

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

УДК 621.355.5

Ю. И. КАЗАЧА, С. В. ШНУРОВОЙ, В. А. ИВАНОВ, В. А. ДЗЕНЗЕРСКИЙ¹,
С. В. БУРЫЛОВ², В. Ю. СКОСАРЬ^{3*}

¹ Отдел сверхпроводящих магнитных систем, Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг», ул. Писаржевского, 5, г. Днепропетровск, Украина, 49005, тел. +38 (056) 370 22 03, эл. почта itst@westa-inter.com

² Отдел электротехнических комплексов транспортных средств, Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг», ул. Писаржевского, 5, г. Днепропетровск, Украина, 49005, тел. +38 (056) 370 22 03, эл. почта burylov@westa-inter.com

^{3*} Отдел электротехнических комплексов транспортных средств, Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг», ул. Писаржевского, 5, г. Днепропетровск, Украина, 49005, тел. +38 (056) 370 22 03, эл. почта svu@westa-inter.com

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ Pb-Ca-Sn СПЛАВОВ И ЛЕНТ ДЛЯ ТОКОТВОДОВ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ СВИНЦОВО-КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ (VRLA)

Цель. Современной тенденцией в эксплуатации свинцово-кислотных батарей является переход на использование надежных и безопасных герметизированных VRLA-батарей. Однако, свойства сплавов токоотводов этих батарей еще недостаточно изучены. Это тормозит применение их в ж/д транспорте. Целью работы является исследование зависимости механических свойств сплавов токоотводов от температурных условий отливки, деформации прокатки и времени старения. **Методика.** Определялись механические свойства сплавов и токоотводов на стандартной разрывной машине Р-0,5. **Результаты.** Прокатка свинцово-кальциевых сплавов с деформацией более 90 % повышает их прочность и снижает пластичность. С повышением температуры литейной формы (в диапазоне 60...170 °С) прочность свинцово-кальциевых и свинцово-сурьмянистых сплавов уменьшается, пластичность увеличивается: наиболее это выражено для сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$, наименее – для $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$. Прочность свинцово-кальциевых и свинцово-сурьмянистых сплавов увеличивается, пластичность уменьшается с увеличением срока старения: наиболее это выражено для сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ и лент из него. **Научная новизна.** Установлено, что снижение степени переохлаждения сплавов при кристаллизации приводит к понижению их прочности и возрастанию пластичности. Состав и структура сплавов сильно влияют на динамику их старения. **Практическая значимость.** Предлагается увеличить температуру кристаллизации сплава для ленты отрицательных токоотводов до 120-160 °С вместо 80-120 °С, что повысит пластичность ленты и уменьшит износ оборудования; заменить сплав литых токоотводов вместо $PbSb_{1,8}Se$ на $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$, что позволит уменьшить массу их на 25 % при сохранении прочности; диапазон старения литых из сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ токоотводов расширить до 3...30 суток, что сократит производственные издержки. Все вместе это позволит уменьшить износ технологического оборудования и снизить себестоимость продукции при сохранении ее характеристик.

Ключевые слова: свинцово-кальциевые сплавы; механические свойства; VRLA-батареи; прокатка; старение; кристаллизация

Постановка задачи

Актуальной проблемой является усовер-

шенствование технологии производства свинцово-кислотных батарей, которые используются на железнодорожном транспорте. Современ-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

ной тенденцією являється перехід на використання герметизованих VRLA-батареї з рекомбінацією газів, як більш надійних і безпечних. Особливістю цих батарей являється використання в токоотводах свинцово-кальцієво-оловяно-алюмінієвих сплавів, властивості яких ще недостатньо вивчені. В частині, практично немає достовірних даних, як впливають на властивості сплаву температурні, механічні і часові параметри його обробки при виготовленні токоотводів [1, 3-8]. Крім того, виробники зацікавлені в зменшенні собівартості продукції, наприклад, шляхом скорочення витрат на зношення обладнання, яке використовується при виготовленні токоотводів батарей.

Поэтому актуальною задачею являється дослідження залежності механічних властивостей свинцово-кальцієвих сплавів від температурних умов лиття, деформації прокатки і часу старіння. Результати досліджень дали б можливість удосконалити способи отримання токоотводів для виготовлення свинцово-кислотних акумуляторних батарей, зменшити зношення обладнання і собівартість продукції. Розв'язання цієї задачі являється метою поточної роботи. Обсяг досліджень визначається специфікою виробництва токоотводів для VRLA батарей, яка заключається в послідовно виконуваних операціях лиття лент з свинцевого сплаву, прокатки ленти в лист, дисперсійного твердження (старіння) ленти, просічки і розтягнення ленти в решітчасту конструкцію.

Розв'язання задачі

В акумуляторному виробництві МНПК «ВЕСТА» для виготовлення позитивних і негативних токоотводів використовуються свинцово-кальцієві сплави $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ і $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ відповідно. Ці сплави і піддалися дослідженню. Спочатку були визначені механічні властивості (σ_b і δ) сплаву $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ різних плавок і сплаву $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ (також різних плавок). Температура розплаву, з якого відливалися зразки, складала 460...470 °С. В експериментах змінювалася температура лиття форми в діапазоні 60...170 °С. Механічні властивості сплавів визначалися за стандартної

розривної машині Р-0,5.

В ході досліджень отримані наступні результати: в діапазоні температур лиття форми 60...170 °С величина часового опору σ_b сплаву $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ зменшується на 27 % з підвищенням температури лиття форми (зниженням ступеня переохолодження сплаву при кристалізації) з середнім градієнтом падіння $\sigma_b = 0,107 \text{ Н/мм}^2$, а відносне подовження δ зростає в 1,7 рази з градієнтом підвищення приблизно 0,1 % на 1 °С підвищення температури форми. При цьому механічні властивості сплаву $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ (σ_b і δ) в зазначеному діапазоні температури лиття форми змінюються незначально.

Столь значуще змінення механічних властивостей сплаву $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ при підвищенні температури лиття форми пояснюється високою чутливістю структури сплавів з відносно високим вмістом кальцію до температурних параметрів процесу кристалізації. Раніше було виявлено [3, 4], що свинцеві сплави, що містять більше 0,07 % кальцію, при кристалізації утворюють зубчасту мелкозернисту структуру, яка характеризується високою чутливістю до переохолодження, однак відповідні дослідження не були проведені. Отриманий в поточної дослідницької роботі характер залежності механічних властивостей сплаву $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ від температури може бути пояснений зміною в розмірах зерен структури. При підвищенні температури лиття форми зменшується ступінь переохолодження, і сплав кристалізується з утворенням відносно більш великих зерен, також зменшується кількість внутрішніх напружень і дислокацій, в результаті зменшуються прочні властивості матеріалу і збільшуються пластичні.

В цій зв'язі слід рекомендувати ведення процесу отримання ленти сплаву в коліс-кристалізаторі установки Strip Line при понижених режимах його охолодження з допустимою температурою ленти 120...160 °С на виході з кристалізатора замість звичайних 60...120 °С. Зниження прочних властивостей сплаву в ленті дозволить зменшити навантаження в прокатних клітках при збереженні рівня його деформувальності.

Незначуще змінення механічних

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

свойств сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ со снижением температуры переохлаждения при кристаллизации сплава объясняется невысокой чувствительностью структуры материала к параметрам охлаждения. При кристаллизации сплавов с содержанием кальция ниже 0,06 % происходит образование крупнозернистой столбчатой структуры, которая отличается слабой чувствительностью к переохлаждению в рабочих диапазонах температур работы установок.

На рис. 1 приведены усредненные по разным плавкам зависимости механических свойств сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ от температуры литейной формы, в которую он отливался.

Следует отметить, что различия в величинах механических характеристик сплавов разных плавков является следствием качества конкретной плавки.

Сравнивая характеристики свинцово-кальциевых сплавов с характеристиками ранее изученных нами свинцово-сурьмянистых сплавов [2], следует отметить, что температура кристаллизации сплавов примерно одинаково влияет на механические их свойства: с ростом тем-

пературы кристаллизации механическая прочность свинцово-кальциевых сплавов, также как и свинцово-сурьмянистых, снижается, а пластические свойства возрастают.

Затем проводились исследования получаемых из сплавов на установке Strip Line свинцово-кальциевых лент. Для этого параллельно с получением литых образцов отбиралась свинцово-кальциевая лента, изготавливаемая из данного сплава. Литые образцы и образцы из прокатанной ленты одновременно (в день проката) подвергались испытаниям на разрыв на стандартной разрывной машине Р-0,5. В ходе исследований с помощью переносной термопары измерялась температура полосы, получаемой в колесе-кристаллизаторе. Значения температуры полосы различных плавков на выходе из колеса-кристаллизатора находились в диапазоне 100–140 °С. Учитывая зависимость механических характеристик сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ от температуры литейной формы (температуры кристаллизации), значения σ_B и δ сплава для сравнения с характеристиками ленты принимались усредненными в диапазоне 100...140 °С.

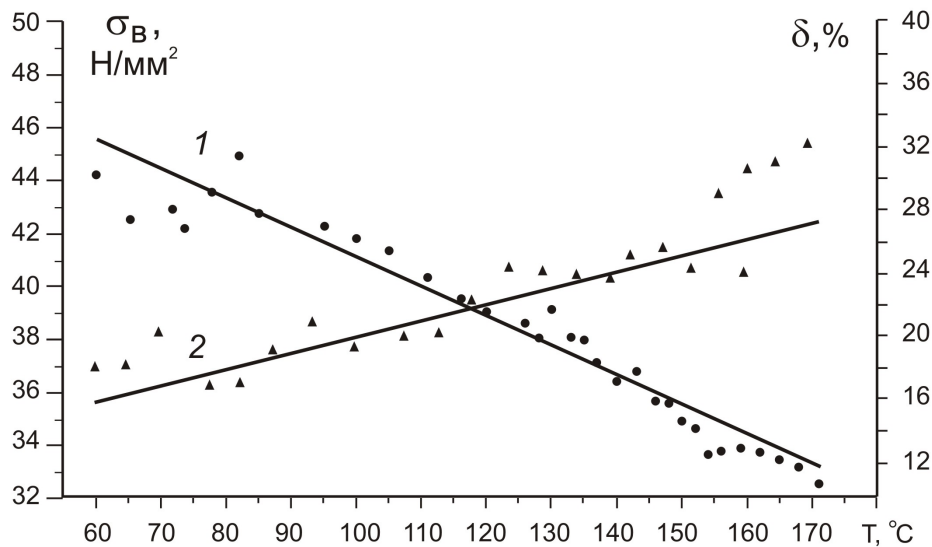


Рис. 1. Зависимость механических свойств сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ от температуры литейной формы: 1 – временное сопротивление сплава; 2 – относительное удлинение сплава

В ходе исследований получены следующие результаты: при прокатке полосы из свинцово-кальциевых сплавов в ленту с суммарной деформацией около 93 % временное сопротивление σ_B для сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ возрастает в

среднем на 15 %, а для сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ – в 2,1 раза. При этом относительное удлинение снижается для сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ на 20 %, а для сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ – в 4,1 раза.

Причиной повышения временного сопро-

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

тивлення разрыву и снижения относительного удлинения следует считать изменения в структуре сплава в результате наклепа, при котором зерна сплава ориентируются в направлении прокатки, в них накапливаются внутренние напряжения и образуются дислокации, что приводит к увеличению прочностных свойств сплава и снижению пластических. В сплаве $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$, обладающем крупнозернистой столбчатой структурой, в результате деформации накапливается большое количество внутренних напряжений и повышается плотность дислокаций в материале, что приводит к резкому увеличению прочностных свойств сплава и падению пластических.

Сравнивая характеристики свинцово-кальциевых лент с характеристиками ранее изученных нами свинцово-сурьмянистых сплавов [2], следует отметить, что механическая прочность свинцово-кальциевых лент на 30-35 % выше, чем у сплава $PbSb_{1,8}Se$, применяемого для получения литых токоотводов.

В завершение проводились исследования зависимости механических свойств свинцово-кальциевых сплавов и лент от времени старения.

В ходе исследований получены следующие результаты: с увеличением срока старения прочностные свойства (σ_b) сплавов и лент возрастают, пластические свойства (δ) уменьшаются. Наиболее интенсивное изменение свойств отмечено у сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ и лент, прокатанных из него. При этом прокатка свинцово-кальциевых сплавов с деформацией более 90 % уменьшает интенсивность изменения механических свойств при старении.

Сравнивая характеристики свинцово-кальциевых лент с характеристиками ранее изученных нами свинцово-сурьмянистых сплавов [2], следует отметить, что интенсивное изменение механических свойств при старении происходит только у сплавов $PbSb_{1,8}Se$ и $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ (и ленты из него). Например, временное сопротивление разрыву возрастает на 20-30 % для сплава $PbSb_{1,8}Se$ и в 2,5...2,7 раза для сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ (возрастает на 20...25 % для ленты из этого сплава). Относительное удлинение для сплава $PbSb_{1,8}Se$ снижается на 45...55 %, для сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ – на 55...60 %. При этом относительное удли-

нение свинцово-кальциевых лент снижается незначительно.

Существенное различие в интенсивности изменения механических свойств сплавов от свойств лент при дисперсионном твердении является следствием различной степени искаженности кристаллографической структуры материала. Как уже ранее указывалось, при получении ленты в результате прокатки сплава повышается плотность дислокаций в материале и накапливается большое количество внутренних напряжений. Это приводит к существенно замедлению процессов выделения из твердого раствора свинца кальция, олова и образования интерметаллических фаз на их основе, являющихся основной причиной изменения механических свойств сплавов в процессе дисперсионного твердения.

Выводы

Прокатка свинцово-кальциевых сплавов с деформацией более 90 % повышает их прочностные и снижает пластические свойства. Рост прочностных свойств при холодной деформации сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ значительно выше, чем сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ по сравнению с исходными значениями. Существенное различие в величине характеристик механических свойств до и после деформации у свинцово-кальциевых сплавов с различным содержанием кальция и олова является следствием различий в их кристаллической структуре.

Механические свойства свинцово-сурьмянистых и свинцово-кальциевых сплавов зависят от температуры литейной формы: с повышением температуры литейной формы (снижением переохлаждения сплава в процессе кристаллизации) прочностные свойства снижаются (σ_b уменьшается), пластические свойства возрастают (δ увеличивается). В исследованном диапазоне температур литейной формы 60...170 °C наибольшему влиянию температуры кристаллизации подвержен сплав $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$, наименьшему – сплав $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$. Свинцово-сурьмянистые сплавы изменяют свои механические свойства в указанном диапазоне температур относительно незначительно.

Сплав $PbSb_{1,8}Se$, свинцово-кальциевые сплавы и свинцово-кальциевые ленты из них, используемые для производства токоотводов,

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

являются стареющими и изменяют свои механические свойства при дисперсионном твердении. С увеличением срока дисперсионного твердения прочностные свойства сплавов и лент возрастают (σ_b увеличивается), пластические свойства падают (δ уменьшается). Наиболее интенсивное изменение прочностных свойств с увеличением времени старения отмечено у сплава $PbCa_{0,05}Sn_{1,1}$ и лент, прокатанных из него. Механические свойства сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ после трех дней естественного старения практически не изменяются.

Прокатка свинцово-кальциевых сплавов с деформацией более 90 % уменьшает интенсивность изменения механических свойств при дисперсионном твердении.

По результатам исследования механических свойств свинцовых сплавов, используемых в аккумуляторном производстве МНПК «ВЕСТА», их зависимостей от температуры литейной формы, времени дисперсионного твердения для повышения качества сплавов, совершенствования технологических параметров их использования, повышения производительности агрегатов и снижения себестоимости продукции можно сделать следующие предложения:

- при получении полосы для прокатки отрицательной ленты из сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ целесообразно увеличить температуру кристаллизации сплава за счет уменьшения водяного охлаждения колеса-кристаллизатора до уровня температуры выходящей полосы 120...160 °С вместо 80...120 °С. Повышение температуры колеса-кристаллизатора (снижение переохлаждения при кристаллизации сплава) приводит к снижению прочностных и повышению пластических свойств полосы, что позволит снизить усилия при прокатке ее в тонкую ленту;

- учитывая то, что прочностные свойства сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ на 25 % выше, чем у сплава $PbSb_{1,8}Se$, с точки зрения прочности, масса литых токоотводов из сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ может быть снижена на 25 % по сравнению с аналогичными токоотводами из сплава $PbSb_{1,8}Se$;

- учитывая незначительное изменение механических свойств сплава $PbCa_{0,1}Sn_{0,3}$ в ходе естественного старения, минимальное время хранения литых токоотводов может быть снижено до 3 дней, максимальное – увеличено до более 30 дней.

На основании полученных данных предложены усовершенствования способа получения токоотводов для изготовления свинцово-кислотных аккумуляторных батарей VRLA типа. Содержание усовершенствованного нами способа получения токоотводов составляют все перечисленные результаты и технологические предложения. Эти усовершенствования позволят уменьшить износ технологического оборудования и снизить себестоимость продукции при сохранении всех эксплуатационных ее характеристик.

В качестве перспективы дальнейших исследований мы планируем изучить влияние состава свинцовых сплавов, а также геометрических и электрических параметров аккумуляторов на механическую прочность и коррозионную стойкость межэлементных соединений свинцово-кислотных аккумуляторных батарей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Русин, А. Свинцовые сплавы для современных аккумуляторов. Теория и практика / А. Русин, Л. Хегай, С. Токарчук. – Владивосток : Дальнаука, 2008. – 221 с.
2. Способ получения токоотводов для изготовления свинцово-кислотных аккумуляторных батарей / В. А. Дзензерский, Ю. И. Казача, С. В. Шнуровой, В. А. Иванов, Е. В. Ларенцев, С. В. Бурьлов, В. Ю. Скосарь // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. докл. 71 Международной науч.-практической конф. (14-15 апреля 2011 г.). – Днепропетровск, 2011. – С. 131–132.
3. Lin, Wei. PbO_2 - SnO_2 Composite Anode with Interconnected Structure for the Electrochemical Incineration of Phenol / Wei Lin // Russian Journal of Electrochemistry. – 2011. – Vol. 47, № 12. – 1394 p.
4. Pregelman, R. David. Challenges from corrosion-resistant grid alloys in lead acid battery manufacturing. / R. David Pregelman // Journal of Power Sources. – 2001. – Vol. 95. – P. 224–233.
5. Pregelman, R. David. The Metallurgy and Performance of Cast and Rolled Lead Alloys for Battery Grids / R. David Pregelman // The Battery Man. – 1997. – September. – P. 16–36.
6. Productions and expletations problems of lead-acid batteries / D. A. J. Rand, D. P. Boden, C. S. Lakshmi, R. F. Nelson, R. D. Pregelman // Источники питания. – 2002. – № 107. – С. 280–300.

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

7. Rand, D. A. J. Valve-regulated Lead-Acid Batteries. / D. A. J. Rand. – Amsterdam : ELSEVIER, 2004. – 575 p.
8. Vityaz, P. A. The Intensifying Effect of Carbon Nanoparticles on Formation of Microarc Coatings on Aluminum Alloys / P. A. Vityaz, A. I. Komarov, V. I. Komarova // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. – 2012. – Vol. 48, №. 7. – 780 p.

Ю. І. КАЗАЧА, С. В. ШНУРОВИЙ, В. А. ІВАНОВ, В. А. ДЗЕНЗЕРСЬКИЙ¹,
С. В. БУРИЛОВ², В. Ю. СКОСАРЬ^{3*}

¹ Відділ надпровідних магнітних систем, Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг», вул. Писаржевського, 5, г. Дніпропетровськ, Україна, 49005, тел. +38 (056) 370 22 03, ел. пошта itst@westa-inter.com

² Відділ електротехнічних комплексів транспортних засобів, Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг», вул. Писаржевського, 5, г. Дніпропетровськ, Україна, 49005, тел. +38 (056) 370 22 03, ел. пошта burylov@westa-inter.com

^{3*} Відділ електротехнічних комплексів транспортних засобів, Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг», вул. Писаржевського, 5, г. Дніпропетровськ, Україна, 49005, тел. +38 (056) 370 22 03, ел. пошта svu@westa-inter.com

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ Pb-Ca-Sn СПЛАВІВ І СТРІЧОК ДЛЯ СТРУМОВІДВОДІВ ГЕРМЕТИЗОВАНИХ СВИНЦЕВО-КИСЛОТНИХ АКУМУЛЯТОРІВ (VRLA)

Мета. Сучасною тенденцією в експлуатації свинцево-кислотних батарей є перехід на використання надійних і безпечних герметизованих VRLA-батарей. Однак, властивості сплавів струмовідводів цих батарей ще недостатньо вивчені. Це гальмує застосування їх у залізничному транспорті. Метою роботи є дослідження залежності механічних властивостей сплавів струмовідводів від температурних умов виливка, деформації прокатки й часу старіння. **Методика.** Визначалися механічні властивості сплавів і струмовідводів на стандартній розривній машині Р-0,5. **Результати.** Прокатка свинцево-кальцієвих сплавів з деформацією більше 90 % підвищує їхню міцність і знижує пластичність. З підвищенням температури ливарної форми (у діапазоні 60...170°C) міцність свинцево-кальцієвих і свинцево-сурм'янистих сплавів зменшується, пластичність збільшується: найбільше це виражено для сплаву PbCa_{0,1}Sn_{0,3}, найменш – для PbCa_{0,05}Sn_{1,1}. Міцність свинцево-кальцієвих і свинцево-сурм'янистих сплавів збільшується, пластичність зменшується зі збільшенням строку старіння: найбільше це виражено для сплаву PbCa_{0,05}Sn_{1,1} і стрічок з нього. **Наукова новизна.** Встановлено, що зниження ступеня переохолодження сплавів при кристалізації приводить до зниження їхньої міцності й зростанню пластичності. Сполука й структура сплавів сильно впливають на динаміку їх старіння. **Практична значимість.** Пропонується збільшити температуру кристалізації сплаву для стрічки негативних струмовідводів до 120...160 °C замість 80...120 °C, що підвищить пластичність стрічки й зменшить спрацювання устаткування; замінити сплав литих струмовідводів замість PbSb_{1,8}Se на PbCa_{0,1}Sn_{0,3}, що дозволить зменшити масу їх на 25 % при збереженні міцності; діапазон старіння литих зі сплаву PbCa_{0,1}Sn_{0,3} струмовідводів розширити до 3...30 доби, що скоротить виробничі витрати. Все разом це дозволить зменшити зношування технологічного устаткування й знизити собівартість продукції при збереженні її характеристик.

Ключові слова: свинцево-кальцієві сплави; механічні властивості; VRLA-батареї; прокатка; старіння; кристалізація

Yu. I. KAZACHA, S. V. SHNUROVOY, V. A. IVANOV, V. A. DZENZERSKIY¹,
S. V. BURYLOV², V. YU. SKOSAR^{3*}

¹ Dep. "Superconducting Magnetic System", Institute of Transport Systems and Technologies NAS of Ukraine «Transmag», Piszarzhenskogo Str, 5, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49005, tel. +38 (056) 370 22 03, e-mail itst@westa-inter.com

² Dep. "Electrical Complexes of Transport Vehicles", Institute of Transport Systems and Technologies NAS of Ukraine «Transmag», Piszarzhenskogo Str, 5, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49005, tel. +38 (056) 370 22 03, e-mail burylov@westa-inter.com

^{3*} Dep. "Electrical Complexes of Transport Vehicles", Institute of Transport Systems and Technologies NAS of Ukraine «Transmag», Piszarzhenskogo Str, 5, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49005, tel. +38 (056) 370 22 03, e-mail svu@westa-inter.com

РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ І ТЯГА ПОЇЗДІВ

RESEARCH OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF PB-CA-SN ALLOYS AND TAPES FOR CURRENT LEADS IN SEALED LEAD-ACID BATTERIES (VRLA)

Purpose. The modern trend in lead-acid battery industry is the changeover to reliable and safe leak-proof VRLA batteries. However, the properties of grid alloys of these batteries are still insufficiently studied, that hampers application of these batteries at railway transport. The purpose of this work is the research of dependence of mechanical properties of grid alloys on temperature conditions of casting, deformation of rolling and ageing time. **Methodology.** Mechanical properties of alloys and grids have been defined at standard tensile testing machine R-0,5. **Findings.** The rolling of lead-calcium alloys with deformation more than 90% raises their durability and reduces their plasticity. When rising the temperature of the casting moulds (in range 60-170°C) the durability of lead-calcium and lead-antimony alloys decreases, and the plasticity increases, that are mostly evident for PbCa0.1Sn0.3 alloy, and least of all – for PbCa0.05Sn1.1 alloy. Durability of lead-calcium and lead-antimony alloys increases and plasticity decreases with increasing the time of ageing: this is mostly evident for alloy PbCa0.05 Sn1.1 and strips made from it. **Originality.** It was determined that decrease of alloys overcooling at crystallization results in drop of their durability and increase of plasticity. The composition and structure of alloys strongly influence dynamics of their ageing. **Practical value.** Authors proposed: a) to increase the temperature of crystallization of alloy for negative grid strip to 120-160°C instead of 80-120°C, that will raise plasticity of strip and reduce deterioration of the equipment; b) to replace PbSb1.8Se alloy of cast grids by PbCa0.1Sn0.3 alloy, that will allow reducing weight of grids by 25 % at the same durability; c) to increase range of ageing of grids cast from PbCa0.1Sn0.3 alloy to 3-30 days that reduces the production costs. It's all taken together will reduce deterioration of the process equipment and cut down production cost at conservation of characteristics of production.

Keywords: lead-calcium alloys; mechanical characteristics; VRLA batteries; rolling; ageing; crystallization

REFERENCES

1. Rusin A.I., Khegay L.A., Tokarchuk S.S. *Svintsovyye splavy dlya sovremennykh akkumulyatorov. Teoriya i praktika* [Lead alloys for advanced batteries. Theory and practice]. Vladivostok, Dalnauka Publ., 2008. 221 p.
2. Dzenzerskiy V.A., Kazacha Yu.I., Shnurovoy S.V., Ivanov V.A., Larenyshev Ye.V., Burylov S.V., Skosar V.Yu. Sposob polucheniya tokootvodov dlya izgotovleniya svintsovo-kislotnykh akkumulyatornykh batarey [A method of producing current leads for the manufacture of lead-acid storage batteries]. *Tezisy dokladov 71 mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii „Problemy i perspektivy razvitiya zheleznodorozhnogo transporta”* [Proc. of the 71 Int. Scientific and Practical Conf. “Problems and prospects of railway transport development”]. Dnepropetrovsk, 2011, pp. 131-132.
3. Lin Wei. PbO₂-SnO₂ Composite Anode with Interconnected Structure for the Electrochemical Incineration of Phenol. *Russian Journal of Electrochemistry*, 2011, vol. 47, no. 12, 1394 p.
4. Prengaman R. David. Challenges from corrosion-resistant grid alloys in lead acid battery manufacturing. *Journal of Power Sources*, 2001, vol. 95, pp. 224-233.
5. Prengaman, R. David. The Metallurgy and Performance of Cast and Rolled Lead Alloys for Battery Grids *The Battery Man*, 1997, September, pp. 16-36.
6. Rand D.A.J., Boden D.P., Lakshmi C.S., Nelson R.F., Prengaman R.D. Productions and expluetations problems of lead-acid batteries. *Istochniki pitaniya – Power Supplies*, 2002, no. 107, pp. 280-300.
7. Rand D.A.J. Valve-regulated Lead-Acid Batteries. Amsterdam, ELSEVIER Publ., 2004. 575 p.
8. Vityaz P.A. The Intensifying Effect of Carbon Nanoparticles on Formation of Microarc Coatings on Aluminum Alloys. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 2012, vol. 48, no. 7, p. 780.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Л. А. Манашкиным (США); д.т.н. В. Л. Горобцом (Украина).

Поступила в редколлегию 24.01.2013
Принята к печати 02.04.2013