Такой вывод является физически обоснованным с точки зрения безопасности по фактору метановой опасности. На временном интервале переходного процесса концентрация метана в воздухе на исходящей струе всегда меньше, чем при установившемся стационарном распределении концентраций газа.

Следовательно, переходя к решению стационарной задачи газовой динамики строящегося тоннеля вносится определенный коэффициент запаса. При этом в любом случае анализ газовой ситуации для расчета количества воздуха должен быть ориентирован на максимальные концентрации метана, возникающие в рудничном воздухе [4].

***

1. Скоринский А. А. Рудничная атмосфера, изд. 2-е, ОНТИ НКТП СССР, 1933.
2. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И. Аэрология горных предприятий : Учебник для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1987. — 421 с.
3. Стась Галина Викторовна, Апете Гоку Ландри, Афанасьев Олег Александрович, Стась Виктор Павлович. Аэрогазодинамические процессы и модели газовых ситуаций при проведении подготовительных выработок и строительстве тоннелей // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2017. №4.
4. Рудничная вентиляция:/Справочник по ред. Ушаков К.З. — М.: Недра, ГИАБ, 1988.

Демидов М.А., Кузьмина М.Ю.

Получение и возможности использования в промышленности анодных оксидных покрытий на поверхности изделий из алюминия и его сплавов

*ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет
(Россия, Иркутск)*

doi:10.18411/spc-22-10-2019-02

idsp: sciencepublic-22-10-2019-02

Алюминий и сплавы на его основе широко используются в самых разных областях промышленности. Область применения алюминия обширна – от производства упаковочных материалов для продуктов питания и изделий медицинского назначения до производства строительных и теплоизоляционных материалов, автомобильной и авиационной техники [1–3]. Повышение и так уже достаточно высокой стойкости против коррозии расширит области применения алюминия [1–7]. В связи с этим представляет интерес выбор электролита и условий проведения процесса анодирования, позволяющих получить на поверхности алюминия оксидные пленки с высокими эксплуатационными характеристиками и не оказывающих отрицательного воздействия на окружающую среду.

Электрохимическое оксидирование алюминия и его сплавов в водном растворе серной кислоты. Водный раствор серной кислоты благодаря своей экономичности, возможности обработки в нем различных сплавов алюминия и получения оксидных покрытий, обладающих хорошими эксплуатационными свойствами, наиболее широко применяется в промышленности [1–3]. Содержание серной кислоты обычно составляет 170–200 г/дм³. Дальнейшее повышение концентрации кислоты приводит к снижению скорости формирования оксидной пленки из-за активного ее растворения, увеличению пористости, уменьшению твердости. Режим электролиза выбирают с учетом состава обрабатываемого сплава. Алюминий и плакированный металл анодируют при плотности тока 1–2 А/дм² и напряжении на ванне 10–15 В, дюралюминий и силумин – при 0,5–1,0 А/дм² и 12–20 В. Температура электролита во всех случаях должна быть 15–22 °С. Превышение температуры приводит к снижению твердости покрытия, уменьшению его предельной толщины, возрастанию пористости. При оксидировании алюминия с последующим наполнением пленки хроматами продолжительность электролиза составляет 30–40 мин; в случае

адсорбционного окрашивания пленки органическими красителями – 50–60 мин. Анодирование изделий сложной конфигурации или имеющих отверстия малого диаметра проводят при анодной плотности тока $0,5 \text{ А/дм}^2$ и продолжительности электролиза 40–50 мин. Бесцветные, прозрачные защитно-декоративные оксидные покрытия в электролите на основе серной кислоты могут быть получены на сплавах, в которых содержание легирующих компонентов не превышает (мас. %): железа – 0,5; меди – 2; магния – 7; цинка – 7; кремния – 3; марганца – 0,8; хрома – 0,3; титана – 0,3. В качестве катода в электролите на основе серной кислоты используют свинец или высоколегированную сталь марки 12Х18Н9Т. Контроль электролита оксидирования проводят на содержание в нем кислоты и примесей. Предельно допустимое содержание в сернокислом электролите примесей составляет (г/дм^3): алюминия – 30, магния – 5, железа – 3, хлора (в пересчете на NaCl) – 0,1, оксидов азота – 0,2. При содержании алюминия или железа выше указанного количества, на оксидной пленке появляются темные полосы и пятна. Накопление хлора и оксидов азота приводят к растравливанию покрытия. Так как процесс оксидирования идет при высоких потенциалах, и часть тока затрачивается на разряд ионов кислорода, а при оксидировании переменным током – и водорода, электролиз сопровождается сильным выделением газов и паров раствора. Для уменьшения этого в электролит добавляют $0,5\text{--}3 \text{ г/дм}^3$ препарата ОП–7 или ОП–10 или $0,01\text{--}0,1 \text{ мл/дм}^3$ кремнийорганической жидкости ПМС–200, играющей роль пеногасителя. Добавка этих компонентов позволяет упростить операции подготовки изделий перед оксидированием.

Для деформируемых сплавов применяют электролит, содержащий $475\text{--}500 \text{ г/дм}^3$ серной кислоты при температуре $20\text{--}22 \text{ }^\circ\text{C}$, плотности тока 10 А/дм^2 , напряжении $13\text{--}15 \text{ В}$ и продолжительности обработки $7\text{--}10 \text{ мин}$. Для анодирования литейных сплавов, к серной кислоте добавляют $0,5\text{--}1,0 \text{ г/дм}^3$ фторбората аммония и ведут электролиз при том же режиме, но уменьшая продолжительность его до $5\text{--}7 \text{ мин}$ [1–3].

Электрохимическое оксидирование алюминия и его сплавов в водном растворе хромовой кислоты. Для анодного оксидирования алюминия и его сплавов используют водные растворы хромовой кислоты низкой, средней и высокой концентрации. Содержание в них хромового ангидрида составляет $30\text{--}35 \text{ г/дм}^3$; $50\text{--}55 \text{ г/дм}^3$; $90\text{--}100 \text{ г/дм}^3$ соответственно. Допустимое содержание примесей – не более $0,5 \text{ г/дм}^3$ сульфатов и $0,02 \text{ г/дм}^3$ хлора. Растворы хромовой кислоты оказывают меньшее растворяющее действие на оксидную пленку, чем растворы серной и щавелевой кислот. Температура электролита сильно сказывается на процессе оксидирования. Наибольшая толщина пленки достигается анодированием при температуре $40 \text{ }^\circ\text{C}$. Превышение ее сопровождается увеличением скорости растворения окисла, понижение – падением скорости формирования пленки. Это делает необходимым поддерживать заданную температуру электролита с точностью $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. В разбавленных электролитах с низкой концентрацией хромового ангидрида алюминий и его сплавы АМц, АМг, АЛ2, АЛ9 оксидируют при температуре $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ и анодной плотности тока $0,2\text{--}0,3 \text{ А/дм}^2$. Процесс оксидирования регулируют по напряжению на ванне. В первые 15 мин напряжение повышают до 40 В , выдерживают при этом значении $30\text{--}35 \text{ мин}$, затем повышают в течение 5 мин до 50 В и поддерживают на этом уровне в течение 5 мин. Применение концентрированного раствора хромовой кислоты позволяет несколько упростить режим анодирования. Обработку алюминия и его гомогенных сплавов ведут при температуре $36 \text{ }^\circ\text{C}$ и анодной плотности тока $0,3\text{--}0,5 \text{ А/дм}^2$, гетерогенных сплавов – при плотности тока $0,4\text{--}2,5 \text{ А/дм}^2$ и температуре $32 \text{ }^\circ\text{C}$. В течение первых $5\text{--}10 \text{ мин}$ электролиза напряжение на ванне постепенно повышают до 40 В и поддерживают на этом уровне $40\text{--}50 \text{ мин}$. Скорость повышения напряжения должна быть такой, чтобы плотность тока не превысила $2\text{--}2,5 \text{ А/дм}^2$. В дальнейшем плотность тока может самопроизвольно понижаться. В качестве катодов при оксидировании в растворах хромовой кислоты используют коррозионностойкую сталь 12Х18Н9Т или алюминий

марки А0. Для уменьшения скорости нежелательного побочного процесса катодного восстановления ионов шестивалентного хрома, отношение поверхности катодов к поверхности обрабатываемых изделий не должно превышать 5 : 1. В процессе работы ванны в электролите накапливается алюминий, уменьшается концентрация свободной хромовой кислоты за счет связывания ее растворяющимся металлом и катодного восстановления шестивалентных ионов хрома, что неблагоприятно сказывается на качестве оксидного покрытия. Контроль содержания хромовой кислоты проводят химическим анализом или косвенно, определяя величину pH . Для раствора, содержащего 30 г/дм³ хромового ангидрида, pH должно быть 0,7–0,9; для раствора, содержащего 100 г/дм³ хромового ангидрида, pH 0,1–0,3. Корректирование электролита ведут периодически, добавляя CrO_3 , что приводит к увеличению концентрации хроматов в растворе. Предельно допустимое содержание CrO_3 в разбавленном растворе составляет 100 г/дм³, в концентрированном – 200–250 г/дм³. По достижении указанной концентрации электролит разбавляют водой или заменяют свежеприготовленным. Накапливающиеся в растворе ионы трехвалентного хрома могут быть переведены в шестивалентные путем анодного окисления с использованием свинцового анода и стального катода. Катодное пространство следует изолировать, поместив катоды в микропористые керамические диафрагмы, что значительно ускорит процесс окисления по сравнению с электролизом без диафрагм. Анодная плотность тока при этом должна быть 0,2–0,3 А/дм², катодная плотность тока 8–10 А/дм² [3].

Электрохимическое оксидирование алюминия и его сплавов в водном растворе щавелевой кислоты. В водных растворах щавелевой кислоты можно обрабатывать алюминий и его сплавы, содержащие до 5 % меди или 4 % кремния. При обработке изделий в данных электролитах формируются малопористые, твердые, износостойкие электроизоляционные покрытия. Микротвердость их может достигать 5500–6500 МПа, пробивное напряжение 600–700 В.

Защитно-декоративное оксидирование постоянным током ведут в 3–5 % растворе щавелевой кислоты при 20–25 °С в течение 30–40 мин. По мере повышения омического сопротивления пленки в результате увеличения ее толщины, плотность тока несколько понижается и для поддержания ее на постоянном уровне необходимо увеличить напряжение, которое к концу электролиза достигает 60–70 В. В качестве твердых или электроизоляционных покрытий используют пленки толщиной не менее 35–40 мкм. Пленки формируются в 5–6 % растворе щавелевой кислоты при начальной плотности тока 2,5–3 А/дм² и продолжительности электролиза 60–120 мин. К концу процесса напряжение на ванне увеличивается до 90–100 В. Такого типа покрытия можно получить также в смешанных электролитах следующих составов и режимов электролиза:

- щавелевая кислота – 25–30 г/дм³, лимонная кислота – 25–30 г/дм³. Анодная плотность тока 1,5–2 А/дм², напряжение 60–100 В, температура раствора 20–40 °С, продолжительность электролиза 40–90 мин;
- щавелевая кислота – 40–60 г/дм³, лимонная кислота – 20–30 г/дм³, борная кислота – 3–10 г/дм³. Анодная плотность тока 2–3 А/дм², напряжение 50–90 В, температура раствора 10–40 °С, продолжительность электролиза 40–90 мин.

При анодном оксидировании в растворах щавелевой кислоты материалом катода служит коррозионностойкая сталь марки 12Х18Н9Т или свинец. Толщина оксидных пленок в большой мере зависит от кислотности и температуры электролита. Наиболее благоприятные условия создаются при температуре от 20 до 40 °С, когда оптимальные значения pH составляют 0,5–1,6. Процесс оксидирования сопровождается выделением значительного количества тепла. Для предотвращения разъедания оксида и основного металла обрабатываемых изделий необходимо применять интенсивное перемешивание

и охлаждение электролита. Температуру раствора следует контролировать в непосредственной близости от поверхности обрабатываемых изделий [1, 3].

Пленка, образующаяся в результате анодирования алюминия в растворах электролитов, обладает хорошей коррозионной стойкостью; полным отсутствием токсичных свойств; не оказывает влияния на вкусовые качества, запах и цвет продуктов; является недорогой, прочной, надежной и легко обрабатываемой. Способ электрохимического оксидирования алюминия и его сплавов в водных средах может найти применение для антикоррозионной защиты и декоративной отделки изделий, применяемых в различных областях техники, в частности, в металлургии, в химической, пищевой и машиностроительной промышленности.

***

1. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Мотивация труда на предприятиях алюминиевой промышленности // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 9 (56). – С. 195–201.
2. Григорьев В.Г., Тепикин С.В., Пьянкин А.П., Кузаков А.А., Высотский Д.В., Кузьмин М.П. Оптимизация некоторых элементов технологии производства алюминия // Цветные металлы и минералы – 2018: сб. докл. XX Междунар. конгресса. – 2018. – С. 541–545.
3. Климаков В.Н., Каушпедас З.П., Тиминкас А.С. Технология подготовки поверхности и нанесения электрохимических покрытий на алюминий и его сплавы. – М. : ЦНИИНТИКПК, 1989. – С. 24–28.
4. Кузьмин М.П., Кузьмина М.Ю. Ликвация и повышение качества проб литейных алюминиевых сплавов // Вестник ИрГТУ. – 2013. – № 12 (83). – С. 210–213.
5. Кузьмин М.П., Кондратьев В.В. Разработка способа получения силу-минов с использованием микро- и наночастиц диоксида кремния // Цветные металлы и минералы–2016: сб. тезисов докл. VIII Междунар. конгресса. – Красноярск, 13–16 сент. 2016 г. – С. 170–171.
6. Kuz'min M.P., Paul K. Chu, Abdul M. Qasim, Larionov L.M., Kuz'mina M.Yu., Kuz'min P.B. Obtaining of Al–Si foundry alloys using amorphous microsilica – Crystalline silicon production waste // Journal of Alloys and Compounds. – 2019. – V. 806 – P. 806–813.
7. Kuz'min M.P., Larionov L.M., Paul K. Chu, Abdul M. Qasim, Kuz'mina M.Yu., Kondratiev V.V., Kuz'mina A.S., Jia Q. New methods of obtaining Al–Si alloys using amorphous microsilica // International Journal of Metalcasting. – 2019. – P. 1–11.

Жиляева Н.П.

Транспортировка высоковязких нефтей

*Самарский Государственный Технический университет
(Россия, Самара)*

doi:10.18411/spc-22-10-2019-03

idsp: sciencepublic-22-10-2019-03

В современной нефтедобычи полным ходом идет наращивание доли трудноизвлекаемых запасов (ТИЗ). К ТИЗ относится тяжёлая нефть с вязкостью 30 мПа·с и выше. Запасы таких видов нефти составляют около одного трлн. тонн и превышают объём остаточных извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости более чем в пять раз.

Поднимаясь на поверхность, нефть остывает и переходит в состоянии жидкости со сложными реологическими свойствами. При этом происходит оседание парафинов и смол на поверхностях нефтедобывающего и транспортирующего оборудования, что резко ухудшает их производительность.

Остановка трубопровода с нефтью может привести к выходу трубопровода из строя и последующей замене его основных технологических узлов.

Существуют несколько способов трубопроводной перекачки высоковязких нефтей: перекачка с разбавителями; гидротранспорт высоковязких нефтей; перекачка термообработанных нефтей; перекачка нефтей с присадками; перекачка предварительно подогретых нефтей.