

**Выводы**

Разработан способ получения медифосфорной лигатуры карботермическим методом с использованием небогатенного малокамышевахского фосфорита (15 %  $P_2O_5$ ). Проведены опытные плавки в печи Таммана и получена лигатура состава (% масс.) 10,06 P, 73,14 Cu, 15 Fe ост. примеси.

С применением электронного микроскопа «SUPRA» и РСМА исследована микроструктура медифосфорной лигатуры. Установлено, что лигатура представлена фазой практически чистой медью, фосфидом меди  $Cu_3P_{(1+x)}$  фосфидом железа  $Fe_2P$  и эвтектикой.

Медифосфорная лигатура может быть рекомендована для совместного легирования чугунов и сталей различного функционального назначения медью и фосфором. При использовании концентрата обогащенного фосфорита, малозольного углеродистого восстановителя с низким содержанием окислов железа и, в качестве основного компонента, меди можно получить медифосфорную лигатуру с меньшим содержанием железа.

**Библиографический список**

1. Исследование свойств чугуна, легированного медью и фосфором, работающего в условиях повышенного износа / А. В. Афонаскин, А. А. Жуков, О. Д. Опалихина и др. // Известия вузов. Черная металлургия. – 1996. – № 1. – С. 59-61.
2. Патент 4837108 Япония. МКИ С22 С 38/60. Austenitic free cutting stainless Steels / Kimura Atsuyoshi, Ahibara Noriyosh et. an. – Опубликовано 12.06.1998 г.
3. Гасик М. И., Проидак А. Ю. Рентгено-спектральный анализ минеральных образований в структуре фосфоритов сырья для электротермического производства феррофосфора // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 2007. – № 3. – С. 34-38.
4. Кубашевский О., Олкок К. Б. Металлургическая термохимия / Пер. с англ. под ред. Л. А. Шварцмана. – М.: Металлургия, 1982. – 392 с.
5. Хансен М., Андерко К. Структура двойных сплавов. – М.: Металлургиздат. – 1962. – Т. 2. – С. 650-652.
6. Диаграммы состояния бинарных систем: Справочник в 4-х томах / Под редакцией Н. П. Лякишева. – М.: Машиностроение. – 1996. – Т. 2. – С. 287-288.

**Поступила 05.08.2014**



УДК 669.432/436

Игнатъев В. С. / к. т. н./,

Лелеко Д. В., Венцовский С. А.

НМетАУ

Наука

## Исследование технологии получения свинцово-кальциевых сплавов

*Проведено сравнительное исследование известных способов получения свинцово-кальциевых сплавов. Установлены оптимальные параметры и разработана технология карботермического процесса. Показано, что способ обеспечивает извлечение кальция из карбида в сплав порядка 50 % и получение сплава с содержанием кальция до 6 %. Способ рекомендован взамен принятой технологии легирования свинца металлическим кальцием. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.*

**Ключевые слова:** свинец, кальций, сплавы, карботермический процесс, параметры, технология

*A comparative study of known methods for manufacturing of lead-calcium alloys is fulfilled. Optimum parameters are determined and technology of carbide-thermal process is developed. It is shown that the method provides extraction of calcium from carbide into the alloy of about 50 % and receipt of the alloy containing up to 6 % of calcium. The method is recommended instead of adopted technology of lead alloying by calcium metal.*

**Keywords:** lead, calcium, alloys, carbide-thermal process, parameters, technology

Свинцово-кальциевые сплавы применяются для производства пластин аккумуляторов и антифрикционных баббитов.

Аккумуляторная промышленность ведущих стран мира переходит на выпуск кальциевых батарей. Принципиальное отличие таких батарей заключается в использовании пластин из сплава свинец-кальций вместо традиционного сплава свинец-сурьма.

Отсутствие в сплаве сурьмы устраняет газовыделение и испарение электролита, ликвидирует саморазряд батарей и необходимость их периодической подзарядки. Для положительного электрода аккумуляторов пластины отливают из сплава с 0,04-0,06 % Са, а для отрицательного электрода – из сплавов с 0,08-0,12 % Са.

Антифрикционные баббиты используются для заливки подшипников или вкладышей под-

шипников скольжения с целью предохранения трущихся деталей от быстрого износа. Кальциевые баббиты содержат 0,3-0,9 % Са и 0,2-0,9 % Na на основе свинца.

Легирование свинца кальцием представляет определенные трудности, связанные с большой разницей плотности свинца и кальция, с необходимостью защиты кальция от окисления и с малой растворимостью кальция в свинце. Кальций плавится при 851 °С и по плотности в 7 раз легче свинца (1,5 г/см<sup>3</sup> против 11,3 г/см<sup>3</sup> для свинца). При 300 °С кальций окисляется на воздухе и при 900 °С сгорает ярким пламенем. Максимальная растворимость кальция в свинце не превышает 0,1 % при 900 °С. В системе Pb-Са существует соединение Pb<sub>3</sub>Са, содержащее 6,1 % Са и плавящееся при 660 °С.

В настоящее время известны следующие способы получения свинцово-кальциевых сплавов:

- 1) сплавление жидкого свинца с металлическим кальцием;
- 2) сплавление хлористого кальция со свинцово-натриевым сплавом (хлоридный способ);
- 3) электролиз расплавленного хлористого кальция с жидким свинцовым катодом;
- 4) вмешивание в жидкий свинец порошка карбида кальция (карбидотермический способ).

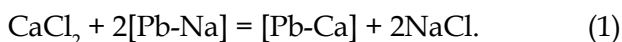
С целью обоснованного выбора способа получения свинцово-кальциевых сплавов в настоящей работе рассмотрены преимущества и недостатки указанных выше способов.

### 1 Сравнение существующих способов получения сплавов Pb-Са

Сплавление жидкого свинца с металлическим кальцием является наиболее распространенным процессом на предприятиях, выпускающих свинцовые аккумуляторы. Сплавление свинца с кальцием осуществляется путем вмешивания в жидкий свинец при 560 °С металлического кальция в виде гранул, стружки или крупки. Процесс проводится в стальном котле с мешалкой. Кальций вводится в расплав с помощью специального бункера с дозатором (или перфорированной корзины), установленного на траверсе мешалки. Угар кальция принимается равным 30 %.

Основными недостатками способа сплавления являются необходимость использования дорогого металлического кальция и пожароопасность процесса. В условиях Украины металлургический кальций не производится и поэтому необходим импорт этого металла.

Хлоридный (натриетермический) способ используется в основном для производства кальциевых баббитов. Способ основан на реакции вытеснения кальция из хлорида металлическим натрием в присутствии свинца как растворителя:



Технология натриетермического получения свинцово-кальциевых сплавов включает три операции: 1) заливка жидкого свинца в расплавленный натрий для образования сплава Pb-Na; 2) обезвоживание и расплавление хлористого кальция; 3) выпуск расплавленного хлористого кальция в сплав Pb-Na и перемешивание расплава при 700-750 °С. Все операции проводятся в ста-

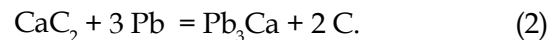
льных котлах, а обезвоживание и расплавление хлористого кальция – в отражательной печи. Получаемый сплав содержит 0,8-3 % Са и 1-1,5 % Na.

Недостатком хлоридного способа является использование дорогого и дефицитного металлического натрия, большой его угар (до 30 %) и сложность технологии. Способ сохранился на некоторых российских заводах.

Электролитический способ основан на электролитическом разложении расплавленного хлористого кальция в ванне с жидким свинцовым катодом. Электролиз проводится при 700-800 °С с использованием в качестве электролита расплавленной смеси состава, %: CaCl<sub>2</sub> 80-85, KCl 15-20. На 1 кг кальция в сплаве расходуется 50-80 кВт ч электроэнергии. Выход по току для процесса не превышает 40 %.

Недостатками электролиза являются низкий выход кальция из сырья, высокий расход электроэнергии, малая производительность процесса. Способ применяется в Японии и США. В Украине электролитический способ, как и хлоридный, на практике не используется.

В условиях Украины весьма перспективным представляется карбидотермический способ производства свинцово-кальциевых сплавов, основанный на легировании свинца кальцием, получаемым при термическом разложении карбида кальция. Способ предусматривает вмешивание порошка карбида кальция в жидкий свинец под хлоридным флюсом с присадкой алюминия. Основная реакция карбидотермического процесса имеет вид:



Процесс позволяет получать сплавы, содержащие до 6 % Са, и применяется в США, Германии, Польше и др.

Процесс исследовался в 60-е годы XX века в СССР [1-3], но так и не был внедрен в производство. Ранее нами также исследовались физико-химические закономерности этого процесса [4].

Для оценки целесообразности использования карбидотермического процесса на украинских предприятиях в настоящей работе исследованы оптимальные параметры и технология, а также экономическая эффективность этого процесса.

### 2 Определение оптимальных параметров карбидотермического процесса

В качестве основных параметров процесса выбраны расход карбида кальция и его фракция, расход хлористого кальция и алюминия, температура и длительность перемешивания. Лабораторные опыты по получению свинцово-кальциевого сплава карбидотермическим способом проводили в стальном котле емкостью 5 кг. Котел накрывали стальной крышкой с отверстиями для вала мешалки, для загрузки шихты и для термомпары.

В расплавленный свинец в котле загружали обезвоженный хлористый кальций, а при достижении температуры 900 °С – алюминиевую стружку. Затем устанавливали крышку и включали мешалку со скоростью 250 об/мин.

Загрузку карбида кальция производили небольшими порциями в течение всей плавки при постепенном повышении температуры до 1000 °С. По окончании перемешивания из котла удаляли слой флюса и сплав разливали в изложницу.

Исходными материалами процесса являлись мягкий свинец (99,9 % Pb), технический карбид кальция (78 %  $\text{CaC}_2$ , 17 % CaO), технический хлорид кальция (62 %  $\text{CaCl}_2$ ), чистый алюминий (99,8 % Al). Карбид и хлорид кальция использовали в виде порошка фракции 3-10 мм, а алюминий – в виде дробленой стружки той же фракции.

Контроль процесса осуществлялся путем определения концентрации кальция в сплаве и путем расчета степени перехода (выхода) кальция из карбида в сплав. Степень перехода определяли как отношение массы кальция в сплаве и в карбиде.

Ниже приведены результаты исследования влияния отдельных параметров процесса на содержание кальция в сплаве и на выход кальция.

### 2.1 Влияние расхода карбида кальция

Расход карбида кальция для карбидотермического процесса зависит от требуемого содержания кальция и определяется из расчета 4 кг  $\text{CaCl}_2$  на 1 кг Ca в сплаве. Проведенные опыты при расходе карбида кальция в пределах 5-30 % от массы свинца (при 900 °С и длительности перемешивания 1 ч) показали, что содержание кальция в сплаве растет пропорционально расходу карбида в пределах 5-25 %, а выход кальция из карбида в сплав остается практически постоянным на уровне 20-22 %. При этом увеличение расхода  $\text{CaC}_2$  до 30 % от массы свинца вызывает резкое снижение выхода кальция, так как смесь свинца и карбида сильно густеет. Следует отметить, что относительно малая величина выхода кальция соответствует процессу без специальных добавок (флюс, алюминий).

Оптимальный расход карбида составляет 20 % от массы свинца или 40 % от массы флюса. При меньшем расходе резко уменьшается выход кальция в сплав, так как кальций растворяется в большой массе флюса.

### 2.2 Влияние крупности карбида кальция

Эффективность карбидотермического процесса сильно зависит от крупности кусков карбида. Обычно карбид кальция, выплавляемый в электропечах, поставляется в виде фракции 10-50 мм. По нашим данным, оптимальный размер частиц карбида составляет 3-10 мм, что соответствует отсеvu при дроблении электропечного карбида. Отсев, в основном, состоит из частиц размером 3-5 мм.

С уменьшением размера частиц содержание в них CaO возрастает. Это вызывает загустевание флюса из-за повышенного содержания в нем извести. С другой стороны, увеличение крупности кусков карбида более 10 мм уменьшает его суммарную площадь поверхности, что замедляет основную реакцию процесса на границе двух фаз карбид-жидкий свинец.

### 2.3 Влияние расхода и состава флюса

Одним из необходимых реагентов карбидотермического процесса является флюс из хлорида кальция  $\text{CaCl}_2$ . Этот флюс предохраняет кальций от окисления и «шлакует» известь на кусках карбида.

Растворимость извести в  $\text{CaCl}_2$  составляет около 20 %, а содержание извести в техническом карбиде достигает 30 %. Поэтому масса хлорида кальция для ошлакования содержащейся в карбиде извести должна минимум в 1,5 раза превышать массу карбида. С учетом потерь флюса его расход должен быть в 2 раза больше, чем расход карбида.

Проведенные нами опыты с использованием хлоридного флюса при 800 °С при расходе карбида 20 % от массы свинца и расходе флюса в пределах 10-50 % от массы свинца показали, что зависимость содержания кальция в сплаве и выхода по кальцию от расхода флюса имеет экстремальный характер. Максимум выхода по кальцию (40-50 %) обеспечивается при расходе флюса 30-40 % от массы свинца. Такой расход флюса следует считать оптимальным.

Необходимо отметить, что с точки зрения использования реакционного объема котла увеличение расхода  $\text{CaCl}_2$  свыше 40 % от массы свинца нецелесообразно, так как плотность  $\text{CaCl}_2$  (2 г/см<sup>3</sup>) почти в 5 раз меньше, чем у свинца (10,3 г/м<sup>3</sup>).

На польских заводах в качестве добавки к карбиду и хлориду кальция используют плавиковый шпат и хлорид натрия. При этом возможны два варианта состава флюса: 80-85 %  $\text{CaCl}_2$  + 15-20 % NaCl и 88-90 %  $\text{CaCl}_2$  + 10-12 %  $\text{CaF}_2$ . Добавки NaCl и  $\text{CaF}_2$  способствуют снижению температуры процесса (на 50-100 °С) и вязкости флюса, но не оказывают влияния на содержание кальция в сплаве и выход по кальцию.

Основное назначение флюса – растворение пленок CaO, присутствующих в карбиде, и защита растворенного кальция от окисления. Следует отметить, что CaO образуется также при плавке за счет гидролиза  $\text{CaCl}_2$  и из-за прямого окисления кальция кислородом воздуха. Операция обезвоживания  $\text{CaCl}_2$  занимает много времени и связана с большим расходом корродирующих котлов. Поэтому в качестве заменителя хлористого кальция был испытан более дешевый и легкоплавкий природный карналлит  $\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ .

Установлено, что при замене хлорида кальция карналлитом при температуре 750 °С содержание кальция в сплаве достигает 5 % против 2,5 %, полученных при  $\text{CaCl}_2$ . При расходе карналлита выше 50 % от массы свинца увеличение расхода карбида свыше 20 % нецелесообразно, так как расплав загустевает, образуются комки и степень использования карбида кальция и содержание кальция в сплаве снижаются. С увеличением расхода карналлита до 50 % от массы свинца, так же, как и при работе с хлористым кальцием, содержание кальция в сплаве и выход по кальцию повышаются. При этом магний переходит в сплав в незначительном количестве (не более 4 %).

### 2.4 Влияние расхода алюминия

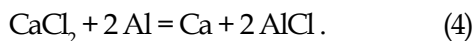
Присадка алюминия во флюс предназначена для дегидратации флюса. Расплавленный хлористый кальций, взаимодействуя с парами воды воздуха, всегда содержит определенное количество оксихлорида  $\text{CaO} \cdot \text{HCl}$ , который является сильным окислителем для кальция. Алюминий ускоряет диссоциацию оксихлорида по реакции



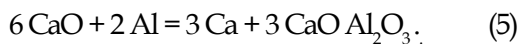
Расход алюминия на дегидратацию флюса обычно принимается из расчета 1-2 % от массы флюса.

Серия опытов при различном расходе алюминия при 800 °С в течение 1 ч и расходе карбида и хлорида кальция 20 и 40 % от массы свинца соответственно показала, что присадка алюминия во флюс в количестве 1-3 % от массы свинца повышает выход по кальцию до 40-60 % и позволяет получить сплав с 3 -5 % Са. Этот оптимальный расход алюминия соответствует в пересчете на флюс 10 % от массы флюса и отношение Al/карбид равняется 0,25.

Алюминий, не израсходованный на дегидратацию флюса, по-видимому, реагирует с хлоридом кальция по реакции



Алюминий может также восстанавливать содержащийся во флюсе оксид кальция:



В сплав переходит около 10 % алюминия и содержание его в сплаве не превышает 0,1 %.

Этот алюминий снижает угар кальция при разливке.

### 2.5 Влияние температуры

Диссоциация карбида кальция требует затрат энергии, равных 89 кДж/моль. В то же время процесс растворения кальция в свинце является экзотермическим.

Опыты, проведенные в интервале температур 700-1200 °С при расходе карбида и хлорида кальция 20 % и 40 % от массы свинца и длительности перемешивания 1 ч, показали, что зависимость эффективности процесса от температуры процесса имеет экстремальный характер. Максимальные значения содержания кальция в сплаве и выходе по кальцию соответствуют температуре 750-800 °С.

Относительная тугоплавкость флюса из хлорида кальция ( $t_{\text{пл}} = 782 \text{ °С}$ ) не позволяет снижать температуру процесса ниже 800 °С. Более легкоплавкий флюс образуется при присадке во флюс  $\text{CaF}_2$  и  $\text{NaCl}$  для получения эвтектического состава. В системе  $\text{CaCl}_2 - \text{CaF}_2$  эвтектика с температурой плавления 644 °С образуется при 10-12 %  $\text{CaF}_2$ , а при 20 %  $\text{NaCl}$  смесь  $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$  плавится при 600 °С.

Использование легкоплавких эвтектических флюсов, не влияя на величину выхода по кальцию, позволяет снизить температуру процесса. По сравнению с флюсом из чистого  $\text{CaCl}_2$  флюс  $\text{CaCl}_2 + \text{CaF}_2$  обеспечивает ту же величину выхода по кальцию уже при 750 °С, а флюс  $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$  – даже при температуре 700 °С.

Увеличение температуры процесса выше 800 °С вызывает значительное снижение как содержания кальция в сплаве, так и выхода по кальцию, за счет потерь кальция в виде угара. В опытах при температурах 1000-1200 °С наблюдается сгорание паров кальция с пироэффектом.

### 2.6 Влияние длительности перемешивания

Серия опытов по исследованию кинетики карбидо-термического процесса при 800 °С, расходе карбида и хлорида кальция 20 и 40 % от массы свинца соответственно при расходе алюминия 1-3% показало, что процесс легирования свинца кальцием из карбида завершается в основном в течение 1 часа. (Выход кальция из карбида в сплав на уровне 50 %.) Увеличение длительности перемешивания свыше 1 ч нецелесообразно, так как не обеспечивает более высокий выход кальция за счет увеличения угара кальция.

### 3 Предлагаемая технология карбидотермического процесса

1. Процесс осуществляется в стальном или чугунном котле с крышкой и механической мешалкой.

2. В нагретый котел заливают жидкий свинец и задают флюс состава, %:  $\text{CaCl}_2$  80,  $\text{NaCl}$  10,  $\text{CaF}_2$  10 в количестве 30-40 % от массы свинца. 1

3. После расплавления флюса на него при 800 °С вводят алюминий – стружку или отходы штамповки – в количестве 1-3 % от массы свинца при перемешивании в течение 15-20 мин для обезвоживания флюса.

4. В обезвоженный флюс при перемешивании постепенно загружают карбид кальция фракции 3-10 мм в количестве 4,0 кг на 1 кг кальция, вводимого в сплав.

5. Флюс с карбидом перемешивают в течение 1 часа при 700-800 °С.

6. Отработанный флюс удаляют из котла, а готовый сплав разливают по изложницам.

7. Основные технологические параметры процесса:

- расход карбида кальция – 20 % от массы свинца;
- фракция карбида 3-10 мм;
- расход флюса 30-40 % от массы свинца;
- состав флюса, %:  $\text{CaCl}_2$  80,  $\text{NaCl}$  10,  $\text{CaF}_2$  10;
- расход алюминия 1-3 % от массы свинца;
- температура 750-800 °С;
- длительность перемешивания 1 час.

Для промышленного осуществления карбидо-термического процесса на свинцовых заводах Украины не требуется больших капитальных затрат. На имеющихся рафинировочных котлах необходимо смонтировать мешалку и крышку, и предусмотреть механизмы для подъема мешалки и крышки. Кроме того, необходимо соорудить печь или котел для обезвоживания хлористых солей и печь или сушильный шкаф для сушки карбида кальция при 120-150 °С.

### 4 Сравнение технико-экономических показателей различных способов получения свинцово-кальциевых сплавов

В табл. 1 приведено сравнение технико-экономических показателей различных способов получения свинцово-кальциевого сплава с 3 % Са. Сравнение затрат выполнено только по исходным материалам и топливу, исключая стоимость свинца. Расходные коэффициенты для способа сплавления, хлоридного и электролитического способов взяты из литературных данных, а для карбидотермического способа приняты по данным настоящей работы. Стоимость единицы исходных материалов и топлива приняты на уровне мировых цен 2013 г.

Таблица. Сравнительная калькуляция получения 1 т свиного-кальциевого сплава различными способами

Способ сплавления			Хлоридный способ			Электролитический способ			Карбидотермический способ			
Материал	Расходные коэффициенты	Цена единицы, грн.	Материал	Расходные коэффициенты	Цена единицы, грн.	Материал	Расходные коэффициенты	Цена единицы, грн.	Материал	Расходные коэффициенты	Цена единицы, грн.	Сумма грн.
Металлический кальций, кг	156	240	Хлористый кальций, кг	326	5,0	Хлористый кальций, кг	210	5,0	Карбид кальция, кг	150	11,0	1650
Металлический алюминий, кг	75	25	Металлический натрий, кг	52,6	360,0	Электроэнергия, кВт·ч	2400	0,45	Хлористый кальций, кг	140	5,0	700
Расход котлов, шт.	0,033	2100	Расход котлов, шт.	0,033	2100	Хлористый калий, кг	50	4,1	Металлический алюминий, кг	45	20,0	900
Электроэнергия, кВт·ч	125	0,45	Мазут, т	0,395	1,0	Графитовый анод, кг	60	3,2	Хлористый натрий, кг	30	0,8	24
Мазут, т	0,395	1,0	Пар, т	1,38	35,0				Плавленый шпатель, кг	20	2,65	53
Воздух, м³	600	0,10	Воздух, м³	660	0,1	Расход котлов, шт.	0,033	2100	Мазут, т	0,395	1,0	0,4
Итого			Итого			Итого			Воздух, м³	660	0,1	66,0
									Итого			<b>3462,7</b>
												<b>2527</b>
												<b>20750</b>
												<b>39126</b>

Данные таблицы показывают, что наиболее дешевым способом является электролитический. Среди трех остальных способов наименьшие затраты на производство 1 т сплава соответствуют карбидотермическому процессу, а наибольшие – способу плавки.

Проведенное исследование позволяет рекомендовать карбидотермический способ получения свиного-кальциевого сплава для внедрения в производство.

**Выводы**

1. Способ сплавления, основанный на растворении металлического кальция в жидком свинце, является в настоящее время наиболее распространенным. Однако угар кальция достигает 30 %, а в условиях Украины дорогой и пожароопасный кальций необходимо импортировать.

2. Хлоридный (натриетермический) способ, основанный на вытеснении кальция из его хлорида жидким натрием в присутствии свинца как растворителя, отличается высоким расходом дорогого и дефицитного металлического натрия и большими его потерями в результате улета и окисления.

3. Электролитический способ, основанный на разложении расплавленного хлористого кальция в ванне с жидким свинцовым катодом, является относительно дешевым, но характеризуется высоким расходом хлористого кальция и электроэнергии, низкой производительностью и большими капитальными затратами.

4. Наиболее перспективным является карбидотермический способ. Способ основан на легировании свинца кальцием, получаемым при термическом разложении карбида кальция, и предусматривает вмешивание порошка карбида в жидкий свинец при перемешивании под хлоридным флюсом с добавкой алюминия. Использование как источника кальция технического карбида кальция, получаемого на украинских предприятиях, обеспечивает высокую экономичность процесса.

5. Определены оптимальные параметры карбидотермического процесса: расход карбида кальция, флюса (хлорида кальция) и алюминия составляет соответственно 20, 40 и 1 % от массы свинца, фракция карбида кальция 3-10 мм, температура 800 °С, длительность перемешивания 1 ч. При оптимальных параметрах выход кальция из карбида в сплав составляет 50 % и обеспечивает получение сплава с содержанием кальция до 6 %.

6. Способ рекомендован для замены принятой технологии легирования свинца металлическим кальцием. При этом на свинцовых заводах Украине не требуется больших капитальных затрат. На имеющихся рафинировочных котлах необходимо лишь смонтировать мешалку и крышку, и предусмотреть механизмы для подъема мешалки и крышки. Кроме того, необходимо соорудить печь для обезвоживания хлористых солей и печь для сушки карбида кальция.

**Библиографический список**

1. Родякин В. В. Цветные металлы. – 1958. – № 4. – С. 43-49.
2. Фишер А. Я. Металловедение и обработка цветных металлов и сплавов. – 1963. – Вып. 2. – С. 153-164.
3. Нашельский А. Я. Известия вузов. – 1958. – № 6. – С. 72-75.
4. Игнатъев В. С., Знайко А. М. *Металургія, Збір. наук. праць / Запоріжжя: ЗДІА.* – 2006. – Вип. 13. – С. 36-41.

**Поступила 13.05.2014**

**АВТОРАМ!**

*Продажа авторских экземпляров журнала.*

**контактный телефон: 056-744-81-66**

**(факс): 0562-46-12-95**