

УДК 628.477

## ПРОЦЕСС КРИОГЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ТИПА МЕТАЛЛ–ПОЛИМЕР

**В.Е. Олишевская<sup>1</sup>, В.А. Федоскин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [olishevskiyg@mail.ru](mailto:olishevskiyg@mail.ru)

<sup>2</sup>кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

**Аннотация.** Проведен сравнительный анализ современных технологий утилизации изделий типа металл – полимер. Наиболее эффективной, с точки зрения сохранения ценных материалов, энергетических расходов и экологической безопасности, является криогенная технология переработки изделий, позволяющая отделять изоляционные покрытия без разрушения токонесущих жил.

*Ключевые слова:* изделия типа металл – полимер, криогенная технология переработки, вибрационная щековая дробилка.

## CRYOGENIC PROCESSING OF METAL – POLYMER PRODUCTS

**V.E. Olishavska<sup>1</sup>, V.O. Fedoskin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [olishevskiyg@mail.ru](mailto:olishevskiyg@mail.ru)

<sup>2</sup>Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Automobile Economy Department, State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

**Abstract.** The comparative analysis of modern technologies of utilization of metal – polymer products is conducted. Cryogenic processing of wares is most effective. Cryogenic processing of wares allows to separate isolating coverages without destruction of metallic lived.

*Keywords:* the wares of type are a metal – polymer, cryogenic processing, vibration cheek crusher.

**Введение.** Одной из глобальных проблем современности является утилизация изделий типа металл – полимер. В качестве таких изделий можно рассматривать электрический кабель, телефонный кабель, кабель вычислительной техники, бронированный кабель, экранированный кабель, электронное оборудование, автомобильный, бытовой и другой легковесный лом.

Отработанные изделия извлекаются из экономического оборота, что приводит к потере ценного сырья. Кроме того, огромное количество отработанных изделий является источником длительного и устойчивого биохимического загрязнения окружающей среды и создает опасность возникновения пожаров.

Поэтому утилизация изделий типа металл – полимер является актуальной и важной проблемой, требующей комплексного решения.

**Цель работы.** Рассмотрение проблемы, связанной с криогенной переработкой изделий типа металл – полимер, для повышения сохранения ценных материалов, экологической безопасности и уменьшения энергетических затрат.

**Материал и результаты исследований.** Наиболее распространенным изделием типа металл – полимер являются кабельная продукция. Основными материалами, содержащимися в кабеле, являются электропроводные материалы (медь и медные сплавы, алюминий и алюминиевые сплавы) и изоляционные материалы [1, 2].

Сочетание металлических и неметаллических материалов, обладающих разными свойствами, и обуславливает сложность переработки изделий типа металл – полимер.

Трудоемкость процесса переработки повышает и сырье, которое поступает в виде многожильных проводников неограниченной длины, спутанных мотков, смешанных как по размерам, так и по маркам материалов.

Исторически первой технологией утилизации изделий типа металл – полимер было сжигание кабеля в печах для разрушения покрывающей проводники изоляции.

Целью этой технологии являлось извлечение из кабеля цветных металлов и сплавов.

Одной из первых в мире организаций, начавших утилизацию изделий, была французская фирма Comptoir Industriel des Metaux et Plastiques (СИМП), которая начала активно перерабатывать отходы с 1948 года. Извлечение цветных металлов из кабельного лома термическим способом продолжалось до 80-х годов двадцатого столетия.

Сегодня технология сжигания изделий типа металл – полимер ограничена по ряду причин:

- потери металлов составляют до 30 %;
- сильное загрязнение металлов продуктами сгорания не позволяет их непосредственно применять для изготовления новых электротехнических изделий;
- сжигание сопровождается сильным загрязнением окружающей среды в виде дымовых газов, содержащих канцерогенные вещества.

Долгое время считалось, что изделия типа металл – полимер невозможно перерабатывать именно из-за комплексного соединения разных материалов. Сегодня такая переработка возможна в нескольких вариантах:

- измельчение кабеля с последующей сепарацией продуктов измельчения,
- криогенные технологии переработки.

Основное преимущество названных технологий заключается в возможности сохранения исходного ценного сырья и его повторного использования.

Целью технологий измельчения изделий типа металл – полимер с последующей сепарацией продуктов измельчения является извлечение из кабеля цветных металлов и сплавов.

Существует несколько вариантов технологических схем механической переработки, которые имеют различное оборудование, но общую технологическую структуру.

Технологии измельчения предусматривают дробление изделий с последующим разделением дробленой массы на металл и изоляцию с использованием гравитационных и электрических методов обогащения.

Технологии измельчения изделий типа металл – полимер разрабатывались специалистами Франции, Германии, Украины, Австрии, Италии, Болгарии, Японии.

Оценка технологического процесса измельчения, затрат на переработку и качества получаемой продукции позволяет сделать следующие выводы:

- технологии измельчения являются сегодня достаточно широко распространенными;
- технологии позволяют использовать оборудование, которое применяют в других областях переработки вторичного сырья и не требуют специальных ноу-хау;
- при проведении измельчения происходит загрязнение металлов остатками изоляционных покрытий;
- изоляционные покрытия загрязнены металлом;
- низкое качество получаемой продукции измельчения не позволяет применять ее для изготовления новых электротехнических изделий;
- в процессе переработки полимерные материалы изделий сохраняют свои высокие эластические свойства, поэтому большая часть энергии расходуется на деформацию материала, а не на его разрушение;
- эффективность переработки зависит от диаметра токонесущей жилы;
- основная масса изделий не подлежит переработке;

- высокая энергоемкость процесса приводит к высоким производственным расходам, что делает технологии измельчения нерентабельными на современном рынке.

Более перспективными современными методами переработки изделий типа металл – полимер являются криогенные технологии.

Целью криогенных технологий является извлечение из кабеля цветных металлов и сплавов и полимерных материалов.

Для осуществления переработки изделий необходимо разорвать механические связи между составляющими компонентами и разделить их.

Отходы кабеля содержат от 40 до 70 % цветных металлов – алюминия и меди.

Для уменьшения энергии, затрачиваемой на переработку, применяют охлаждение изделий. Цветные металлы – медь, алюминий, свинец – практически не изменяют механических характеристик при охлаждении, а полимерные компоненты кабеля охрупчиваются, о чем свидетельствует понижение ударной вязкости материалов [3-5].

Криогенные технологии переработки изделий типа металл – полимер, разработанные в Германии, Франции, Украине, Японии, Австрии, Польше, основаны на применении различного рода молотковых или центробежных дробилок, а также барабанных мельниц (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема криогенной линии для переработки кабельных отходов (Франция)

Анализ существующих криогенных технологий переработки изделий типа металл – полимер показал, что на стадии дробления разрушаются и токоведущие жилы и изоляционные покрытия [6]. Это приводит к увеличению мощностей измельчителей и усложнению последующего разделения продуктов переработки на компоненты.

Повысить эффективность процесса переработки изделий типа металл – полимер можно разрушением только изоляционных покрытий без разрушения токоведущих жил.

Данная проблема решена в НГУ путем использования в качестве измельчителя вибрационной щековой дробилки с инерционным вибровозбудителем (рис. 2).

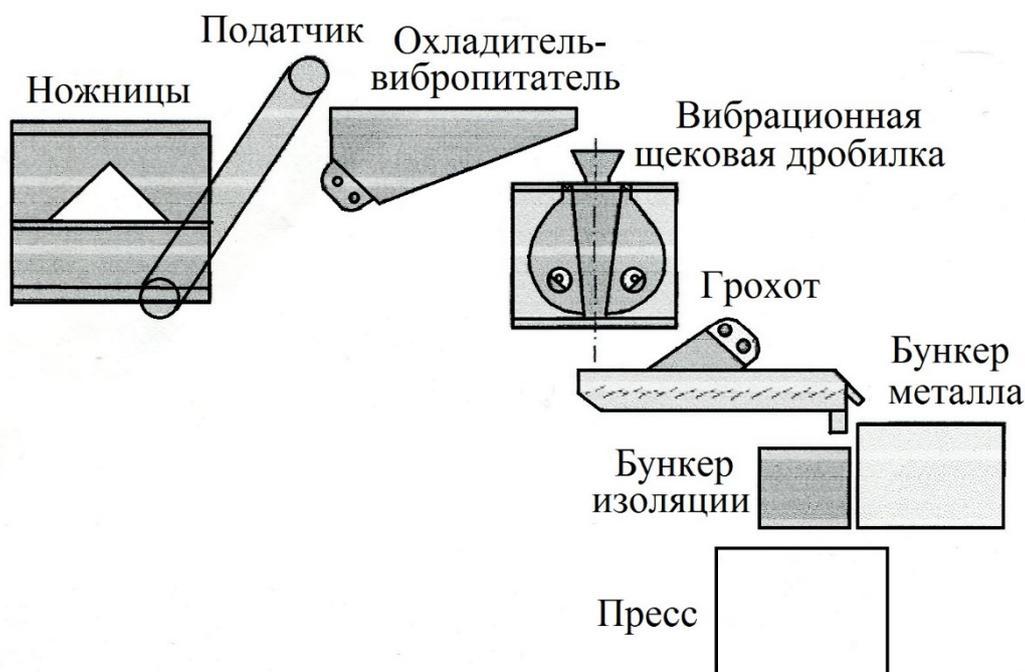


Рисунок 2 – Схема криогенной технологии для переработки кабельных отходов (НГУ)

Для криогенной переработки изделий типа металл – полимер необходимо следующее оборудование:

- ножницы,
- охладитель-вибропитатель,
- вибрационная щековая дробилка (производительность 0,7 т (1,5 т)),
- грохот,
- пресс.

Криогенная технология переработки изделий типа металл – полимер включает в себя технологические операции:

1. порезка кабеля мерной длины,
2. охлаждение до заданных температур,
3. разрушение полимерного слоя,
4. разделение на компоненты,
5. придание компонентам товарного вида.

Перед переработкой утилизируемые изделия необходимо рассортировать, что позволяет упростить технологию переработки на всех агрегатах линии.

Элементы изоляционных покрытий, у которых отсутствует эффект охрупчивания (например, тканевая изоляция, металлическая броня и т. п.) необходимо удалить с помощью механических устройств.

Особая технология переработки требуется лишь для кабеля со свинцовой и стальной оплеткой.

Кроме того, необходимо классифицировать кабельный лом на материал с медной и с алюминиевой жилами. Каждый из этих кабелей можно перерабатывать отдельно без учета вида и толщины изоляции.

На первом этапе переработки изделий типа металл – полимер происходит подготовка сырья путем порезки: кабель с помощью ножниц разрезается на куски длиной 300...500 мм (рис. 2).

На втором этапе куски кабеля, помещенные в охладитель-вибропитатель, охлаждаются в жидком азоте до температур охрупчивания. Примеры температур охрупчивания для некоторых полимерных материалов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Температуры охрупчивания полимерных материалов

Полимерный материал	Температура охрупчивания, °С
Поливинилхлорид	- 40...- 60
Полиэтилен	- 85...- 150
Политетрафторэтилен (фторопласт)	- 33...- 120
Резина	- 30...- 110

На третьем этапе происходит разрушение полимерного слоя.

Вибрационная щековая дробилка представляет собой колебательную систему, в которой щекам, подвижно сочлененным с корпусом посредством упругих элементов, сообщаются колебания с частотой порядка 16...32 Гц. Колебания щек генерируются силами инерции вращающихся неуравновешенных масс вибровозбудителей, установленных на каждой подвижной щеке.

В камере вибрационной щековой дробилки кабель подвергается дозированному высокочастотному ударному нагружению, в результате которого изоляция кабеля разрушается, а металлическая жила остается целой.

Технология позволяет осуществить 100 % съем изоляционных покрытий, а также выполнять послойное разделение изоляции путем управления

динамическими параметрами вибрационной щековой дробилки: например, величиной ударной нагрузки, скоростью ее приложения, частотой колебаний дробящих щек.

Эффективность съема изоляционных покрытий сильно зависит от ширины разгрузочной щели, а также от профиля рабочей поверхности дробящих щек.

На четвертом этапе происходит разделение продукции переработки на компоненты. Отделение металлической жилы от измельченной изоляции осуществляется на грохоте.

На пятом этапе компонентам придают товарный вид путем прессования на прессе.

Рассмотренная криогенная технология переработки изделий типа металл – полимер обеспечивает:

- получение до 98 % металлических материалов с сохранением их свойств;
- получение полимерных материалов с сохранением свойств;
- высокую степень чистоты получаемых продуктов:  
чистоту вторичных металлов до 99 %, изоляцию с содержанием металлов не более 3 %;
- возможность переработки кабеля из различных материалов и размеров;
- невысокую энергоемкость криогенной технологии в сравнении с механическим дроблением;
- улучшение санитарно-гигиенических условий труда (отсутствие запаха, пыли; снижение производственного шума);
- малые производственные площади.

Следует отметить, что наряду с высокой производительностью процесса и высоким качеством получаемой продукции, криогенные технологии имеют и ряд недостатков:

- при использовании привозного жидкого азота происходят его потери при транспортировке, сливе-наливе и хранении;
- практический расход жидкого азота составляет 0,5 кг на один кг обрабатываемого сырья, а теоретически за счет освоения предложенной технологии данный расход может составлять 0,3 кг азота на кг сырья.

**Выводы.** Проведенный в работе сравнительный анализ современных технологий утилизации изделий типа металл – полимер показал, что наиболее эффективными с точки зрения сохранения ценных материалов, энергетических затрат и экологической безопасности являются криогенные технологии переработки изделий.

Использование при криогенной переработке кабеля вибрационной щековой дробилки позволяет повысить эффективность работы линии за счет разрушения только изоляционных покрытий.

Технология позволяет успешно перерабатывать отходы кабеля большого диаметра с сохранением свойств медной или алюминиевой жилы, полимерного покрытия.

Перерабатываемое сырье может быть не только в виде кусков кабеля длиной 300...500 мм, а также в виде мотков и пучков кабеля.

Криогенная технология позволяет: извлекать из изделий типа металл-полимер до 98 % металлов; получать чистоту вторичного металла до 99 %; получать изоляцию с содержанием металлов не более 3 %; исключать загрязнение окружающей среды; механизировать процесс переработки.

Вторичное использование утилизированных изделий типа металл-полимер способствует экономии исходных, остродефицитных и весьма дорогостоящих сырьевых ресурсов при одновременном расширении номенклатуры и увеличении объемов производства готовых изделий.

Переработка композиционных изделий типа металл – полимер обеспечивает возможность их вторичного использования в автомобильной, химической, строительной и ряде других отраслей.

Материалы работы могут быть использованы студентами при изучении дисциплины «Ресурсосберегающие технологии при проведении ремонта».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкционное материаловедение. В 2-х кн. Кн. 1. Металлы и сплавы / В.К. Борисевич, А.Ф. Виноградский, Я.С. Карпов, В.Я. Самойлов, Н.И. Семишов. – Харьков: ХАИ, 2001. – 456 с.
2. Изделия из пластмасс: справ. руководство по выбору, применению и переработке / С.Г. Бальянский, М.Л. Кацевман, Е.Б. Файнштейн. – М.: Радиопласт, 1992. – 201 с.
3. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов: в 2 томах / Я.Б. Фридман. – М.: Машиностроение, 1972. – 1 т.
4. Крыжановский В.К. Прикладная физика полимерных материалов / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов. – СПб: ГТИ (ТУ), 2001. – 261 с.
5. Технические свойства полимерных материалов: учеб.-справ. пособ. / В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов, А.Д. Паниматченко, Ю.В. Крыжановская. – СПб: Профессионал, 2003. – 240 с.
6. Емченко Е. А. Оборудование и технологии измельчения резинотехнических отходов / Е.А. Емченко. – Харьков: УИПА, 2011. – 228 с.