

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛИРОВАНИЯ КАБЕЛЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ*

Качество кабеля среднего напряжения зависит от качества изоляционных материалов, в частности от чистоты сшиваемого полиэтилена высокого давления. Процессы экструзии и сшивки изоляции должны рассматриваться как важнейшие аспекты качества, которое можно обеспечить только в том случае, если производство с самого начала организовано правильно. В этой статье дан обзор хорошей организации производства на основе опыта эксплуатации линий наклонной вулканизации для изолирования кабеля с применением пероксидной сшивки.

1. Введение

За последние 30 лет представления о качестве кабелей среднего напряжения значительно эволюционировали в сторону ужесточения требований.

В настоящее время для изготовления изолированной жилы таких кабелей широко применяются наклонные линии вулканизации. Экструзионная группа такой линии представлена на рис. 1. Наложение всех

трех слоев (экран – изоляция – экран) с помощью одной головки дало значительный эффект в части повышения качества кабелей. Уровень чистоты материалов за последнее время также повысился.

Вулканизацию изоляции проводят теперь в среде азота, который пришел на смену водяному пару. Новые конструкции кабеля более защищены от попадания влаги.

Надежность кабелей среднего напряжения определяется выполнением производителем следующих требований к технологии изолирования:

- 1) чистота изоляции;
- 2) однородность изоляции;
- 3) гладкая поверхность раздела между экранами и изоляцией;
- 4) достаточная степень сшивки;
- 5) обеспечение соответствующей толщины изоляции.

Ниже рассмотрены условия, обеспечивающие выполнение указанных требований.

2. Требования к изоляционной системе

2.1. Чистота изоляции

2.1.1. Сушка и подача материалов изоляции

Как упоминалось ранее, за последнее время требования к чистоте изоляции значительно возросли. Для поддержания материала сухим и чистым в процессе наложения изоляции важную роль играет система подачи.

Электропроводящие и изоляционные материалы должны храниться в надлежащих условиях. До подачи в экструдер емкости с материалом изоляции должны содержаться в «чистой комнате» с классом чистоты 10 000 и открываться в «чистой комнате» с классом 1000. Затем материал подается пневматически или под собственным весом в экструдер. Использование подачи под собственным весом позволяет исключить образование лентообразных включений и порошка, образующихся из-за высокоскоростного перемещения гранул вдоль трубопроводов пневматической системы транспортировки.

Перед подачей в экструдеры электропроводящий материал должен быть просушен. Сушка произ-



Рис. 1. Экструзионная группа наклонной линии вулканизации

* По материалам научно-технического симпозиума, проводимого в рамках работы выставки «WIRE Russia 2005»

водится в специальных устройствах. Работа с электропроводящими материалами проводится в «чистых комнатах» с классом чистоты 10 000.

2.1.2. Фильтрация материалов

Чтобы предотвратить попадание инородных частиц из экструдера в головку и затем в изоляцию, применяются сетки с отверстиями различных размеров. Они помещаются между наконечником шнека и головкой (рис. 2). Так, для кабелей среднего напряжения используются пакеты сеток до 150 меш. Это позволяет отсеять частицы более 100 мкм. В то же время при производстве кабелей сверхвысокого напряжения требуется применение сеток с разрешением до 400 меш.

2.2. Однородность изоляции

2.2.1. Преждевременная вулканизация («скорчинг»)

Температура разложения перекиси дикумила (DI-CUP) довольно низкая, следовательно, температура экструзии также должна быть низкой (обычно ниже 140 °С), что близко к точке плавления полиэтилена, равной примерно 105 °С. Однородность расплава обеспечивается высокоточным контролем температуры, эффективным охлаждением экструдера и соответствующей конструкцией шнека.

Для предотвращения преждевременной вулканизации в экструдере, переходнике, сетках или головке конструкция этих элементов должна быть выполнена таким образом, чтобы не допускалось возникно-

вление зон застоя больше 150 мкм и время пребывания в данных элементах больше 30 мин.

Температура головки должна поддерживаться на уровне 120 °С.

2.2.2. Пустоты

В настоящее время процесс сшивки осуществляется в сухой среде (в азоте), что делает минимальным риск проникновения влаги в изоляцию. Разложение пероксида в процессе сшивки приводит к образованию летучих продуктов, которые могут вызвать появление пустот в случае, если процесс становится неконтролируемым. Это явление можно предотвратить путем создания давления величиной не менее 5 бар в трубе вулканизации и поддержания надлежащих условий сшивки, для чего в линиях Mallefer применяется система моделирования процесса вулканизации «NCC». Например, одно из условий отсутствия пустот – поддержание температуры проводника на выходе из концевой затвора трубы охлаждения не более 100 °С.

2.3. Гладкая граница раздела

2.3.1. Конструкция шнека

Однородность расплава является основным требованием для обеспечения гладкой границы раздела между изоляцией и экранами. Это может быть достигнуто за счет применения специального шнека барьерного типа.

2.3.2. Экструзионная головка

Ключевыми факторами, позволяющими избежать застоя материала в головке, являются конструкция каналов головки, создающая условия для определенной скорости сдвига, и правильное расположение каналов терморегулирования.

Кроме того, гладкую границу раздела обеспечивают правильно подобранные форма и размер формирующего инструмента.

2.4. Сшивка

2.4.1. «NCC»: моделирование температуры и сшивки по длине линии

Для эффективного использования линий вулканизации необходим квалифицированный персонал, знакомый с характеристиками и ограничениями процесса вулканизации. Измерить температуру поверхности жилы и степень сшивки непосредственно во время производства, к сожалению, невозможно. Именно поэтому программа моделирования и оптимизации процесса, созданная на основе полученных опытным путем знаний и связанная с автоматизацией линии, является очень важной. Система моделирования «открыва-

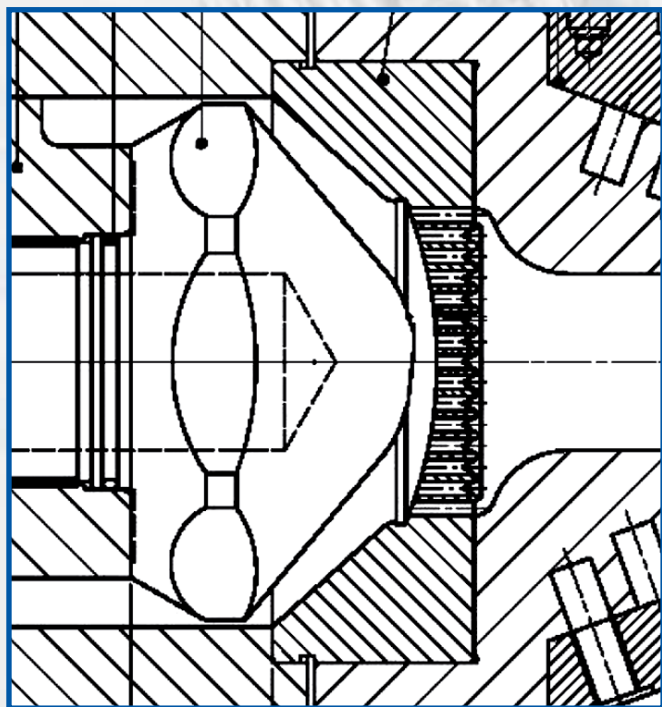


Рис. 2. Соединение между экструдером и головкой с промежуточными решетками

ет окно» в технологию наклонной вулканизации и дает представление о температуре жилы и изоляции, а также степени сшивки в процессе производства.

2.4.2. Прямой нагрев трубы вулканизации

Прямой нагрев трубы вулканизации обеспечивает равномерную передачу тепла без перегрева кабеля и соответственно равномерную сшивку изоляции. Модули трубы вулканизации, разработанные компанией Mailefer, сами являются резисторами и передают тепло от своих стенок в направлении к поверхности изолированной жилы (рис. 3). Тем самым обеспечивается равномерный нагрев кабеля по окружности без зон захлаживания или перегрева, которые могут быть вызваны неисправностью отдельных нагревательных элементов.

2.5. Толщина изоляции

Получить точные значения толщины слоев изоляции и экранов можно при обеспечении однородности расплава за счет таких конструкций шнека и каналов, которые дают возможность равномерно распределять массы в экструзионной головке.

Известно, что при запуске линии очень важно достичь приемлемых условий процесса и качества в кратчайшее время. В отношении размеров изолированной жилы это обеспечивается применением системы сканирования рентгеновскими лучами для измерения эксцентриситета (рис. 4). В процессе производства можно использовать указанную систему или гравиметрический метод, а также совмещать их, так как система радиационного сканирования особенно

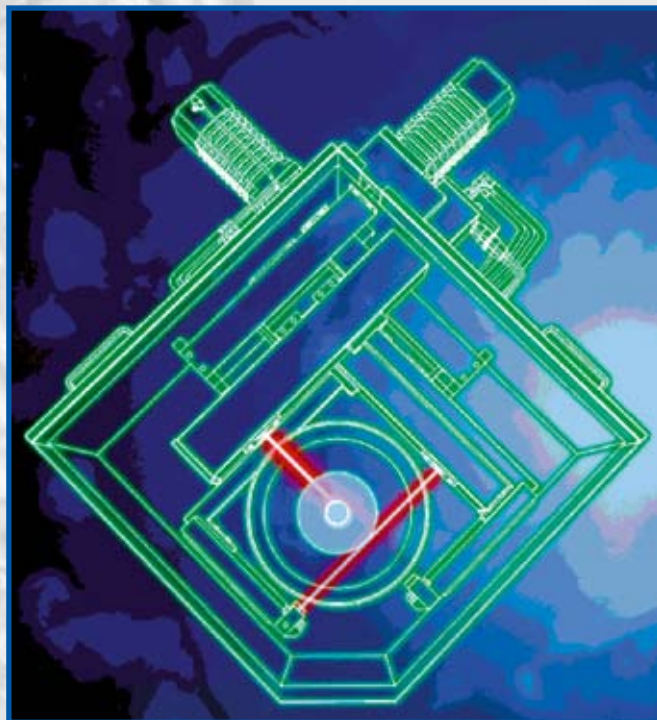


Рис. 4. Принцип действия системы рентгеновского сканирования для измерения диаметра изолированной жилы и эксцентриситета

эффективна для минимизации эксцентриситета. Для контроля отклонений размеров по длине как дополнительный способ регулирования можно использовать систему гравиметрического контроля.

3. Заключение

Для получения качественной изоляции кабелей среднего напряжения повышенной надежности необходимо принимать во внимание следующие элементы:

- содержание включений в изоляции должно быть минимальным;
- необходим точный контроль температуры экструдера и головки;
- конструкции шнеков, переходников и каналов головки должны обеспечивать однородность расплава изоляционного материала и отсутствие зон застоя при его движении;
- система контроля линии должна поддерживать возможность моделирования процесса вулканизации и оптимизации технологии. В линиях компании Mailefer эту функцию выполняет программа моделирования «NCC»;
- контроль эксцентриситета и толщины изоляции должен быть обеспечен должным образом.

При выполнении перечисленных выше условий велика вероятность того, что кабель будет надежен и прослужит долго.



Рис. 3. Система прямого нагрева трубы вулканизации