

Как спасти полимер-металлические отходы

Российскими учеными найден экономичный способ переработки кабелей



Герасин Виктор Анатольевич

Развитие нашей цивилизации приводит к тому, что в промышленности и быту постоянно увеличивается количество образующихся отходов. Среди них — полимер-металлические смеси. Это, прежде всего, различные типы проводов и кабелей, алюминиевая фольга, ламинированная полиэтиленом (например, в пакетах типа «Тетрапак»), различные полимер-металлические композиции. Полное отделение полимеров от металлов позволит улучшить экологическую безопасность, снизить загрязнение почвы металлами и отходами полимеров, избавит от выбросов опасных газов в атмосферу и позволит вернуть в производство ценное сырье, цены на которое постоянно растут.

Провода и кабели как отходы

Рассмотрим одну из наиболее «тоннажных» категорий полимер-металлических смесей, необходимостью в утилизации которых постоянно растет, — отходы производства и старые, использованные провода и кабели. В России и странах СНГ в настоящее время работает около

66 заводов-производителей кабельно-проводниковой продукции. При производстве изделий они затрачивают значительное количество металлов. В частности, в 2005 году общий объем потребления меди и алюминия составил 277 088 и 127 510 т соответственно. Выпуск кабельных изделий по весу меди в странах СНГ по сравнению с 2005 годом в 2006 возрос на 10,3 %, в т. ч. в России — на 11,3 %. Непрерывный рост мировых цен

66 заводов-производителей кабеля в России и СНГ перерабатывают около 500 000 тонн цветных металлов в год, при этом неизбежный брак достигает 5 % от объема выпуска.

на медную катанку и алюминий приводят к удорожанию изделий.

Широкая номенклатура проводов и кабелей выпускается в полимерных оболочках. В качестве материала изоляции в основном используют полиэтилен и поливинилхлоридный пластикат. Это — провода связи телефонные распределительные и радиотрансляционные, провода и кабели связи полевые, монтажные слаботочные для геофизических работ, кабели судовые, кабели радиочастотные, провода для автомобилей и

другие. В связи с подорожанием нефти цены на полимеры также постоянно растут.

При производстве кабельно-проводниковой продукции, к сожалению, всегда образуются отходы, прежде всего, это — брак. На некоторых заводах его объем достигает 5 % от выпускаемой продукции. Образующиеся отходы производства подвергаются переработке с целью разделения полимерной изоляции и ме-

таллической жилы и возврату последней в производство.

Кроме того, вместо обычных кабелей и проводов в настоящее время наблюдается устойчивый рост выпуска кабелей для структурированных систем связи (LAN-кабелей) и оптических кабелей. Например, в России в 2006 году выпуск оптических кабелей по сравнению с 2002 годом увеличился в 3,3 раза. В значительной степени их используют для замены обычных кабелей в новых и модернизируемых сетях связи. Медные про-

вода, извлекаемые при модернизации сетей, по весу наполовину состоят из меди. Утилизация их является значительной проблемой для используемых в этих целях технологий.

Переработка отходов является чрезвычайно трудоемким процессом. Отходы кабелей и проводов относятся к сложным видам цветного лома. Обычно они поступают на переработку в виде путанки.

Ныне используемые технологии переработки

Основной задачей переработки кабелей является качественное отделение цветного металла от изоляции и других металлов, из которых состоит наружная оплетка и броня. Наиболее широкое распространение получила технология воздушно-вибрационной сепарации с помощью механических дробилок с последующим разделением металлической и полимерной крошки. На рисунке 2 представлена принципиальная схема такой установки.

В этих установках при дроблении между рядами подвижных и неподвижных ножей происходит измельчение отходов проводов на куски размером менее 60 мм, которые в дальнейшем попадают в гранулятор. Перед грануляцией большинство стальных частиц удаляется с помощью магнита.

В **грануляторе** кабель измельчается до такого состояния, что изоляция отделяется от металлических жил. Измельчение происходит при взаимодействии рабочих поверхностей роторных и неподвижных ножей, а также между роторными ножами и экраном.

В **сепараторе** частицы разделяются на металл и изоляцию. Это достигается механическим путем — вибрацией и воздушным потоком. Ленточный конвейер с барабанным магнитом гарантирует по-

лучение меди без железных включений.

В **экстракторе** происходит отделение пыли при помощи батареи фильтров.

Недостатки имеющихся технологий

К недостаткам используемых установок следует отнести:

- зависимость экономической эффективности переработки от качества предварительной сортировки кабеля по типу и качеству. Это также определяет производительность установки и качество конечного продукта. Если кабель доставлен на переработку в виде смеси разных марок, то необходимо сортировать его по основным типам перед переработкой. Одновременно необходимо тщательно удалять инородные объекты, такие как изоляторы, камни, инструменты,

Современная дорогостоящая технология разделения полимеров и металлов в кабельных отходах не позволяет достичь необходимой экономической эффективности переработки.

куски металла и пр. Жесткий кабель с внешним диаметром более 40 мм должен быть предварительно нарезан на куски длиной приблизительно 0,7 м. Кабель меньшего диаметра можно сразу загружать на дробление.

- с уменьшением диаметра жилы увеличивается количество металла, остающегося после разделения в полимерных опилках. Например, диаметр медных жил в кабелях связи составляет от 0,17 до 1,35 мм, что значительно затрудняет удаление полимерной изоляции. Еще сложнее проводить отделение полимеров от металлических жил старых, использованных кабелей.

составляет не более 85–90 % от всего объема меди, изначально содержащейся в отходах. Полимерная изоляция, отделенная ножами от металлической жилы, также содержит до 5 % меди или 9 % алюминия, что делает невозможным дальнейшую переработку полимерных отходов на стандартном оборудовании по изготовлению изделий из полимеров. Поэтому использование полимерных отходов также превращается в проблему. Необходимо разрабатывать способы их утилизации.

Кроме того при использовании такой технологии возникают трудности:

- При переработке кабеля в резиновой оболочке производительность установки может снижаться до 70 %.
- Свинцово-медный и медно-алюминиевый кабель может измельчаться, но различные металлы при этом не разделяются. Поэтому рекомендуется предварительно вскрывать такие типы кабеля и при необходимости перерабатывать отдельно. Дополнительно должно быть установлено оборудование для разделения меди и свинца.
- Кабель с липкими наполнителями («маслонаполненные» с консистенцией вязкой смолы или покрытые битумом) являются причиной забивания отверстий экрана гранулятора.
- Кабели с проводами диаметром менее 0,15 мм (так называемыми волосьяными), перерабатываются с большими потерями меди в отходах изоляции.
- Кабель со стальными сердечниками

Рис. 2. Принципиальная схема установки

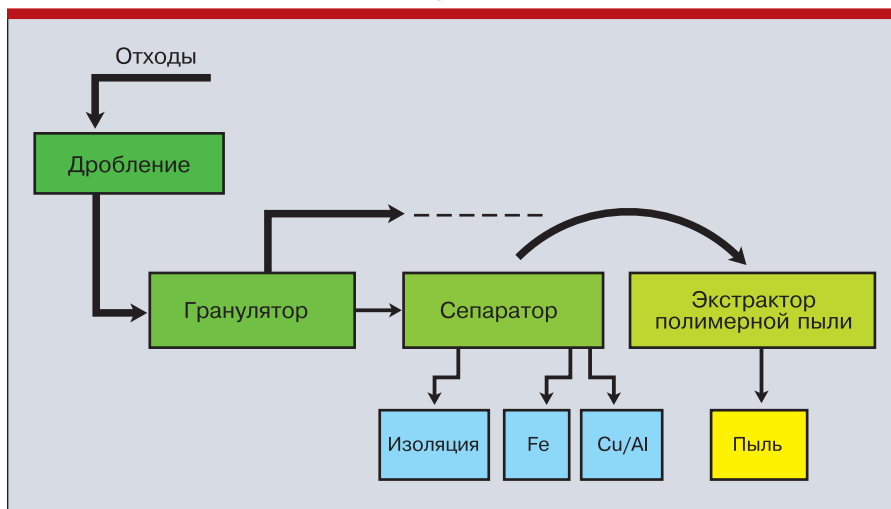
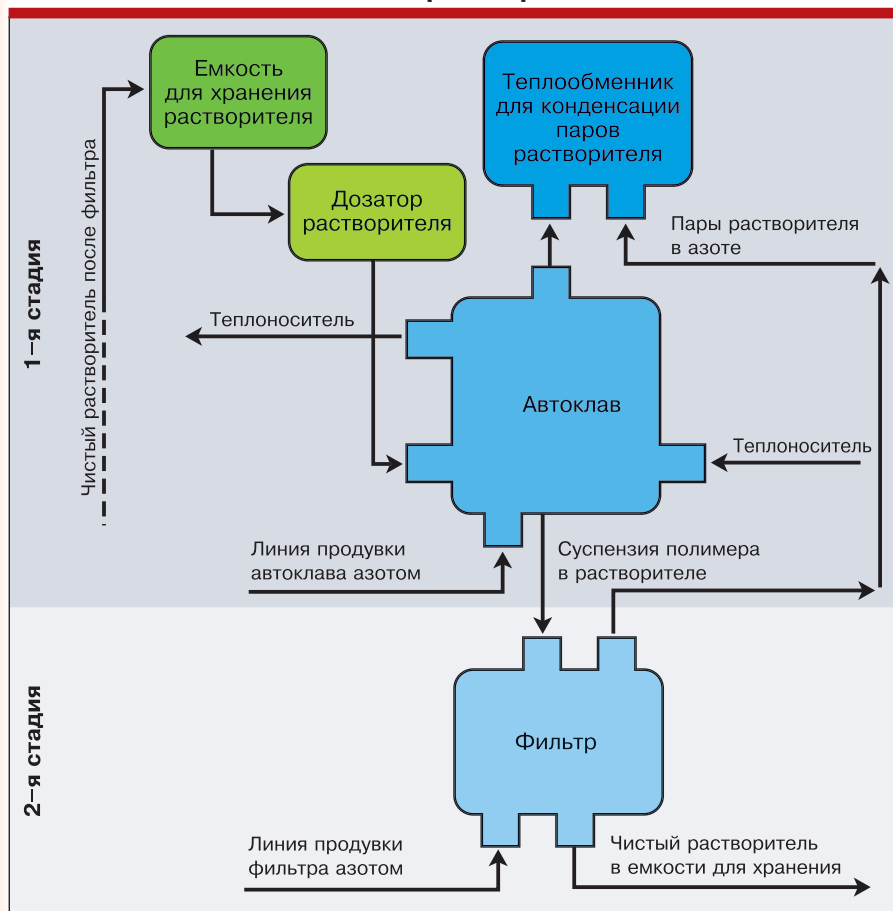


Рис. 3. Принципиальная схема удаления полимерных оболочек с металлических жил кабелей растворным способом



или железно-алюминиевый кабель перед загрузкой в измельчитель должен быть предварительно нарезан на небольшие куски. Такой кабель, а также кабель, армированный стальной броней, вызывают повышенный износ ножей и экранов. Поэтому кабель в стальной броне перед дроблением желателно вскрывать.

Таким образом, создание новых технологий для полного разделения кабельных отходов на отдельные компоненты представляется актуальной задачей. Полное отделение изоляции из полиэтилена от медных жил могло бы позволить вернуть в производство дополнительно, по сравнению с ныне используемой практикой, 10–15 % меди, попадающей в отходы вместе с полиэтиленом, который, в свою очередь, теряется полностью. Очевидно, что в перерасчете на сотни и даже тысяч тонн подобного рода отходов, образующихся на примерно 66 заводах этой отрасли в России и странах СНГ, — решение проблемы может дать существенный экономический эффект.

По данным на июнь 2008 года, средняя рыночная стоимость меди, очищенной механическим способом от изоляции, составляет 6 500 долл. т. Стоимость

вторичных полимеров ПНД — 1 532 долл. т, вторичного ПВХ — 1 362 долл. т. Исходя из этих данных, одна установка с производительностью меди 200 т в год и вторичного полимера — 36 т в год, способна произвести меди на 1 300 000 долл., вторполимера — на 54 000 долл.

Новые технологии: простое решение

В результате успешного проведения поисковых научно-исследовательских работ в 2004–2006 гг. двумя организациями — ООО «Политипс» и ИНХС РАН — предложены два оригинальных высокоэффективных способа утилизации отходов кабельного производства, включающие:

- полное удаление полимерных оболочек с металлических жил кабелей растворным способом, позволяющий вернуть чистый цветной металл (медь, алюминий) в электротехническое производство, а также получить вторичный полимер — полиэтилен, поливинилхлорид — без примесей металла, с целью его дальнейшего использования.
- способ отделения металлической жи-

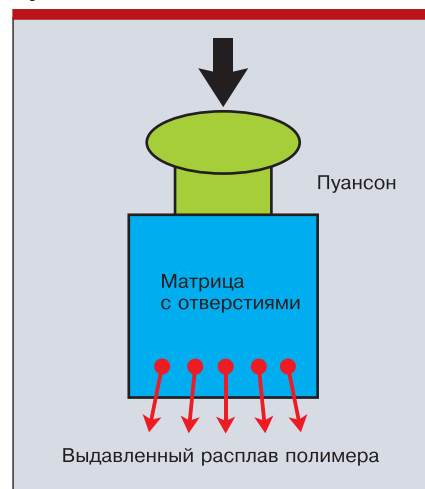
лы от полимерной оболочки при прессовании отходов в обогреваемой пресс-форме с отверстиями, в результате чего происходит выдавливание расплава полимера из металло-полимерного брикета. Предлагаемая технология обеспечивает высокий выход металлов — до 98 % из металло-полимерных отходов кабельной промышленности без механического дробления отходов и использования растворителей. Основным оборудованием для этой технологии является простое и широко распространенное оборудование — горячий пресс.

Механические свойства полученных в этих технологиях полимеров сохраняются такими же, как у исходной изоляции: их можно использовать для переработки в изделия любыми из применяемых методов.

Растворный способ

Сущность растворного способа — удаление полимерных оболочек с металлических жил кабелей заключается в том, что электрический провод помещают в растворитель имеющий температуру кипения более 150 °С или его пары, нагревают растворитель до температуры, при которой полимерная изоляция растворяется, и выдерживают при этой температуре в течение времени, необходимого для отделения полимерной изоляции от металлической жилы. На второй стадии металлическую жилу вынимают из раствора полимера, раствор охлаждают, выделенный в виде осадка полимер отфильтровывают и сушат. В качестве растворителя используют высшие n-алканы,

Рис. 4. Схема перфорированной пресс-формы для выдавливания расплава из уплотненных проводов



или их смеси, или другие высококипящие растворители.

Для интенсификации процесса отделения оболочек и, прежде всего, для упрощения сушки полимерной крошки в качестве растворителя можно использовать низшие n-алканы, их смеси или другие низкокипящие растворители с температурой кипения 60–90 °С. С целью достижения требуемой для удаления полимерной оболочки температуры растворителя процесс необходимо проводить при повышенном давлении (до 5 атм) в автоклаве. Принципиальная схема такой установки приведена на рисунке 3.

К достоинствам данного способа отделения изоляции по сравнению с механическим, у которого имеются ограниче-

нения полимерной изоляции, имеющей более высокую температуру растворения. Таким образом, ступенчато изменяя условия, можно последовательно отделить различные типы оболочек.

На «Способ отделения полимерной изоляции от металлической жилы электрического провода (варианты)» получен патент Российской Федерации № 2224341 от 2004 г.

Данная разработка находится на стадии проведения монтажа оборудования. Изготовлены основные технологические аппараты: автоклав емкостью 2 м³ и фильтр. Далее планируется:

- проведение пуско-наладочных работ пилотной установки;
- осуществление пилотных прогонов с

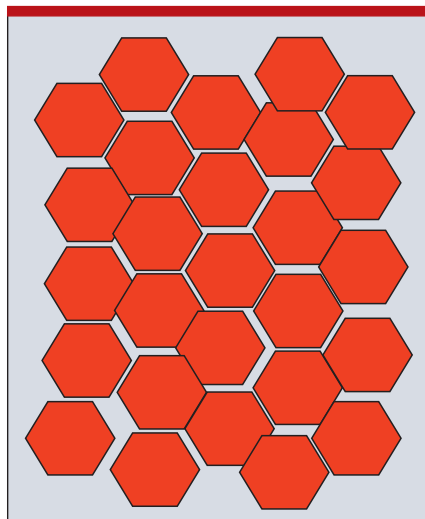
Две новых отечественных технологии переработки позволяют вернуть в производство до 5 % объема продукции, выпускаемой кабельной промышленностью.

ния при разделке кабелей в изоляциях, состоящих из нескольких оболочек и/или изоляциях, содержащих различные компоненты, относится то, что нагревание растворителя можно осуществлять ступенчато — сначала до температуры, при которой оболочка и/или компонента полимерной изоляции с наименьшей температурой растворения растворяется, и выдерживать при этой температуре в течение времени, необходимого для отделения этой оболочки и/или компоненты от металлической жилы. Далее, после растворения оболочки и/или компоненты, имеющей наименьшую температуру растворения, растворитель можно заменить на свежий (или другой), и продолжить нагревание до температуры растворения другой оболочки и/или ком-

пону целью масштабирования и оптимизации разработанного технологического процесса в полувзаводских условиях;

- наработка опытных партий образцов металла и полимера для проведения предварительных и приемочных испытаний;
- разработка технической документации для создания стационарной и/или мобильной установок по переработке отходов кабельной промышленности;
- актуализация документации по менеджменту и маркетингу;
- продажа лицензий на предварительно запатентованную технологию, а именно способ отделения полимерной изоляции от металлической жилы электрического провода;
- продажа стационарной и/или мобильной установок по переработке отходов кабельной промышленности;
- осуществление переработки отходов кабельной промышленности непосредственно на заводах;
- реализация продуктов переработки отходов кабельной промышленности на рынке.

Рис. 5. Схема сечения металлического брикета из раздавленной проволоки (красные многоугольники)



Расплавный способ

Принципиальная возможность отделения металлической жилы от полимерной оболочки при прессовании отходов обусловлена тем, что значительная часть выпускаемых электрических проводов и кабелей имеет полимерную изоляцию из термопластов с температурой плавления 110–120 °С. При прессовании массы из проводов при обычной температуре в закрытой прессформе в начале происходит их уплотнение и деформация полимерной оболочки, но практически вся изоляция при этом остается на проводах.

Рис. 6. Медный цилиндр с содержанием металла 98 % (масс.) после отжима полимера



Если использовать пресс-форму с отверстиями, то при сжатии массы из проводов с расплавленной изоляцией, расплав полимера с высокой скоростью будет выжиматься из пространства между металлическими проводами и вытекать через отверстия пресс-формы наружу, при этом металлический провод остается внутри пресс-формы (рис. 4).

В то же время цветные металлы — алюминий и медь, наиболее широко используемые в электрических проводах, обладают высокой пластичностью и легко деформируются под давлением, даже при обычной температуре. Поэтому при дальнейшем сжатии происходит уплотнение проволоки с последующим смятием до многоугольного сечения, при этом зазоры между металлическими проводами могут уменьшаться до полного контакта (рис. 5).

Таким образом, при давлении удается получить брикет из меди с содержанием металла до 98 % масс (рис. 6), который можно использовать для переплавки.

Предлагаемая технология обеспечивает высокий выход металлов — до 98 % из металло-полимерных отходов кабельной промышленности без механического дробления отходов и использования растворителей. Основным оборудованием для этой технологии является простое и широко распространенное оборудование — горячий пресс. На поданную заявку на изобретение (2007101547 от 17.01.2007 г.) для этого способа получено положительное решение. Разработка отмечена Золотой медалью на Салоне инноваций и изобретений в Москве «Архимед-2008».

Российские разработки готовы к внедрению на отечественных предприятиях.