

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕДНО-ЖЕЛЕЗНЫХ ЛИГАТУР ИЗ СУЛЬФИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПУТЕМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ СИНТЕЗА

Т.С. Агамян

Национальный политехнический университет Армении, Капанский филиал

Целью работы является разработка технологии получения медно-железных лигатур прямым алюминотермическим способом восстановления предварительно активированных сульфидных концентратов. Для повышения химической активности медный концентрат подвергся предварительной механохимической активации в вибромельнице методом тонкого измельчения, а также восстановлению алюминотермическим методом. Сочетание механохимии и металлотермического восстановления позволило сделать последующий восстановительный процесс более эффективным и своеобразным и получить модифицированные медно-железные лигатуры, минуя используемый в традиционной металлургии процесс обжига концентрата, а следовательно, и процесс образования летучих оксидов серы. Исследовано поведение медных концентратов и входящих в них минералов в результате термохимической обработки. Дано теоретическое и термодинамическое обоснование механических реакций, протекающих между сульфидами железа и меди с алюминием. Рассмотрена роль окислителя в механохимических реакциях, протекающих между сульфидами железа и меди с алюминием. Выявлены кинетические закономерности механохимических реакций, протекающих между сульфидами железа и меди с алюминием. Сделан выбор технических параметров алюминотермического восстановления медного концентрата. Показано, что в случае избытка в шихте восстановителя 120%, CaO - 30%, NaNO_3 - 30% от теоретически расчетного содержания и при продолжительности измельчения в вибромельнице 60 мин можно получить медно-железную лигатуру с выходом 98%, без следов алюминия и серы.

Проведено структурное исследование полученной лигатуры рентгенофазовым, химическим и металлографическим методами анализа. Согласно результатам химического анализа, лигатура содержит 53% Cu, 47% Fe, без следов серы и алюминия. Эти данные подтверждаются результатами рентгенофазового анализа. По результатам металлографического анализа выявлено, что структура лигатуры получена в зависимости от времени механической активации, более дисперсная и микрогетерогенная и представляет собой механическую смесь меди и сплава. Разработана производственная технология для получения медно-железных лигатур из капанского медного концентрата методом внепечного алюминотермического восстановления.

Ключевые слова: концентрат меди, медно-железные лигатуры, механохимия, рентгенофазовый анализ.

Введение. В проведенных в последние годы исследованиях отмечается, что инициирование твердофазных процессов механическими воздействиями сопровождается не только увеличением реакционной поверхности и, следовательно, контактом соприкосновения реагирующих веществ, но и образованием поля напряжения [1-3]. Последнее имеет два основных принципа: импульсный характер во времени (чередование процессов возникновения релаксации) и локальный характер механического воздействия на вещество. При механической обработке поле напряжений возникает не во всем объеме твердой частицы, а на ее контакте с другой частицей, и это сопровождается новыми физико-химическими превращениями. В случае, когда размеры твердого тела соизмеримы с размерами элементарной ячейки, происходит коренное изменение физических свойств веществ. Вещество в сверхтонком состоянии подвергается принципиально новым видоизменениям, которые связаны со спецификой физических характеристик конденсированного состояния: характером химической связи, строением и т.д. В результате механических воздействий в структуре твердого тела происходят изменения, связанные с изменением межатомного расстояния, разными электронными переходами, релаксациями, дислокациями, нарушениями в решетке, аморфизацией, разными полиморфными превращениями и т.д. В итоге эти превращения приводят к понижению энергии активации химических реакций и увеличению реакционной способности, протеканию новых специфических реакций и образованию модифицированных продуктов [3].

В сфере развития промышленности Республики Армения особое место уделяется вопросам создания материалов с требуемыми качествами и обработки методов их получения передовыми технологиями. Это, в частности, относится к образованию сплавов с новыми структурами, которые отличаются высокой прочностью, износостойкостью и коррозионной стойкостью в различных агрессивных средах. К таким сплавам относятся железные бронзы, легирование которых совершается применением медно-железных лигатур. Получение таких лигатур традиционными методами - сложный и энергоемкий процесс, требующий дорогостоящего оборудования. Учитывая спрос на железные бронзы, а также большое содержание меди в медных концентратах РА, целесообразно организовать местное подобное производство. Для такого производства в качестве сырья может служить капанский сульфидный концентрат, в котором содержание меди достигает 18...20%. Данные концентраты в настоящее время вывозятся, тогда как организация местного производства комплексной и окончательной обработки сырья обеспечит наибольший экономический эффект. С другой стороны, производство меди по традиционной технологии –

сложный процесс, требующий дорогостоящей аппаратуры и связанный с некоторыми трудностями. До сих пор остаются нерешенными вопросы утилизации SO_2 , а также извлечения железа, содержание которого в отвальных шлаках достигает 38%.

С этой точки зрения крайне необходима разработка новой, нетрадиционной технологии сульфидных концентратов, которая, минуя процесс обжига, даст возможность с минимальными экономическими затратами извлекать не только медь, но и железо, вплоть до металлического состояния в виде лигатур. В связи с этим большой интерес представляет разработка сульфидных концентратов методом металлотермического восстановления в сочетании с предварительной механохимической активацией, что способствует процессу получения принципиально нового модифицированного продукта. Исходя из вышеизложенного, разработка современной технологии получения медно-железных лигатур из медьсодержащих концентратов актуальна и вытекает из актуальных проблем Республики Армения.

Целью работы является увеличение реакционной способности сульфидных концентратов меди как способа интенсификации дальнейших металлургических процессов, а также разработка технологии получения медно-железных лигатур прямым алюминотермическим способом восстановления предварительно активированных сульфидных концентратов.

Постановка задачи и обоснование методики. Для достижения указанной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- изучение поведения капанского медного концентрата в процессе механической и термической обработки – механохимия как фактор интенсификации окислительных процессов сульфидных концентратов;
- термодинамическое обоснование, определение роли окислителя (NaNO_3) и выявление кинетических закономерностей в механохимических реакциях, протекающих между сульфидами железа и меди с алюминием;
- исследование закономерностей процесса прямого, внепечного восстановления капанского медного концентрата, подвергнутого механическому измельчению, и разработка технологии получения медно-железных добавок из медных концентратов в сочетании с процессами самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и механохимической активации.

Структура и свойства полученных металлических и шлаковых фаз исследованы металлографическим способом.

Исследован процесс увеличения реакционной способности медно-сульфидных концентратов в результате механохимической обработки. Изучено поведение капанского медного концентрата, а также отдельных

минералов, входящих в состав капанского медного концентрата, таких как: халькопирит, пирит, халькозин, борнит, ковелин, в вибромельнице, в водной среде и в воздухе при дисперсном измельчении продолжительностью 15, 30, 60 мин [4].

Результаты исследования. Показано, что в результате тонкого измельчения в воздухе и в водной среде как отдельные минералы, так и медный концентрат подвергаются глубоким химическим превращениям. В обоих случаях при измельчении в воздухе продолжительностью 60 мин получаются сульфаты железа и меди, а также оксиды железа (Fe_2O_3 и Fe_3O_4), а при измельчении в водной среде при той же продолжительности – гидросульфаты этих металлов. Выявлено, что во всех случаях закономерности окисления механохимически активированных и неактивированных проб одинаковы, т.е. получаются те же фазы. При этом окисление активированных проб протекает интенсивнее и при температурах ниже 1000°C .

Исследованы количественные закономерности продуктов, полученных в результате механохимической активации. С этой целью данный концентрат подвергался механохимической активации при различных соотношениях Т:Ж и времени измельчения. Полученные пробы были растворены в воде и подвергнуты анализу. Изучены количества железа и меди в растворе. На рис. 1 представлены результаты анализа.

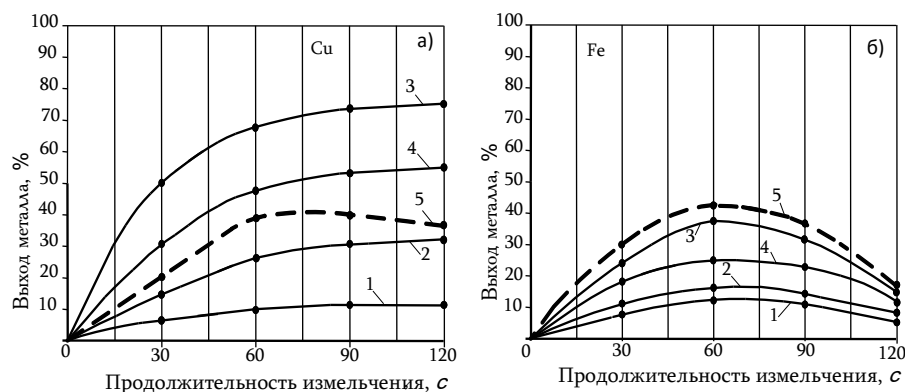


Рис.1. Выходы меди (а) и железа (б) в зависимости от продолжительности механохимической активации при разных соотношениях Т:Ж среды: 1 - Т:Ж=1:1; 2 - Т:Ж=1:2; 3 - Т:Ж=1:5; 4 - Т:Ж=1:10; 5 - измельчение в воздухе

Как видно из рисунка, количество меди и железа в растворе зависит от продолжительности измельчения концентрата. При увеличении продолжительности измельчения выход металла возрастает.

Особенно высокий выход меди наблюдается при продолжительности 60 мин и достигает 75%. В случае железа выход сравнительно низкий. Это объясняется тем, что железо образует нерастворимые в воде оксиды, в частности, магнетит, наличие которого подтверждается результатами рентгенофазового анализа. По-видимому, при увеличении продолжительности активации количество магнетита увеличивается, что приводит к понижению выхода железа. В таких условиях максимальный выход железа при продолжительности активации 60 мин достигает 42%. В общем случае максимальные результаты получаются при соотношении Т:Ж=1:5, а при соотношении Т:Ж=1:1 выход металла минимальный и не превосходит в случае меди 10%, а в случае железа - 15%. Выход минимальный также при соотношении Т:Ж=1:10. Исследована роль серы в водной среде в процессе механохимической активации сульфидов меди и железа. Предложен комбинированный механизм образования сульфатов и оксидов, чем и объясняется интенсификация дальнейших окислительных процессов.

По-видимому, механохимия заменяет процесс обжига. Это значит, что химические процессы, протекающие во время обжига при высоких температурах, аналогичны процессам, протекающим при механохимическом измельчении. Сделан термодинамический и кинетический анализ реакций, протекающих между алюминием и сульфидами железа и меди (FeS_2 , FeS , CuS , Cu_2S).

На рис. 2 показаны результаты алюминотермического восстановления сульфидов меди и железа с механически активированными пробами [5-7]. Как видно из рисунка, результаты значительно отличаются от данных неактивированных проб. При продолжительности механотермической активации 60 мин в режиме активации 4,7 кДж/мин степень извлечения металлов из FeS_2 и CuS составляет 100%, из FeS - 80%, а из Cu_2S - 86%. Таким образом, скорость восстановления механохимически активированных отдельных сульфидов резко отличается от скорости восстановления неактивированных сульфидов.

Так как с целью увеличения термичности процесса алюминотермического восстановления сульфидов в шихту добавляют окислитель (например, NaNO_3), на примере реакции взаимодействия сульфидов железа с алюминием рассмотрена также роль окислителя в механохимических реакциях при наличии NaNO_3 . Исследования показали, что при измельчении сульфидов железа в присутствии NaNO_3 ускоряются как сульфитообразование, так и оксидообразование за счет атомарного кислорода, выделившегося при разложении NaNO_3 .

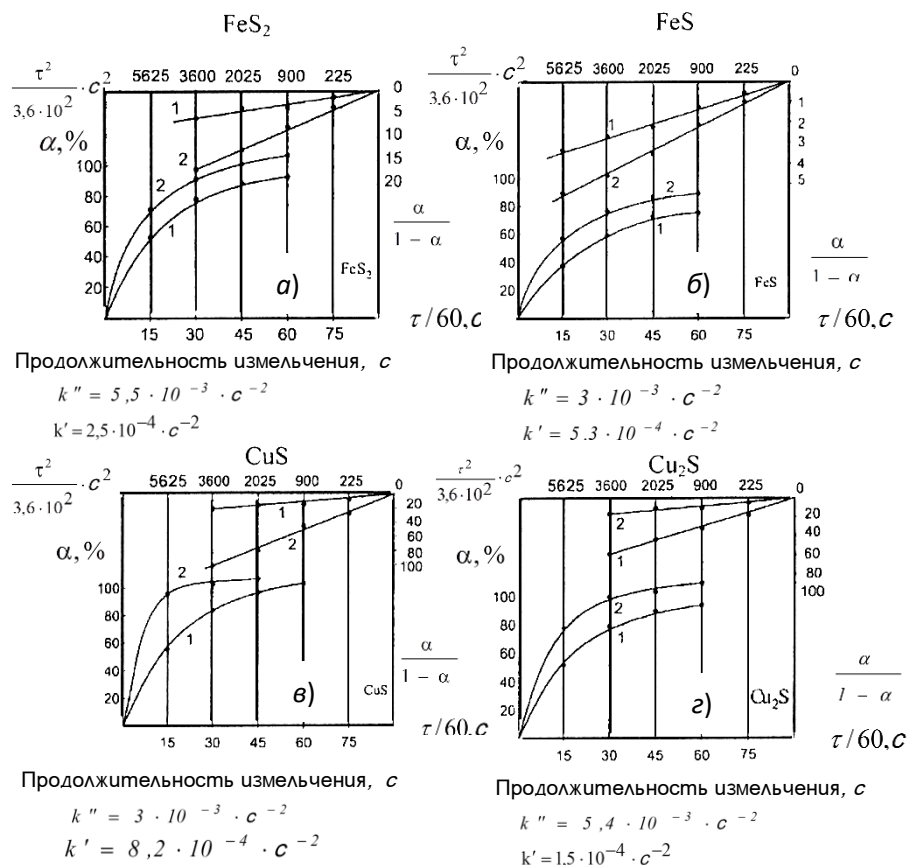


Рис. 2. Кинетика алюмотермического восстановления сульфидов при мощности: 1- 2,0 кДж/мин (1) и 2- 4,7 кДж/мин (2) для реакций: а - FeS₂+Al; б - FeS+Al; в- CuS+Al; г - Cu₂S+Al- Cu₂S+Al

Рассматриваются вопросы совмещения механохимических и СВС процессов. Исследования показали, что окислительные процессы механохимически активированных сульфидных концентратов протекают интенсивнее и при сравнительно низких температурах. С этой точки зрения представляет интерес прямое металлотермическое восстановление предварительно активированных сульфидных концентратов.

Алюмотермическое восстановление сульфидов - это самораспространяющийся высокотемпературный синтез, который протекает за счет энергии, выделившейся в строго экзотермической восстановительной реакции между исходными сульфидами и восстановителем [8]. Этот процесс можно провести внепечно, без подвода тепла извне, что и является преимуществом

данного процесса. Восстановительный процесс осуществляется в тонком слое смеси исходных реагентов. После локального инициирования реакции она распространяется по всей системе благодаря теплопередаче от горячих продуктов ненагретым исходным веществам. За счет выделенного тепла развиваются высокие температуры (2500...3000K), и шихта как будто кипит. В данных условиях образуются металлические и шлаковые фазы, которые легко отделяются при охлаждении. Высокая восстановительная способность алюминия, легкая обслуживаемость по сравнению с кальцием и магнием делают данный процесс более конкурентоспособным по сравнению с традиционными печными методами. Осуществление данного восстановительного процесса традиционными печными методами представляет собой сложный, энергоемкий процесс, требующий сложного оборудования и протекающий несколько часов. Между тем волна горения справляется с этой задачей за секунды. Полученный продукт содержит меньше примесей, чем исходная смесь, так как летучие примеси выгорают в волне СВС. Высокие скорости (0,5...15 см/с) обеспечивают большую производительность процесса. Скорость распространения СВС процесса зависит от многих факторов, в том числе и от степени дисперсности реагирующих веществ [8].

Проведен термодинамический анализ для установления возможности прямого алюминотермического (или силикотермического) восстановления сульфидных концентратов, а также выяснения вопроса селективности восстановления сульфидов железа и меди при наличии смесей других сульфидов (CaS, MgS и т.д.). Результаты расчетов показали вероятность селективного восстановления сульфидов железа и меди при наличии сульфидных смесей в процессе металлотермического восстановления. Интересно отметить, что реакции алюминотермического восстановления сульфатов железа и меди более экзотермичны и термодинамически более вероятны, чем реакции алюминотермического восстановления сульфидов железа и меди. Это подтверждает, что алюминотермическое восстановление предварительно механохимически активированного концентрата будет протекать интенсивнее и эффективнее, минуя процесс обжига [9, 10].

Для проверки термодинамических расчетов проведены экспериментальные исследования. С этой целью был проведен предварительный расчет материального и термического баланса процесса алюминотермического восстановления капанского медного концентрата. Определены количества веществ, входящих в состав шихты, для переработки 100 кг медного концентрата. Согласно этим расчетам, шихта должна состоять из медного концентрата, алюминиевого порошка, селитры, CaO и медных стружек.

Экспериментально исследована зависимость степени извлечения металла от разных параметров для следующего расчетного состава шихты: медный концентрат – 30 г, порошок алюминия – 8 г, стружка меди – 2 г, CaO – 18 г, NaNO₃ – 3 г.

Изучена зависимость извлечения металла от количества восстановителя при постоянном содержании остальных частей шихты и различной продолжительности измельчения (рис. 3 и 4).

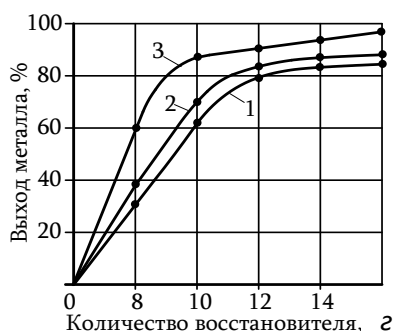


Рис. 3. Зависимость выхода металла от количества восстановителя при различных продолжительностях измельчения: 1 – 15 мин, 2 – 30 мин, 3 – 60 мин



Рис. 4. Зависимость выхода металла (1) и содержания в нем количества алюминия (2) от количества восстановителя, %

В результате экспериментов выявлено, что степень извлечения металлической фазы строго зависит от количества восстановителя. В случае теоретического количества восстановителя в шихте процесс восстановления не происходит бурно, и металлическая фаза плохо отделяется от шлака. Кроме того, при этом металлическая фаза содержит следы серы. При добавке алюминия до 120% процесс восстановления происходит очень бурно, образуя металлическую фазу, в которой также обнаружены следы серы. Металлическая фаза во всех случаях представляет собой сплав, состоящий в основном из смеси железа и меди. Выход металла составляет 81% [11]. Полученный сплав пористый ввиду высокого содержания серы. Добавление восстановителя способствует дальнейшему увеличению выхода металла, но в этом случае часть восстановителя переходит в восстановленный металл (1,0...1,5% Al), и увеличивается удельная теплота процесса.

Наилучшие результаты получены при содержании 3,5 г NaNO₃, в некоторых случаях степень извлечения сплава достигает 98,9% с низким содержанием серы (0,01%). Таким образом, можно считать улучшенным

следующий состав шихты: вес медного концентрата - 30г, порошок алюминия - 10 г, NaNO_3 - 3,5 г, стружка меди – 2,0 г и CaO – 20 г при продолжительности измельчения 90 мин.

Для 1 кг концентрата проводилось экспериментальное исследование процесса восстановления при выборочных оптимальных условиях. Процесс протекал спокойно, без отбросов составных частей шихты. Выход металла составлял 99,0% и с легкостью отделялся от шлака.

Полученная металлическая фаза подвергалась химическому анализу, в результате чего содержание меди составляло 53%, железа - 47%, без следов серы и алюминия. Был проведен рентгенофазовый и металлографический анализ полученного металлического продукта (рис. 5).

Рентгенографический анализ показал, что в этом продукте существуют рефлексы, характерные только для железа и меди. Других рефлексов не было обнаружено.

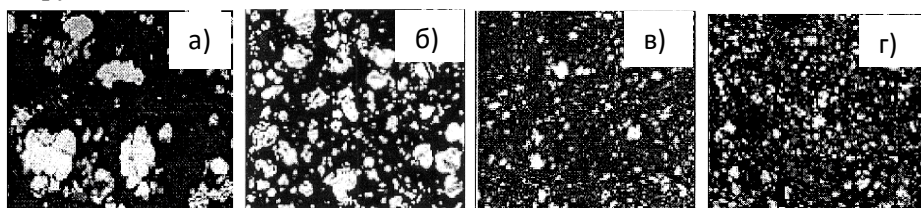


Рис. 5. Микроструктура сплава при разных продолжительностях измельчения шихты: а - неактивированных и активированных проб при: б - 15 мин, в - 30 мин, г - 60 мин

Металлографические исследования показали, что увеличение степени измельчения почти не влияет на химический состав полученной лигатуры, однако существенно влияет на структуру дисперсности и микрогетерогенности (рис. 5).

Как видно из рисунка, в составе неактивированной пробы (рис. 5а) металлическая фаза распределена неравномерно, во вкрапленном виде. После 15 мин механохимической активации структура металлической фазы (рис. 5б) существенно отличается от первой (рис. 5а). Здесь металлические частицы более мелкие. Можно предположить, что полученные мелкие частицы благодаря большим силам поверхности агломеризированы. Большой интерес представляет структура пробы, измельченной при продолжительности 30 мин (рис. 5в), где металлические частицы более мелкие и распределены равномерно. Металлическая фаза после 60 мин измельчения представляет собой более мелкодисперсный и микрогетерогенный состав (рис. 5г), состоящий из механической смеси железа и меди [10, 11].

Заклучение. Проведен комплекс экспериментов, в результате которого выявлена принципиальная возможность получения медно-железных лигатур методом прямого, внепечного алюминотермического или силикотермического восстановления механохимически активированного медносульфидного концентрата, минуя процесс предварительного обжига. Показано, что капанский медный сульфидный концентрат и содержащиеся в нем минералы при дисперсном измельчении в воздухе и в водной среде подвергаются глубокому механохимическому превращению, сопровождающемуся химическими процессами, заменяющими этап обжига сульфидных концентратов.

Произведено совмещение механохимических и металлотермических процессов на капанском медьсодержащем сульфидном концентрате, в результате чего получен нетрадиционный модифицированный продукт, минуя процесс предварительного обжига концентрата. Полученный модифицированный сплав можно применять в качестве лигатур для производства различных видов медных сплавов и бронз.

Разработанная технология позволяет на основе проведенных теоретических и экспериментальных данных получить медно-железные лигатуры с содержанием меди 53% из местного медного концентрата с содержанием меди 18...20%. Данная технология отличается простотой, неэнергоемкостью, технологические процессы безотходные, в них отсутствуют серосодержащие компоненты, не требуется очистка технических вод, а также они защищены с экологической точки зрения.

Литература

1. **Торосян А.Р., Даниелян Н.Г.** Влияние механической обработки на процесс термического восстановления MoS_2 металлическим магнием // Арм. хим. журнал. - 1992.- Т. 45, N1-2.- С. 21-26.
2. **Мхитарян А.А.** Сверхбыстрые твердофазные эндотермические реакции // Химический журнал Армении.- 2000.- Т. 53, N3-4.- С. 10-15.
3. **Соколов И.П., Чекмарев А.М., Селезнев В.П., Козырев А.В.** Особенности протекания твердофазных металлотермических реакций // Изв. АН СССР. Металлы.-1990.- N2.- С.17-18.
4. Հայաստանի պղինձ պարունակող սուլֆիդային խտանյութերի փոխարկումները մեխանիկական և ջերմային մշակումների հետևանքով / **Վ.Հ. Մարտիրոսյան, Տ.Ս. Աղամյան, Է.Ռ. Առաքելովա, Ժ.Հ. Ղուկասյան և ուր.** // Գիտական հոդվածների ժողովածու, «Լեռնամետալուրգիայի ինստիտուտ» ՓԲԸ.- Երևան, 2005.- էջ 136-142:
5. **Մարտիրոսյան Վ.Հ., Աղամյան Տ.Ս., Զիտանյան Ա.Հ.** Պիրիտի փոխարկումները մեխանիկական և ջերմային մշակման արդյունքում // ՀՊՃՀ Լրաբեր. Տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու.- Երևան, 2005.- Հատ. 1.- էջ 167-170:

6. **Болдырев В.В.** Механохимия и механическая активация твердых веществ // Успехи химии / РАН.- 2006.- Т.75, вып. 3.- С. 203-216.
7. **Аввакумов Е.Г., Болдырев В.В., Кособудский И.Д.** Механическая активация твердофазных реакций: Сообщ. 1: О взаимодействии пирита с железом // Изв. СО АН СССР. Сер. хим. наук.-1972.- Вып. 4, N9.- С. 45-50.
8. Исследование возможности прямого восстановления медных сульфидных концентратов алюминотермическим способом / **В.А. Мартиросян, Ж.Г. Гукасян, Т.С. Агамян, М.Ш. Шмавонян, К.Р. Закарян** // Сборник научных трудов / ЗАО “Горно-металлургический институт”.- Ереван, 2005.- С. 133-135.
9. **Աղամյան Տ.Ս.** Մեխանաքիմիապես ակտիվացրած սուլֆիդների անվառարան ալյումինաթերմային վերականգնման գործընթացի կինետիկական օրինաչափությունները // ՀՊՀՀ Լրաբեր. Տարեկան գիտաժողովի նյութերի ժողովածու.- Երևան, 2006.- Հատ. 2.- էջ 616-620:
10. **Մարտիրոսյան Վ.Հ., Աղամյան Տ.Ս., Սասունցյան Մ.Է., Պողոսյան Մ.Վ.** Հայաստանի պիրիտ-խալկոպիրիտային խտանյութերի փոխարկումները մեխանիկական և ջերմային մշակման հետևանքով // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՀՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- Երևան, 2006.- Հատոր LIX, N3.- էջ 516-522:
11. **Մարտիրոսյան Վ.Հ., Աղամյան Տ.Ս., Սասունցյան Մ.Է.** Մեխանաքիմիական ակտիվացման ազդեցությունը երկաթի և պղնձի սուլֆիդների ռեակցիոն ակտիվության վրա // ՀՀ ԳԱԱ և ՀՊՀՀ Տեղեկագիր. ՏԳ սերիա.- Երևան, 2006.- Հատ. LIX, N 2.- էջ 318-323:

*Поступила в редакцию 14.12.2022.
Принята к опубликованию 08.02.2023.*

ՍՈՒԼՖԻԴԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԵՐԻՑ ԲԱՐՁՐՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ ԻՆՔՆԱՏԱՐԱԾՎՈՂ ՍԻՆԹԵԶԻ ԵՂԱՆԱԿՈՎ ՊՂԻՆՁ-ԵՐԿԱԹԱՅԻՆ ՀԱՎԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՏԱՑՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՅԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Տ.Ս. Աղամյան

Աշխատանքի նպատակն է նախապես ակտիվացված պղնձային խտանյութի ուղղակի ալյումինաթերմային վերականգնման եղանակով մշակել պղինձ-երկաթային հավելանյութերի ստացման տեխնոլոգիա: Քիմիական ակտիվության մեծացման նպատակով պղնձային խտանյութը ենթարկվել է նախնական մեխանաքիմիական ակտիվացման՝ թրթռաղացում նուրբ մանրացման եղանակով, ապա վերականգնվել ալյումինաթերմային եղանակով: Մեխանաքիմիայի զուգակցումը մետաղաթերմային վերականգնմանը թույլ է տվել ավելի արդյունավետ և յուրահատուկ ձևով կատարել հետագա վերականգնման գործընթացը և ստանալ մոդիֆիկացված պղինձ-երկաթային հավելանյութ՝ շրջանցելով ավանդական մետալուրգիայում կիրառվող թրծման, հետևաբար՝

նաև ծծմբի ցնդող օքսիդների առաջացման գործընթացը: Ուսումնասիրվել է պղնձային խտանյութերում առկա միներալների և այդ խտանյութի վարքը մեխանիկական և ջերմային մշակման արդյունքում: Կատարվել է երկաթի և պղնձի սուլֆիդների ու ալյումինի միջև ընթացող մեխանաքիմիական ռեակցիաների տեսական և թերմոդինամիկական հիմնավորումը: Ուսումնասիրվել է օքսիդիչ (NaNO_3) դերը երկաթի և պղնձի սուլֆիդների ու ալյումինի միջև ընթացող մեխանաքիմիական ռեակցիաներում: Բացահայտվել են երկաթի և պղնձի սուլֆիդների ու ալյումինի միջև ընթացող մեխանաքիմիական ռեակցիաների կինետիկական օրինաչափությունները: Կատարվել է նախապես մեխանաքիմապես ակտիվացված պղնձային խտանյութի ալյումինաթերմային վերականգնման գործընթացի տեխնիկական պարամետրերի ընտրություն: Ցույց է տրվել, որ թրթռաղացում խտանյութի և վերականգնիչի 60 *րոպ* տևողությամբ մանրացման և ալյումինի 120% տեսականորեն հաշվված պարունակության, ինչպես նաև CaO -ի և NaNO_3 -ի մինչև 30% ըստ բովախառնուրդի պարունակության ավելցուկի դեպքում կարելի է ստանալ պղինձ-երկաթային հավելանյութ 98% ելքով՝ առանց ալյումինի և ծծմբի հետքերի:

Կատարվել է ստացված հավելանյութի կառուցվածքային հետազոտում ռենտգենաֆազային, քիմիական և մետաղագրական վերլուծության եղանակներով: Համաձայն քիմիական վերլուծության արդյունքների՝ հավելանյութն ունի հետևյալ բաղադրությունը՝ 47% Fe, 53% Cu, առանց ծծմբի և ալյումինի հետքերի: Մետաղագրական վերլուծությամբ պարզվել է, որ հավելանյութի կառուցվածքը, կախված մեխանաքիմիական ակտիվացման ժամանակից, ավելի դիսպերս է, միկրոհետերոգեն և ներկայացնում է երկաթի ու պղնձի մեխանիկական խառնուրդ: Մշակվել է Կապանի պղնձային խտանյութի անվառարան, ալյումինաթերմային վերականգնման եղանակով պղինձ-երկաթային հավելանյութերի ստացման արտադրական տեխնոլոգիա:

Առանցքային բառեր. պղնձի խտանյութ, երկաթ-պղնձային հավելանյութ, մեխանաքիմիա, ռենտգենաֆազային անալիզ:

DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR OBTAINING COPPER-IRON ADDITIVES FROM SULFIDE CONCENTRATES BY THE METHOD OF HIGH - TEMPERATURE SELF- PROPAGATING SYNTHESIS

T.S. Aghamyan

The goal of the work is to develop a technology for obtaining copper –iron additives by direct aluminothermic recovery of pre-activated copper concentrate. In order to increase the chemical activity, the copper concentrate was subjected to preliminary mechanochemical activation in a vibromill by the grinding method, and then restored by the aluminothermic method. The combination of mechanochemistry with metal-thermal recovery allowed to carry out the further recovery process in a more efficient and unique way and obtain a modified copper-iron additive by passing the process of calcination used in traditional metallurgy and therefore the formation of volatile sulfur oxides. The behaviour of minerals

present in copper concentrates and the behaviour of this concentrate as a result of mechanical and thermal treatment was studied. The theoretical and thermodynamic justification of the mechanical reactions proceeding between iron and copper sulfides and aluminum is performed. The role of the oxidant (NaNO_3) in the mechanochemical reactions between iron and copper sulfides and copper sulfides and aluminum is studied. The kinetic patterns of the mechanochemical reactions between iron and copper sulfides and aluminum are revealed. The selection of technical parameters of the aluminothermic recovery process of pre-mechanically activated copper concentrate is made. It is shown that with 60 minutes of vibration grinding of the concentrate and reductant and an aluminum content of 120% theoretically calculated, as well as an excess of CaO and NaNO_3 up to 30% according to the content of the mixture, a copper-iron additive can be obtained with a yield of 98 % without traces of aluminum and sulphur.

A structural investigation of the obtained additive is carried out by means of X-ray phase, chemical and metallographical analysis. According to the results of chemical analysis, the additive has the following composition 47% Fe, 53% Cu without traces of sulfur and aluminum. The metallographic analysis has revealed that the structure of the additive, depending on the time of mechanochemical activation, is more dispersed and microheterogeneous and is a mechanical mixture of iron and alloy. The Kapan copper concentrate production technology for obtaining copper-iron additives by out-of-furnace aluminothermic recovery is developed and a feasibility study is carried out.

Keywords: copper, concentrate, iron copper additive, mechanochemistry, X-ray, phase analysis.