

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

Композиционные материалы

ОКИСЛЕНИЕ МОЛИБДЕНИТА (MoS_2) АЗОТНОЙ КИСЛОТОЙ В ПРИСУТСТВИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Тошпулатова Г.Р., Сайдуллаева К.А., Негматова М.И.

Государственное учреждение «Фан ва тараккиёт» при ТГТУ им. Ислама Каримова

Аннотация. В работе рассмотрено влияние серной кислоты на процесс окисления молибденита (MoS_2) азотной кислотой. Показано, что азотная кислота является основным окислителем, обеспечивающим разрушение сульфидной решётки минерала и образование оксида молибдена(VI) (MoO_3). Установлено, что оптимальные условия достигаются при использовании смеси HNO_3 – H_2SO_4 в контролируемых пропорциях и повышенной температуре (80–100 °С). При этом достигается высокая степень извлечения молибдена и чистота конечного продукта. Однако избыток серной кислоты может вызвать пассивацию поверхности MoS_2 , что приводит к замедлению реакции.

Ключевые слова: молибденит (MoS_2), азотная кислота (HNO_3), серная кислота (H_2SO_4), окисление, гидрометаллургия, молибдат, пассивация поверхности, извлечение молибдена.

Введение. В Узбекистане молибденит рассматривается как стратегически важное сырьё для металлургии и химической промышленности. Основные направления его применения связаны с производством молибденовых концентратов, сплавов и катализаторов [1]. Молибденит (MoS_2) активно используется как стратегическое сырьё, его переработка ведётся на базе Узбекского комбината технологических металлов (УзКТМ) и Алмалыкского ГМК, а также в рамках новых проектов по редким минералам в Ташкентской и Самаркандской областях.

Молибденит (MoS_2) является основным минералом молибдена, широко используемым в металлургии и химической промышленности. Его переработка требует перевода молибдена в растворимую форму. Одним из эффективных методов является окисление азотной кислотой, которое может быть усилено добавлением серной кислоты.

Окисление MoS_2 азотной кислотой в присутствии H_2SO_4 остаётся актуальной задачей для оптимизации производства молибдена. В Узбекистане и других странах с развитой металлургией молибдена этот процесс имеет стратегическое значение для промышленности.

Цель исследования процесса окисления молибденита (MoS_2) азотной кислотой в присутствии серной кислоты заключается в разработке и оптимизации эффективной технологии гидрометаллургической переработки молибденитового концентрата для получения растворимых соединений молибдена (молибдатов), пригодных для дальнейшего выделения чистого молибдена или его соединений.

Результаты исследования и их обсуждение. Молибденит в Узбекистане используется как источник молибдена для металлургии, химической промышленности и экспорта. Его переработка развивается через государственные программы, новые технопарки

и проекты УзКТМ, что открывает возможности для роста экономики и интеграции страны в глобальные цепочки поставок критически важных минералов.

Промышленные растворы в результате разложения молибденита содержат до 150-200 г/л серная кислота. В производственных условиях полученные маточные растворы частично направляются в «голову» процесса на разложение очередной порции концентрата. В результате содержание H_2SO_4 в маточниках может колебаться в пределах 150-300 г/л. Это обуславливает и колебания концентрации молибдена в растворах, что осложняет их переработку. В настоящее время необходимы данные о предельных допустимых концентрациях серной кислоты и о влиянии ее на процесс в целом.

Одна из попыток исследования этого вопроса была предпринята в работе [2], где было изучено влияние добавок серной кислоты на распределение молибдена между маточным раствором и твердой фазой (молибденовой кислотой). Было установлено, что введение добавочных количеств серной кислоты несколько увеличивает степень окисления молибденита и значительно увеличивает степень перехода молибдена в маточные растворы. Автор объясняет это увеличением окислительной способности смеси кислот по сравнению с чистой азотной кислотой. В этой работе изучено влияние добавок серной кислоты в пределах 0-130 г/л. Для проверки данных автора [2] о большей окислительной способности смеси кислот по сравнению с чистой HNO_3 были проведены некоторые предварительные исследования. Нами установлено, что в концентрированной серной кислоте молибденит не окисляется несмотря на то, что концентрированная серная кислота является окислителем. При концентрации серной кислоты 300 г/д молибденит окисляется незначительно (при $T=80^\circ$, $\lambda=60$ мин,

содержание молибдена в растворе составляет 0,41 г/л). При добавлении в этот раствор даже 60 г/л азотной кислоты процесс окисления молибденита идет гораздо интенсивнее и содержание в растворе достигает 7,5 г/л. Эти данные свидетельствуют о том, что влияние серной кислоты на процесс окисления молибденита нельзя однозначно объяснить только увеличением окислительной способности смеси серной и азотной кислот по сравнению с чистой азотной кислотой. Так, например, фосфорная кислота оказывает аналогичное серной влияние окисление молибденита /5/, хотя она не является окислителем.

Нами изучено влияние серной кислоты на окисление молибденита в азотнокислом растворе в широком интервале концентраций серной кислоты (100-600 г/л).

Опыты проводили при оптимальной для окисления молибденита концентрации азотной кислоты равной 400 г/л, отношении 1:1=8:1, соответствующем производственному, температурах 80 и 90°. Концентрация серной кислоты в исходных растворах составляла 76,300 и 600 г/л. Полученные растворы и осадки анализировали на содержание окисленного молибдена комплексометрическим методом. Результаты опытов при 80° приведены в табл.1 и на рис. 1. Для сравнения представлены данные опытов без добавок серной кислоты.

Таблица 1.

Зависимость содержания молибдена в растворах и осадках от концентрации серной кислоты T=80°С

Концентрация H ₂ SO ₄ г/л	Продолжительность мин.	Объем раствора мл.	Содержание Мо в растворе		Вес осадка после опыта г.	Содержание окисления Мо в осадке		Общее количество окисления Мо, г.
			г/л	Г.		%	Г.	
без добавок	15	73	17,9	1,31	1,31	0	0	1,31
	30	70	27,3	1,91	-	0	0	1,91
	60	65	34,8	2,26	2,05	4,3	0,09	2,34
	90	67	18,2	1,21	3,79	32,2	1,22	2,43
	120	57	15,6	1,05	4,06	35,7	1,45	2,50
76	15	69	20,9	1,44	-	0	0	1,44
	30	68	26,5	1,80	-	0	0	1,80
	60	70	33,6	2,35	-	0	0	2,35
	90	70	34,1	2,39	-	0	0	2,39
	120	70	34,5	2,41	-	0	0	2,41
300	15	64	27,6	1,77	-	0	0	1,77
	30	65	32,6	2,12	-	0	0	2,12
	60	68	36,8	2,50	-	0	0	2,50
	90	70	36,9	2,58	-	0	0	2,58
	120	71	36,8	2,61	-	0	0	1,61
600	15	67	36,8	2,46	-	0	0	2,46
	30	70	35,1	2,45	-	0	0	2,45
	60	75	32,2	2,41	-	0	0	2,41
	90	68	35,7	2,43	-	0	0	2,43
	120	70	34,9	2,45	-	0	0	2,45

С увеличением продолжительности процесса (30-120 минут) степень окисления молибдена при этой концентрации серной кислоты практически не изменяется и общая степень окисления даже несколько ниже, чем при 300 г/л H₂SO₄.

Данные табл.1 и рис.1. показывают, что при окислении молибденита азотной кислотой без добавок серной кислоты выделение молибденовой кислоты при 80° происходит через час. При добавлении в растворы 76 г/л H₂SO₄ и более выделения молибденовой кислоты не происходит и весь окисленный

молибден находится в растворе. При содержании серной кислоты в азотнокислом растворе 300 г/л общая степень окисления молибдена несколько выше, чем при 76 г/л. Разложение молибденита в азотнокислом растворе, содержащем 600 г/л серной кислоты, приводит к резкому увеличению степени окисления MoS₂ в первые 15-30 минут по сравнению с данными опытов при 76 и 300 г/л H₂SO₄.

Было изучено влияние H₂SO₄ на окисление молибденита при 90°. Данные приведены в табл. 2. и на рис.2.

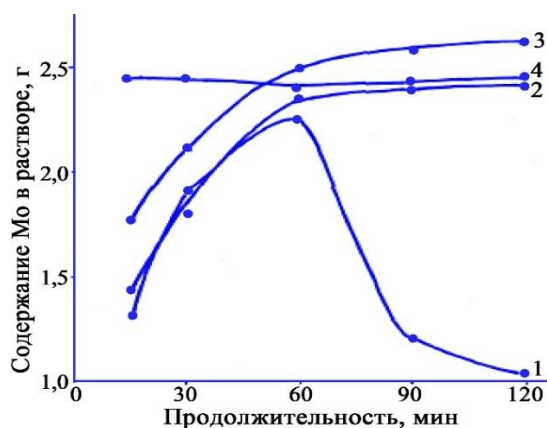


Рис. 1. Зависимость содержания молибдена в растворе от продолжительности. I-без добавок; II-76 г/л H₂SO₄; III-300 г/л H₂SO₄; IV-600 г/л H₂SO₄. T=80°

Из данных следует, что выделение молибденовой кислоты из растворов в процессе окисления молибденита при 90° без добавок серной кислоты происходит через 30 минут. В присутствии 76 г/л серной кислоты при этой температуре выделение молибденовой кислоты задерживается и начинается через 60 минут. При содержании 300 г/л и 600 г/л выделения молибденовой кислоты в этих условиях не происходит. Общая степень окисления

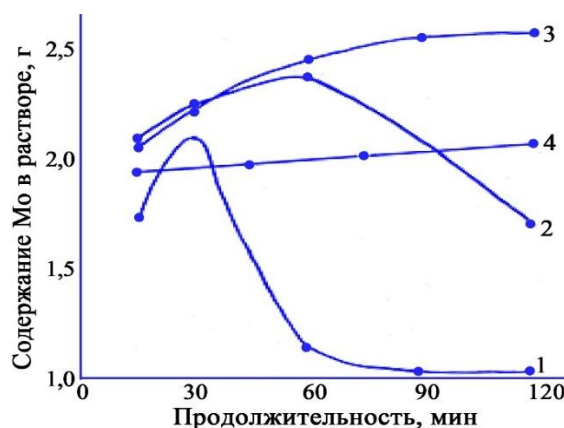


Рис. 2. Зависимость содержания молибдена в растворе от продолжительности. I-без добавок; II-76 г/л H₂SO₄; III-300 г/л; IV -600 г/л. T=90°

молибдена при содержаниях 76 и 300 г/л серной кислоты в первые 15-30 минут выше, чем в опытах без добавок серной кислоты, при этой же температуре. При содержании 600 г/л H₂SO₄ также не происходит выделения молибденовой кислоты, но общая степень окисления молибдена значительно ниже, чем в опытах без добавок H₂SO₄ и с добавками 76 и 300 г/л H₂SO₄. В присутствии 600 г/л H₂SO₄ степень окисления молибдена при 90° ниже, чем при 80°.

Таблица 2.

Зависимость содержание окисленного молибдена в растворе и осадке от концентрации серной кислоты T=90°

Концентрация H ₂ SO ₄ г/л	Продолжительность мин.	Объем раствора мл	Содержание Мо в растворе		Вес осадка после опыта г.	Содержание окисления Мо в осадке		Общее количество окисления Мо, г.
			г/л	Г.		%	Г.	
без добавок	15	74	23,2	1,72	-	0	0	1,72
	30	84	25,4	2,13	2,28	5,7	0,13	2,26
	60	96	10,8	1,04	4,17	35,2	1,47	2,51
	120	80	11,5	0,92	4,64	37,7	1,75	2,67
76	15	77	27,6	2,12	-	0	0	2,12
	30	71	33,4	2,30	-	0	0	2,30
	60	74	33,1	2,45	1,51	7,3	0,11	2,56
	120	69	24,4	1,68	2,83	31,1	1,05	2,73
300	15	80	28,2	2,09	-	0	0	2,08
	30	80	28,4	2,27	-	0	0	2,27
	60	73	34,7	2,53	-	0	0	2,63
	120	80	33,1	2,65	-	0	0	2,65
600	15	71	27,6	1,96	-	0	0	1,96
	45	70	28,5	1,99	-	0	0	1,99
	75	69	29,5	2,04	-	0	0	2,04
	120	66	31,7	2,09	-	0	0	2,09

Полученные данные позволяют заключить следующее: взаимодействие молибденита с азотной кислотой в присутствии H₂SO₄ приводит к преимущественному переходу молибдена в раствор и препятствует выделению молибденовой кислоты. В присутствии H₂SO₄ степень окисления молибдена в начальной стадии процессе (15-30 минут) выше, чем в отсутствии серной кислоты. Серная кислота, следовательно, ускоряет окисление

молибденита, препятствует образованию молибденовой кислоты и способствует интенсивному выделению нитрозных газов. При содержании H₂SO₄ 600 г/л и температуре 90% молибденит азотной кислотой окисляется хуже, чем при более низких концентрациях серной кислоты и температуре 80°. Это, вероятно, связано с уменьшением растворимости окисленных соединений молибдена в этих условиях.

Касимова М.Н., Негматова К.С. Опыт-производственные испытания созданных композиционных материалов при крашении текстильных хлопчатобумажных материалов в производственных условиях ...	107
Жуманов Ю.К., Эминов А.М., Кадирова З.Р., Эминов А.А. Перспективы применения отработанного катализатора НИАП-1205 в составе керамического пигмента	110
Азимова М.Х., Асамадинова У.Б., Элмурадов Аббосжон Х., Юлдашов Д.Я. Роль и значение алюмосиликатных и органо-минеральных наполнителей в составе эластомерных композиций	115
Кодиров О.Ш., Каттаев Н.Т., Нурманов С.Э., Бахридинова Л.А. Синтез, структурные и физико-химические свойства цеолитов CaA5 и NaX на основе местного сырья для очистки природного газа	117
Джумакулов Т., Жумаев М.Н., Максудходжаева М.С. Переработка отработанных техногенных моторных масел	121
Тошпулатова Г.Р., Сайдуллаева К.А., Негматова М.И. Окисление молибденита (MoS ₂) азотной кислотой в присутствии серной кислоты	123
Ramazanov S.O., Arifova M.X. Yangi xomashyolar asosida klinker va portlandsement tarkiblarini tanlash	126
Ходжаева Д.Н., Рузиева Б.Ю., Негматов С.С., Абед Н.С. Исследование и определение огнестойких свойств композиционных древесно-пластиковых и древесноволокнистых плитных материалов с использованием минеральных антипиренов	130
Ortiqov Sh.Sh., Sharipov M.S., Radjabov O.I. Tabiiy tarkibli kompozitsion yog'och yelimlarning fizik-kimyoviy va texnologik xossalari	133
Хомитова Г.З., Амонова М.М. Сапропелни механик фаоллаштиришнинг сорбцион хусусиятларига таъсири ва уни оқова сувларни тозалашдаги ўрни	136
Buryanov A., Lukyanova N., Talipov N. Effective filling mixtures based on synthetic anhydrite	138
Раззоқов Х.Қ., Амонов М.Р., Тўхтаев С.А. Сапропель асосидаги сорбентлар билан металлургия саноат оқова сувларини тозалаш	141

5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов

Исмаилова Н.А., Сидиков А.С. Использование органических соединений в качестве добавок к эмали ЭП-750 для защиты металлических конструкций, сооружений и оборудования бурильных установок	145
Sadullayeva G.B., Ibragimova M.R., Xudoyberdiyeva D.A., Pirimova M.A., Jo'rayev A.Sh. Mis atsetating izonikotinamid bilan yangi koordinatsion birikmasining sintezi va fizik-kimyoviy tahlili	147
Norqobilov A.E., Adilov R.I., Ayxodjayev B.B., Yo'ldoshev S.B. Kulrang past molekulari polietilen ranglanishining infraqizil spektroskopiya asosida tahlili va bentonit adsorbsiyasining roli	150
Ochilov Sh.E., Yusufov M.S., Bobonazarova S.H., Bo'riyeva D.M., Abdushukurov A.K., Matchanov A.D. 2-xlor-N-(3-xlor fenil)atsetamidning 5-ftoruratsil bilan reaksiyasini olib borish va olingan mahsulotning biologikfaolligini saraton hujayralarida o'rganish	153
Норхуджаев Ф.Р., Мухамедов А.А., Маматкулов Р.Ш. Использование ковочного тепла для термической обработки доэвтектидных сталей	157
Ахмадалиев Ш.Ш. Толали композитлардан ташкил топган элементларни пресслаш	160
Очилов Э.А., Хамдамова Ч.Х., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Камолов Т.О. Комплексный анализ элементного и фазового состава неорганических компонентов энергетических углей и золошлаковых отходов теплоэнергетики	161
Po'latova M.N., Xushvaqto'v S.Y., Bekchanov D.J., Muxamediev M.G. Amino va karboksil guruh tutgan ion almashinuvchi material sintezi	164
Касимова М.Н., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Бабаджанова М.А., Лапасова Ф.А. Исследование свойств красящих композиций на основе солей поливалентных металлов, применяемых в процессе крашения шерстяных волокон	168
Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Эшпулатова Н.Ш., Рахматуллаева С.О. Исследование молекулярных и структурных характеристик композиционных сорбентов методом ИК-спектроскопии	169