

ИННОВАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ БАТАРЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Несмотря на бурное развитие новых систем аккумулирования электроэнергии, в частности литий-ионных аккумуляторов, свинцово-кислотные технологии сохраняют тенденцию устойчивого роста. Согласно [1] рынок свинцово-кислотных АКБ ожидает рост до 36,83 миллиардов \$ к 2029 году с совокупным ежегодным ростом (CAGR) 6,2%. Движущими силами рынка по-прежнему остается автомобильная промышленность, подкрепленная правительственными инициативами в области электромобильного транспорта, где свинцово-кислотные АКБ используются во вспомогательных системах.

Ожидаемыми технологическим трендами являются графен-модифицированные ячейки, углеродные добавки для материала электродов, VRLA стационарные АКБ, автоматическая диагностика ячеек и т.п. Согласно Battery University, AGM является предпочтительной технологией аккумуляторов для легкого транспорта и мотоциклов, благодаря меньшему весу, меньшим риском утечки кислоты, хорошей работоспособности при низких температурах. Эти аккумуляторы также находят применение в судостроении и робототехнике.

В Республике Беларусь работает два завода по производству свинцово-кислотных АКБ, входящих в состав холдинга 1AK-GROUP. Завод ООО «Зубр Энерджи» производит полный спектр залитых необслуживаемых стартерных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей для легковых и грузовых автомобилей, автобусов, автотракторной техники, в т.ч. на конвейерные линии крупных автопроизводителей. Предприятие подтвердило высокий уровень менеджмента качества, - сертификат ISO9001, прошло сертификационный аудит IATF 19649, имеет сертификат в области менеджмента охраны окружающей среды ISO14001. В октябре 2024 г. запущено серийное производство батарей типа PzS, будут освоены новые форм факторы свинцово-кислотных АКБ. Новейший в Республике Беларусь завод по производству стартерных аккумуляторных батарей для всех типов автомобилей ООО

«Аккумуляторный Альянс» активно внедряет новые технологии изготовления стартовых АКБ.

В докладе дается описание инновационных технологий серийного производства свинцово-кислотных АКБ, внедренных в последние годы на заводах Республики Беларусь.

Технология штамповки решетки является одной из прогрессивных для производства стартерных свинцово-кислотных батарей, широко применяется менее двух десятков лет. На ООО «Зубр Энерджи» технология внедрена с июня 2024 года. Преимущества токоотводов, изготовленных методом штамповки: стабильность геометрии пластины, наличие рамки по периметру токоотвода, препятствующей росту положительной электродной пластины в процессе эксплуатации АКБ, отсутствие острых кромок, что снижает вероятность повреждения сепаратора и риск короткого замыкания. Другими преимуществами является свобода выбора рисунка решетки, оптимизированного по плотности пропускаемого тока, отсутствие излишних узлов между жилками, что снижает остаточные механические напряжения, замедляет коррозию.

Решетка более технологична в изготовлении и для последующих операций производственного цикла. Испытания АКБ, изготовленной с применением штампованных (Punch) токоотводов, на виброустойчивость показали превосходные результаты. При этом ранее изготавливаемый продукт с использованием электродных пластин, произведенных по технологии ExMet (тянuto-резаная), демонстрируют несколько худшие показатели по виброустойчивости.

Штампованная решетка изготавливается из свинцовой ленты при помощи штампа-матрицы. С октября 2023 года освоило процесс литья широкой свинцовой ленты толщиной до 1,2 мм и шириной до 320 мм, что позволяет существенно повысить производственные мощности и сократить энергетические потери в процессе литья. Преимуществом освоенного техпроцесса является его универсальность, т.к. широкая лента используется в качестве полуфабриката для изготовления свинцово-кальциевой решетки по технологии штамповки (Punch). Для изготовления решетки по технологии ExMet широкая лента разрезается на три более узкие полосы.

В связи с переходом на штамповку из широкой ленты возникает задача организации непрерывности процесса при переходе от полуфабриката «узкая лента» к полуфабрикату «электродная пластина». Свинцовая лента после литья направляется на дозревание с целью стабилизации кристаллической структуры свинца и придания стабильных механических свойств, важных при последующей

обработке. Этот этап не может быть ускорен. Поэтому синхронизация линий литья ленты с оборудованием для последующих технологических операций с целью организации непрерывного технологического процесса сложно реализуема. Это приводит к необходимости организации операционных заделов полуфабриката с организацией отслеживания срока хранения, который имеет также верхний предел – 30 суток. Некоторые зарубежные предприятия, кроме операционного задела свинцово-кальциевой ленты, имеют заделы свинцово-кальциевой решетки. На предприятиях Холдинга «Зубр Энерджи» (с 2023 г.) и ООО «Аккумуляторный Альянс» (с 2021 г.) организован непрерывный технологический процесс от полуфабриката свинцово-кальциевой ленты до полуфабриката влажной электродной пластины. Это позволило сэкономить производственные площади, ресурсы, снизить объем оборотных средств, вложенных в полуфабрикат свинцово-кальциевой решетки.

Зарядка батарей на водяных ваннах – еще одна прогрессивная технология, освоенная на предприятиях. Вода, в которую погружается корпус батареи, обеспечивает эффективный отвод тепла, выделяющегося при зарядке. С использованием этого метода удается снизить время формования батареи, а также обеспечить равномерность температуры во всех элементах батареи, что приводит к более равномерному формированию материала положительной и отрицательной пластин и увеличивает срок жизни батареи. Одновременно с зарядкой в водяных ваннах внедрен технологический процесс зарядки (формирования) АКБ тяжелой группы емкостью 125-220 Ач на установках с рециркуляцией электролита. Известно, что главным недостатком, замедляющим время производства батареи, является нагревание электролита при зарядке. Суть технологии рециркуляции электролита состоит в том, что зарядка АКБ происходит при повышенных (более 80А) значениях тока, что по крайней мере вдвое повышает производительность линии и при этом является более экологически чистой техникой по сравнению с традиционной. Непрерывный контроль температуры и плотности электролита позволяет лучше сформировать активный материал пластин и обеспечить лучшее качество батареи.

В последнее время перед предприятиями холдинга 1АК-GROUP всталас задача изготовления свинцовых аккумуляторных батарей по технологии EFB (Enhanced Flooded Battery). В силу постоянного роста энергонасыщенности выпускаемых транспортных средств, к АКБ предъявляются все более жесткие требования устойчивости в условиях глубоких циклов заряда-разряда. Одним из путей повышения

устойчивости к циклированию является формирование кристаллов 4ОС (четырехосновного) сульфата свинца активной массы положительных электродных пластин, которые крупнее кристаллов 3ОС (трехосновного) сульфата свинца и более устойчивы к циклам заряд-разряд, в том числе к глубокому циклированию [2]. Содержание в активной массе значительной количеств (более 30%) 4ОС приводит к повышению устойчивости к циклированию – более 180 циклов по ГОСТ Р 53165 по сравнению с 120 циклами для электродных пластин, содержащих 3ОС.

Еще одной технологической проблемой, решаемой в настоящее время, является оплыивание активной массы с поверхности положительных электродных пластин, приводящее к деградации емкости АКБ. На предприятии реализована технология нанесения на электродную массу стекловолоконной пастирующей бумаги вместо традиционно используемой целлюлозной бумаги, которая растворяется в ходе зарядки и эксплуатации АКБ. Нерастворяемая стекловолоконная бумага же препятствует физическому уносу частиц диоксида свинца с поверхности электродной пластины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lead Acid Batteries Global Market Report 2025. Режим доступа: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/lead-acid-batteries-global-market-report>. Дата доступа 14.04.2025.
2. Павлов, Д. Свинцово-кислотные аккумуляторы: Теория и Технология. Справочник по технологии свинцово-кислотных аккумуляторов и её влиянии на продукцию. М.: «Аникс». - 2019. – С. 764