq qotishma chiqindilarini nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

O'rganilgan namunalarning tarkibiy tahlili ularning tarkibida qumqlash jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatadigan qo'shimcha metall elementlar – xususan, temir (Fe), titan (Ti), kaltsiy (Ca), fosfor (P), mis (Cu), molibden (Mo), magniy (Mg) va alyuminiy (Al) mavjudligini ko'rsatdi. Biroq shunga qaramay, WC–Co asosli qattiq qotishmalarning asosiy bog'lovchi elementi bo'lgan kobalt (Co) 98–99% miqdorida eritma tarkibiga o'tganligi aniqlangan. Bu holat kobaltni elektroliz usuli orqali yuqori samaradorlik bilan ajratib olish imkoniyatini tasdiqlaydi.

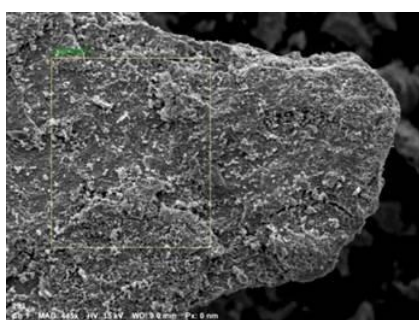
Shuningdek, elektroliz jarayonining texnologik parametrlari, xususan, katod va anod orasidagi masofa (elektrodlar oralig'i) shlamning ajralish miqdoriga qanday ta'sir ko'rsatishini aniqlash maqsadida alohida eksperimental tadqiqotlar olib borildi. Ushbu tajribalardan olingan ma'lumotlar 3.21-jadvalda keltirilgan bo'lib, ular elektrodlar oralig'i o'zgarishi bilan elektrokimyoviy jarayonning kinetikasi, ionlarning harakatlanish tezligi va shlam ajralish dinamikasi o'rtasidagi bog'liqlikni ochib beradi. Bu natijalar elektroliz sharoitlarini optimallashtirish va jarayon samaradorligini oshirish uchun muhim amaliy ahamiyatga ega.

6 – Jadval

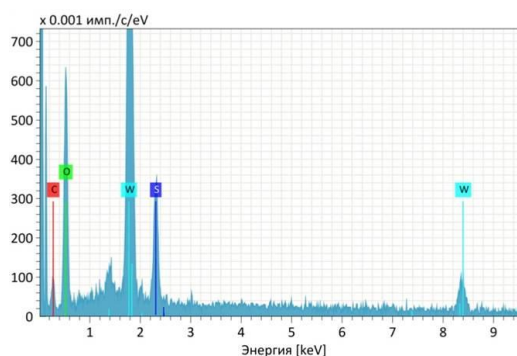
Qattiq qotishma chiqindilarini o'zgarimas tokta'sirida H_2SO_4 ishtirokida elektroliz qilish ($t=24$ soat, $m_{tuz}=24g/l$, $T=20^{\circ}C$, $V_{um}=60 l$)

№	Eritma, %.	Katod va anod orasidagi masofa, mm	Olingan shlam massasi, g.			Tok quvvati
	H ₂ SO ₄		VK6	VK8	VK15	
1	16,33	10	4131,89	5509,19	10329,73	15,60
2	16,33	20	2942,40	3923,20	7356,00	15,60
3	16,33	30	2494,08	3325,44	6235,20	10,00
4	16,33	40	2683,20	3577,60	6708,00	14,96
5	16,33	50	2014,08	2685,44	5035,20	9,80

Qattiq qotishma chiqindilarini o'zgaras tok ta'sirida distellangan suv va sulfat kislotalarning o'zaro nisbati 5:1 bo'lganda elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunlarining sirt kimyoviy tarkibi SEM-EVO MA 10 navli skanerli elektron mikroskop yordamida o'rganildi (3.7 – rasmlar).

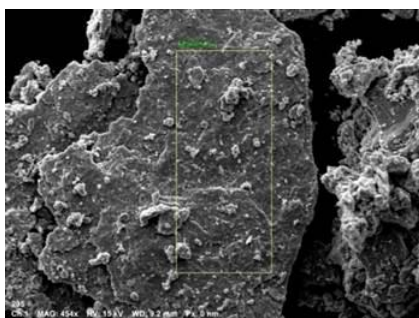


A

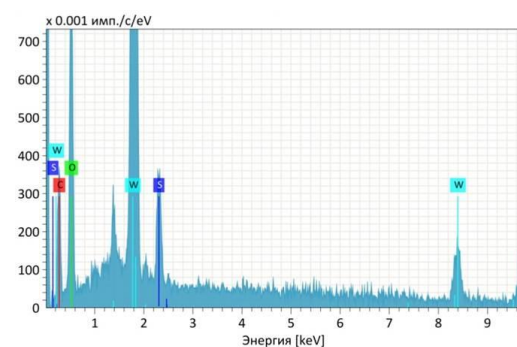


B

5 – rasm. Shlam namunasining tarkibi aniqlangan hududi (a) va kimyoviy tarkibi (b)



A



B

6 – rasm. Qattiq qotishma namunasining tarkibi aniqlangan hududi (a) va kimyoviy tarkibi (b)

24 g/l (NH₄)₂SO₄ tuzi qo'shib elektroliz qilingan namunalardan olingan shlam filtrlandi va quritildi hamda kimyoviy tarkibi tahlil qilindi.

7 - Jadval

VK6 qattiq qotishma chiqindilarini H₂SO₄ ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Co	Fe	Mg	Ca	Al	Si	Mn	P
%	86,03894	0,00147	0,52326	0,0015	8,30143	0,00471	0,01243	0,14032	0,16239

M	Se	Br	Zn	Zr	Nb	Mo	Cd	Pb	Sn
%	0,00001	0,00001	0,004829	0,032667	0,000839	0,386438	0,001561	0,006889	0,00097
M	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Boshq.
%	3,10922	0,06191	1,10766	0,02746	0,00347	0,00001	0,01064	0,00001	0,05995

8 - Jadval

VK8 qattiq qotishma chiqindilarini H₂SO₄ ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

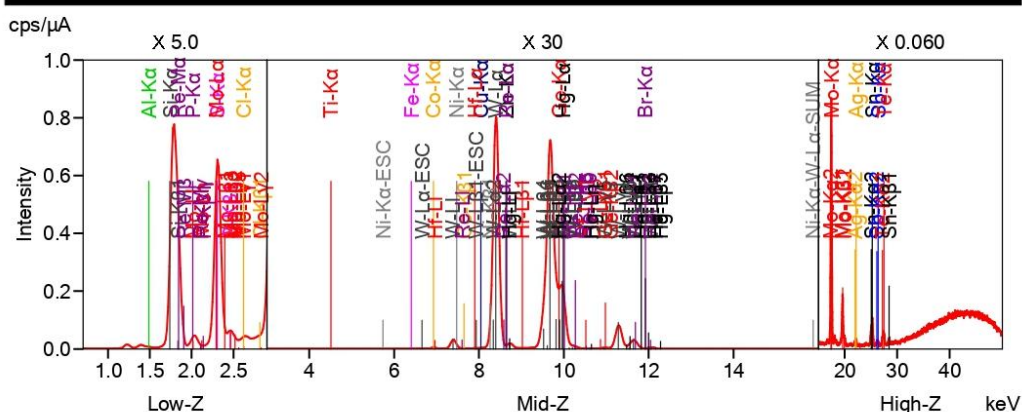
Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Co	Fe	Mg	Ca	Al	Si	Mn	P
%	89,4743	0,0028	0,4145	0,0067	6,3421	0,0421	0,0236	0,3669	0,1252
M	Se	Br	Zn	Zr	Nb	Mo	Cd	Pb	Sn
%	0,0000	0,00002	0,00402	0,0416	0,0008	0,4908	0,0020	0,0020	0,0007
M	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Boshq.
%	1,8877	0,0506	0,7012	0,0163	0,0021	0,00001	0,0060	0,00001	0,0560

9 - Jadval

VK15 qattiq qotishma chiqindilarini H₂SO₄ ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

Aniqlanayotgan elementlar, %									
M	W	Co	Fe	Mg	Ca	Al	Si	Mn	P
%	89,4422	0,0017	0,6103	0,0124	0,0317	0,0069	8,1445	0,0124	0,2201
M	Se	Br	Zn	Zr	Nb	Mo	Cd	Pb	Sn
%	0,00001	0,00001	0,0329	0,00003	0,0009	0,6065	0,00002	0,00001	0,0004
M	Ti	V	Cr	Ni	Cu	Ga	Ge	As	Boshq.
%	0,7139	0,0009	0,00001	0,0002	0,0156	0,0000	0,1243	0,00001	0,4465

Spectrum



7 - rasm. Qattiq qotishma chiqindilarini nitrat kislota ishtirokida elektroliz qilish natijasida olingan volfram kukunining kimyoviy tarkibi

Elektroliz jarayonining samaradorligiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatuvchi muhim omillardan biri bu – katod va anod yuzalarining elektrolit bilan ta'sirlashuvchi sirt maydonidir. Tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, elektrodning faol yuzasi qancha katta bo'lsa, elektrokimyoviy

jarayonning intensivligi ham shuncha yuqori bo'ladi. Natijada, hosil bo'ladigan shlam miqdori ortadi, bu esa jarayonning samaradorligini oshiradi.

Yuqorida o'tkazilgan eksperimentlar asosida katod yuzasining eritma bilan ta'sirlanish darajasi va natijada ajralib chiqadigan shlam miqdori o'rtasidagi bog'liqlik 10, 11 - jadvallarda keltirilgan. Ushbu tajribalar 5:1 nisbatda tayyorlangan H₂O va H₂SO₄ aralashmasidan iborat elektrolit muhitda olib borilgan.

Barcha tajribalarda elektrolit bilan ta'sirlashuvchi qattiq qotishma (WC–Co asosli) yuzasi taxminan 10 000 mm² (ya'ni 100 sm²) ni tashkil etgan. Bu qiymat bir dona silindrsimon qattiq qotishma namunasi uchun quyidagi o'lchamlarda hisoblangan: diametri $d=38$; uzunligi $l=80-85$ mm. Ushbu silindrsimon namunalar yuzasining umumiy maydoni 3.8-formula asosida aniqlangan:

$$S = 2\pi r \cdot L + \pi r^2 \quad (9)$$

$$S = (a + b) \cdot l + \left(2a + l + \sqrt{4(b - a)^2 + l^2} \right) h \quad (10)$$

10 – Jadval

VK6 katodning eritma bilan ta'sirlashuvchi yuzasiga ajralib chiqadigan shlam miqdoriga bog'liqligi (t=24 soat, l=20 mm, T=20°C, V_{um}=60 l)

№	Eritma, %.	Tuz, g.	Olingan shlam massasi, g.	Katodning yuzasi, sm ²	Tok quvvati
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	VK6		W
1	16,33	20	6205,44	100	12
2	16,33	20	12507,84	200	12,4
3	16,33	20	31603,20	500	13,2
4	16,33	20	63783,36	1000	12,8
5	16,33	20	124206,72	2000	12,8

11 – Jadval

VK8 katodning eritma bilan ta'sirlashuvchi yuzasiga ajralib chiqadigan shlam miqdoriga bog'liqligi (t=24 soat, l=20 mm, T=20°C, V_{um}=60 l)

№	Eritma, %.	Tuz, g.	Olingan shlam massasi, g.	Katodning yuzasi, sm ²	Tok quvvati
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	VK8		W
1	16,33	20	8273,92	100	11,6
2	16,33	20	16677,12	200	12
3	16,33	20	42137,6	500	13,2
4	16,33	20	85044,48	1000	12,8
5	16,33	20	165608,96	2000	12,4

12 – Jadval

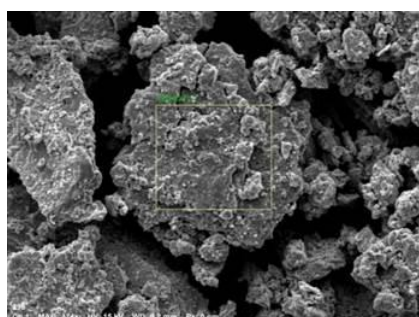
VK15 katodning eritma bilan ta'sirlashuvchi yuzasiga ajralib chiqadigan shlam miqdoriga bog'liqligi (t=24 soat, l=20 mm, T=20°C, V_{um}=60 l)

№	Eritma, %.	Tuz, g.	Olingan shlam massasi, g.	Katodning yuzasi, sm ²	Tok quvvati
	H ₂ SO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	VK15		W

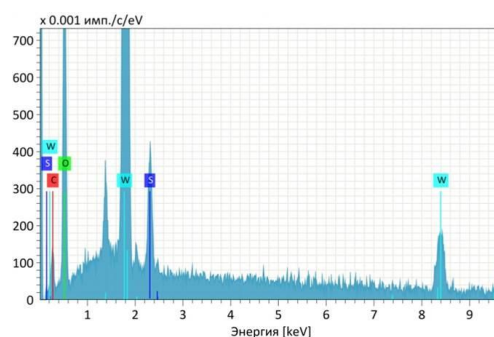
1	16,33	20	15513,6	100	11,6
2	16,33	20	31269,6	200	12
3	16,33	20	79008,0	500	11,6
4	16,33	20	159458,4	1000	11,6
5	16,33	20	310516,8	2000	12,4

11-12 jadvalda taqdim etilgan eksperimental ma'lumotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, WC-Co asosli qattiq qotishma chiqindilaridan tayyorlangan katodning elektrolit bilan ta'sirlashuvchi yuzasi oshgani sayin, elektroliz jarayonida ajralib chiqadigan shlam miqdori ham mutanosib ravishda ortadi. Bu holat, ayniqsa, sirtning o'lchami jarayonning asosiy omillaridan biri ekanligini tasdiqlaydi. Katodning eritma bilan faol ta'sirlashuvchi yuzasi 2000 sm² ga yetkazilganda, elektroliz natijasida ajralib chiqqan volfram kukunlarining miqdori sezilarli darajada ortgan.

Mazkur sharoitda hosil bo'lgan volfram kukunlarining kimyoviy tarkibi va morfologik xususiyatlari o'rganildi. Olingan tahlil natijalari 3.10-rasmlarda aks ettirilgan bo'lib, ular volfram zarrachalarining shakli, dispersligi, yuzasining bir xil tuzilishga ega ekanligi va aralashmalar darajasini baholash imkonini beradi. Bu esa, o'z navbatida, jarayon samaradorligini baholash, mahsulot sifati va tozaligini aniqlash uchun muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.



A



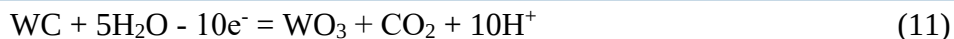
B

8 – rasm. № 25 sonli namunaning tarkibi aniqlangan hududi (a) va kimyoviy tarkibi (b)

Umuman olganda, elektroliz jarayonida o'zgaruvchan tokni qo'llash kobaltning eritmaga o'tishiga va volframning anodli shlamda H₂WO₄ shaklida kelishiga olib keladi, u optimal darajada <0,65% uglerodni o'z ichiga oladi. Bu WC ning umumiy oksidlanish darajasi >95% ga to'g'ri keladi. Bizgacha bajarilgan tadqiqotlardan farqli ravishda, bajarilgan tadqiqotlar asosida shakllantirilgan jadvallardan ko'rinib turibdiki, taqqoslanadigan sharoitlarda WC-Co asosli qattiq qotishmalarining shlamga o'tishida eng yuqori samaradorlik sulfat kislotasi elektrolitlarida erishildi. Katod va anod orasidagi masofaning ortishi ajralib chiqayotgan shlam miqdorining kamayishiga olib keldi. Shu bilan birgalikda jarayonda parlanib ketayotgan eritmaning miqdori ham ular orasidagi masofaning ortishi bilan kamaydi.

Elektroliz jarayonida WC-Co asosli qattiq qotishma barmog'idan yasalgan elektrodalarda o'zgaruvchan tok kuchi ta'sirida qisman quyidagi reaksiyalar ham sodir bo'ladi:

1) Anodda: Volfram karbid oksidlanadi:



Jarayonda tok kuchining yuqori bo'lishi kislarod ajralib chiqishiga olib keladi:



2) Katodda: Reaksiya natijasida vodorod ajralib chiqadi



Elektroliz jarayonda tok kuchining yuqori bo'lishi olingan WC ning qisman oksidlanishiga yoki katodda ajralib chiqadigan atomlar vodorod bilan to'g'ridan-to'g'ri kimyoviy tiklanishiga sabab bo'lishi mumkin []:



Elektroliz jarayonida katodda yuqoridagi reaksiyalarning sodir bo'lishi natijasida, anodda tiklangan volfram oksidlarining miqdori ortishi natijasida tok kuchining samaradorligi pasayadi. Ushbu salbiy ta'sirlarni kamaytirish maqsadida ikkinchi elektrod sifatida tantal (yoki niobiy)dan foydalanish maqsadga muvofiq.

WC-Co asosli qattiq qotishma namunalarini nitrat kislotada elektroliz qilishda samarali miqdorda shlam ajratib olish mumkin (3.11 va 3.15 – jadvallar) ammo shlamning tarkibida volfram oksidlari, volframat kislotasi miqdorining yuqoriligi hamda ulardan to'g'ridan to'g'ri volfram karbid olish jarayonida uning tarkibidagi uglerodning miqdori 6.06-6.14 % oralig'ida saqlanib qolish imkonsiz ekanligi sababli nitrat kislotaning o'rniga sulfat kislotadan foydalanish samaraliroqdir. Nazariy jihatda nitrat kislotada olingan shlamdan vodorodli tiklash usuli bilan toza volfram metali olish mumkin.

Shunday qilib, WC-Co asosli qattiq qotishma chiqindilarini eng samarali qayta ishlash o'zgaras tokda elektroliz rejimida amalga oshiriladi, bu yuqori tok kuchi samaradorligiga erishishni ta'minlaydi (3.16, 3.17, 3.21 va 3.25 – jadvallar). Elektroliz jarayonining asosiy mahsulotlari – volfram, volfram kislotasi, volfram oksid cho'kmada shlam ko'rinishida, kobalt esa eritmaga o'tadi. Kobalt bu eritmada ma'lum usullar yordamida ajratib olinadi.

13 – Jadval

Elektroliz jarayonidan so'ng sulfat kislotali elektrolitning kimyoviy tarkibi

T/R		Aniqlanayotgan elementlar, mg/l									
№1	<i>M</i>	Au	Pt	Ag	Rh	Ir	Ru	Al	Ca	Co	Cr
	<i>mg/l</i>	<1	<1	<1	<1	<1	4	4	31	4,7 g/l	13
	<i>M</i>	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Si	Pd
	<i>mg/l</i>	<1	43	109	1	17	50	<1	1	2	2

WC-Co asosli qattiq qotishma chiqindilarni elektroliz usulida qayta ishlash borasida bajarilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, 16,33% li sulfat kislotada elektrolitidan (500:100 H₂SO₄) foydalanish va

haroratni 20-25°C da saqlash eng maqbuldir. Ushbu rejimda nafaqat WC asosli qattiq qotishmalarini qayta ishlashni ta'minlaydi, balki atrof-muhitda zararli gazlarni chiqishini oldini oladi.

14 – Jadval

Elektroliz jarayonidan so'ng nitrat kislotali elektrolitning kimyoviy tarkibi

T/R		Aniqlanayotgan elementlar, mg/l									
№1	<i>M</i>	Au	Pt	Ag	Rh	Ir	Ru	Al	Ca	Co	Cr
	<i>mg/l</i>	<1	<1	<1	3	3	7	3	103	10,5 g/l	17
	<i>M</i>	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	Si	Pd
	<i>mg/l</i>	7	67	215	4	26	99	1	108	1	12

Natijalarni taqqoslash maqsadida 3.7, 3.8, 3.28 va 3.29– jadvallarda nitrat va sulfat kislotalarning kimyoviy tarkibi o'rganilganda, ular tarkibida Al – <1 dan 3 mg/l ga; Cr – <1 dan 17 mg/l ga; Cu – <1 dan 7 mg/l ga; Fe – <1 dan 67 mg/l ga; Ni – <1 dan 26 mg/l ga; Pb – 2 dan 99 mg/l ga; Zn – <1 dan 203 mg/l ga oshdi. Eritma tarkibidagi kobalt metali esa 1 mg/l dan 10,5 g/l gacha oshdi, bu elektroliz jarayonida kobalt ni eritmaga o'tganligini izohlaydi. Elektroliz jarayoniga begona xomashyo yoki qotishmalar aralashtirilmadi. Ushbu metallarning eritmada borligi qattiq qotishmalar qumoqlanishdan oldin ularning xomashyolari tarkibida mavjud bo'lganligini anglatadi. Bugungi kunda “O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ qoshidagi “Chirchiq Nodir metallar va qattiq qotishmalar zavodi”da qumoqlangan va “Navoiy KMK” AJ Markaziy kon boshqarmasi foydalanilib kelayotgan VK6, VK8 va VK15 navli qattiq qotishmalari tez ishdan chiqadi, buning sabablaridan biri qumoqlangan qattiq qotishmalar tarkibida Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn kabi metallarning borligi bo'lishi mumkin. Tarkibida Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn kabi metallarning miqdori yuqori bo'lgan qattiq qotishmalar o'zlarining juda past fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini namoyan qiladi.

Olingan natijalarni taqqoslash shuni ko'rsatadiki, elektroliz jarayonini olib borish uchun sulfat kislota eritmalaridan foydalanish nitrat kislota eritmalaridan foydalanishdan afzal ekanligi aniqlandi. Chunki sulfat kislota eritmasida olib borilgan tadqiqotlarda shlam miqdorning eng ko'p ajralib chiqishi sulfat kislota va suvning hajmiy nisbatlari 1:5 (16,33%) bo'lganda, qaytaruvchi tuzning miqdori 16 g/l bo'lganda kuzatilgan bo'lsa, nitrat kislota eritmasida esa kislota va suvning hajmiy nisbatlari 1:5 (9,5%) bo'lganda, qaytaruvchi tuzning miqdori 24 g/l bo'lganda kuzatildi.

VK6 navli qattiq qotishma chiqindilarini kislotalar ishtirokida qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqarishga joriy etish natijasida: qattiq qotishma chiqindilari tarkibidagi kobalt 99,9% gacha eritmaga o'tkazilgan hamda shlam tarkibidagi temirning miqdori 5-6% dan 0,5% gacha kamaygan. “Chirchiq Nodir metallar va qattiq qotishmalar zavodi” ning 03.02.2025 dagi dalolatnomasi va “O'zbekiston texnologik metallar kombinati” AJ aksiyadorlik jamiyatining 03.02.2025 dagi №03/04-141-sonli ma'lumotnomasi).

4 Xulosa

Ushbu tadqiqot WC–Co asosli qattiq qotishma chiqindilarini elektroliz usulida qayta ishlash, natijada volfram oksidli shlam va eritmada kobalt olish jarayonining ilmiy asoslarini yoritdi. O‘tkazilgan tajribalar nitrat va sulfat kislotalari muhitida metallarning elektrokimyoviy o‘zgarish jarayonlari, ion almashinuvi kinetikasi hamda shlamning hosil bo‘lish xususiyatlarini chuqur tahlil qilish imkonini berdi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, o‘zgarmas tok rejimi va sulfat kislotali elektrolit WC–Co chiqindilarini qayta ishlashda eng samarali sharoitni ta‘minlaydi.

Sulfat kislota eritmalarida 16,33% konsentratsiya va 16–20 g/l qaytaruvchi tuz qo‘llanilganda volfram shlamining eng yuqori miqdori kuzatildi. Shu bilan birga, elektrodlar orasidagi masofaning kamayishi va katodning faol yuzasining oshishi shlam seperatsiyasini intensivlashtirishi isbotlandi. Natijada volfram asosan WO₃, WO₂ va H₂WO₄ shaklida ajralib, yuqori disperslik va bir xil zarracha morfologiyasiga ega bo‘ldi. SEM, EDXRF va XRD tahlillari kukun tarkibining yuqori tozaligini hamda tarkibiy barqarorligini tasdiqladi.

Kobaltning 98–99% gacha eritmaga o‘tishi qayd etildi, bu esa keyinchalik uni selektiv ajratib olish uchun qulay sharoit yaratadi. Shuningdek, nitrat kislota muhitida ham shlam ajralishi sodir bo‘lishiga qaramay, hosil bo‘lgan oksidlar tarkibidagi karbonat komponentlarini saqlash va volfram karbidini to‘g‘ridan-to‘g‘ri qayta tiklash murakkab ekanligi aniqlandi. Shu sababli sanoat miqyosida sulfat kislotadan foydalanish optimal variant sifatida tavsiya etiladi.

Olingan ilmiy natijalar WC–Co qattiq qotishmalarini qayta ishlashda resurslardan samarali foydalanish, iqtisodiy tejamkorlik va ekologik xavfsizlikni ta‘minlaydi. Tajribalar asosida ishlab chiqilgan optimal rejimlar “Navoiy KMK” AJ va “Chirchiq Nodir metallar va qattiq qotishmalar zavodi”da sanoat sharoitida sinovdan o‘tkazilib, ijobiy natija bergan. Shunday qilib, ushbu texnologiya volfram va kobaltni yuqori selektivlik bilan qayta tiklash, chiqindisiz metallurgiya amaliyotini rivojlantirish hamda qimmatbaho materiallarni qayta ishlab, import o‘rnini bosuvchi mahsulot olish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Li, M., Xi, X., Nie, Z., Ma, L., & Liu, Q. (2019). Recovery of tungsten from WC–Co hard metal scraps using molten salts electrolysis. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 1440-1450.
2. Zhang, Q., Xi, X., Zhang, L., Feng, M., Nie, Z., & Ma, L. (2021). The electrochemical dissolution mechanism and treatment process in the molten-salt electrolytic recovery of WC-Co two-phase scraps. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 896, 115219.
3. Parmonov, S., Shakirov, S., Yusupova, G., Kuchkarova, N., Shonazarova, S., Tursunova, D., & Kambarov, A. (2024). The properties of the powder that makes the basis of hard

- alloys used in the crushing of underground resources. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 494, p. 02007). EDP Sciences.
4. Parmonov, S., Sharipov, K., Mirzavaliyev, D., Makhmudova, F., Askarova, N., Toshkodiroya, R., ... & Kambarov, A. (2024). The Technology of Obtaining Powders Used in the Production of Solid Alloys. *New Materials, Compounds and Applications*, 8(3), 450-458.
 5. Parmonov, S., Sharipov, K., Mirzavaliyev, D., Makhmudova, F., Askarova, N., Toshkodiroya, R., ... & Kambarov, A. (2024). The Technology of Obtaining Powders Used in the Production of Solid Alloys. *New Materials, Compounds and Applications*, 8(3), 450-458.
 6. Zhang, H., Chen, L., Sun, J., Wang, W., & Wang, Q. (2015). An investigation of cobalt phase structure in WC–Co cemented carbides before and after deep cryogenic treatment. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 51, 201-206.
 7. Wongsisa, S., Srichandr, P., & Poolthong, N. (2015). Development of manufacturing technology for direct recycling cemented carbide (WC-Co) tool scraps. *Materials Transactions*, 56(1), 70-77.
 8. Mégret, A., Vitry, V., & Delaunois, F. (2021). Study of the processing of a recycled WC–Co powder: can it compete with conventional WC–Co powders?. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 7(2), 448-458.
 9. Lee, J. C., Kim, E. Y., Kim, J. H., Kim, W., Kim, B. S., & Pandey, B. D. (2011). Recycling of WC–Co hardmetal sludge by a new hydrometallurgical route. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 29(3), 365-371.
 10. Tang, W., Zhang, L., Chen, Y., Zhang, H., & Zhou, L. (2017). Corrosion and strength degradation behaviors of binderless WC material and WC–Co hardmetal in alkaline solution: A comparative investigation. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 68, 1-8.
 11. Yang, D. H., Srivastava, R. R., Kim, M. S., Nam, D. D., Lee, J. C., & Huynh, H. T. (2016). Efficient recycling of WC-Co hardmetal sludge by oxidation followed by alkali and sulfuric acid treatments. *Metals and Materials International*, 22(5), 897-906.
 12. Katiyar, P. K., & Randhawa, N. S. (2020). A comprehensive review on recycling methods for cemented tungsten carbide scraps highlighting the electrochemical techniques. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 90, 105251.
 13. OUMAROU AMADOU, A. (2020). SELECTIVE SUSTAINABLE COBALT RECOVERING METHODS FROM HARDMETAL PRODUCTION BY-PRODUCTS.

International Journal of Science and Technology

Volume 2, Issue 2, October. 2025:

Technical Sciences	
Results of Determining the Modes of Bitumen Movement at Different Temperatures	4-11
<i>Khurmamatov Abdugaffor Mirzabdullaevich, Yusupova Nadira Kaipbaevna, Sarsenbaev Nurlan Tenelbaevich</i>	
Cobalt in the global economy: a strategic and scarce mineral resource	12-19
<i>Makhmud Karimov, Shonazarova Shakhnaza, Javokhirbek Uralov</i>	
N-methylpyrrolidone (NMP) acquisition technology in “Navoiyazot”	20-30
<i>Asadjon Kambarov Dilshod ugli, Sabina Sayfiyeva Qaxramon kizi</i>	
Technological Parameters of Gas Purification and Recycling Using Amines Solution	31-37
<i>Mirsaidov Makhmudjon Khabibullayevich, Rayimberdiev Fozilkhon Obidkhon ugli</i>	
Production of Slow-Release NPK Granules (15-15-15) Based on Resources Obtained from Livestock Waste	38-46
<i>Shakhnoza Djurayeva Nurullayevna, Khoshimkhanova Mukhayyo Abralovna</i>	
Two-Stage Unit for Deep Air Purification from Fine Solid Particles	47-56
<i>A. M. Khurmamatov, Kh. B. Alimardonov</i>	
Electrochemical Recovery of Valuable Metals from WC-Co Hard Alloy Wastes	57-65
<i>Makhmudova Feruza Mukhtor qizi, Hakimov Firuz Yuldoshovich</i>	
Structural and Phase Analysis of Recycled WC-Co Hard Alloy Materials Obtained by Electrolytic Processing	66-81
<i>Makhmudova Feruza Mukhtor qizi, Hakimov Firuz Yuldoshovich</i>	
Production of Powder Materials from Hard Alloy Wastes Using Molten Zinc	82-89
<i>Makhmudova Feruza Mukhtor qizi, Hakimov Firuz Yuldoshovich</i>	
<i>Mathematics and physical sciences</i>	
τ-closed and τ-open sets and their properties	90-94
<i>Kholmatov Dostonbek Dilshod ugli</i>	
Social sciences and humanities	
“Digital Conflict” between Parents and Children: Psychological Disconnection Through Social Media Use	95-100
<i>Gapparova Mastona Safaraliyevna, Mirxalilova Nargiza Akbarovna</i>	
The Similarities and Differences of Imagery in English and Uzbek Literature	101-108
<i>Abdunabiyeva Baxoroy Ikromjon qizi, Gavharoy Isroiljon qizi</i>	
The Category of Concept in the Contemporary Humanitarian Paradigm	109-113
<i>Usmanova Mashkura Mirzoroximovna</i>	
Professional value of development with the cooperation of industrial enterprises in foreign countries	114-118
<i>Yuldasheva Inobat Ashuraliyevna</i>	