

35 – летний опыт инноваций радиационных технологий на заводе ОАО «НП ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ».

Авторы : Н.И.Громов, М.Н.Громов, Н.К.Куксанов, А.И. Ройх, Р.А.Салимов,
М.Н.Степанов

ВВЕДЕНИЕ

ОАО «НП «ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ» был основан в 1941 г. Радиационные технологии в производстве кабелей и проводов на этом предприятии были внедрены в 1982 г.. Тогда на заводе были установлены два ускорителя из серии ЭЛВ из 15 машин, которыми Министерство Электротехнической Промышленности СССР решило укомплектовать кабельные заводы. Это были первые модели ускорителей : ЭЛВ –1 и ЭЛВ –2, мощность электронного пучка каждого из них составляла 20 кВт. Они имели ручное управление параметрами технологического процесса. Ускорители ЭЛВ были разработаны и изготовлены Институтом Ядерной физики Сибирского отделения АН СССР по заказу МинЭлектроТехПрома. Они предназначались для длительной и непрерывной работы в условиях промышленного производства. Ускорители прошли испытания по программе Межведомственной комиссии и были рекомендованы к промышленному применению. Технологии радиационного модифицирования изоляции были разработаны во Всесоюзном институте кабельной промышленности, который возглавлял Генеральный директор, профессор, д.т.н. И.Б.Пешков.

90-е годы были тяжелыми для российской экономики, но, в значительной мере из-за наличия ускорителей, ОАО «НП ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ» оставался в рабочем состоянии, сохранил свои кадры и оборудование, в отличие от многих других российских заводов. Позже, когда экономическая ситуация начала стабилизироваться, старые ускорители были заменены на ускорители новой конструкции. Это были установки ЭЛВ-4 и ЭЛВ –8 с максимальной энергией 1.5 и 2.5 Мэв соответственно, а максимальная мощность пучка электронов достигла 100 кВт. В 2000-е годы благодаря сотрудничеству с Институтом Ядерной Физики им. Г. Будкера Сибирского отделения

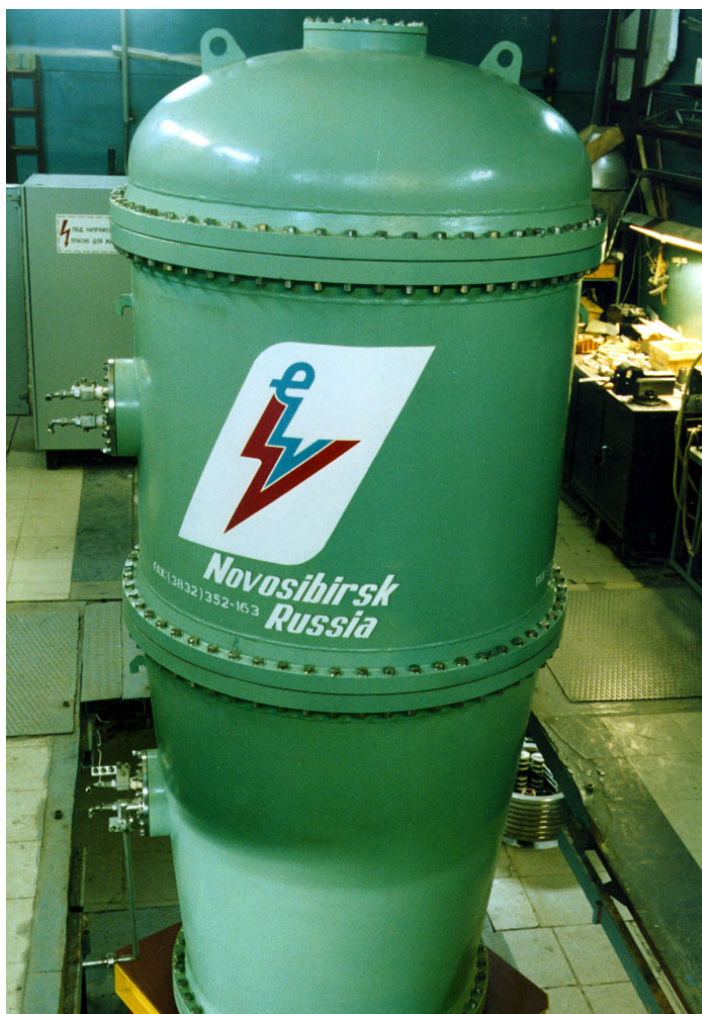


Рис.1. Ускоритель ЭЛВ-8

АН России ОАО «НП «ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ» стал испытательным полигоном для новых конструктивных решений в радиационной обработке кабельных изделий. Такое сотрудничество является взаимовыгодным.

Институт предлагает и обрабатывает новые технологические разработки, а завод посредством внедрения их, улучшает качество продукции и увеличивает производительность.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Технология радиационной модификации кабельной изоляции нашла широкое применение в промышленности. Использование такой технологии обеспечило выпуск широкого ассортимента кабелей, проводов и термоусаживаемых изделий для различных рынков: энергетических станций, телекоммуникаций, электроники, нефтяного сектора, атомных электростанций, подводных лодок и авиации. Во всех этих отраслях необходима высокая надежность как при монтаже, так и при работе в тяжелых условиях и нестандартных ситуациях.

Качество радиационной обработки зависит, как от самого ускорителя, так и от системы транспортировки изделий под электронным пучком в зоне облучения, от датчиков и приемников, синхронизации ускорителя и транспортного оборудования. Ускорители, поставленные в ОАО «НП» «ПОДОЛЬСКАКАБЕЛЬ» были одними из первых в серии ЭЛВ. В процессе эксплуатации, а особенно после 2000 г., проводилась модернизация, т.е. непрерывное улучшение как ускорителей, так и радиационно-технологического процесса. Сейчас мы используем наиболее современное оборудование и технологии для радиационно-электронной сшивки полимеров. Участок оборудован двумя ускорителями электронов с системами четырехстороннего облучения, двумя подпучковыми системами транспортировки. Они объединены в автоматизированные комплексы, которые помимо вышеуказанного оборудования включают в себя 6 отдающих и 6 приемных устройств. Такие автоматизированные комплексы обеспечивают безукоризненное качество радиационного модифицирования изоляции кабельных изделий в широком диапазоне от 0.12 кв.мм до 120 кв.мм токопроводящей жилы.

ЧЕТЫРЕХСТРОННЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ.

Четырехстороннее облучение является усовершенствованием технологии электронно – лучевой обработки кабельных заготовок. Новая технология была разработана ИЯФ в 2003 г. по запросу ОАО «НП» «ПОДОЛЬСКАКАБЕЛЬ». На этом же предприятии она была протестирована и запущена в непрерывную эксплуатацию на заводе. Это было сделано впервые в мире. На рис.1 приведен схематический вид устройства.

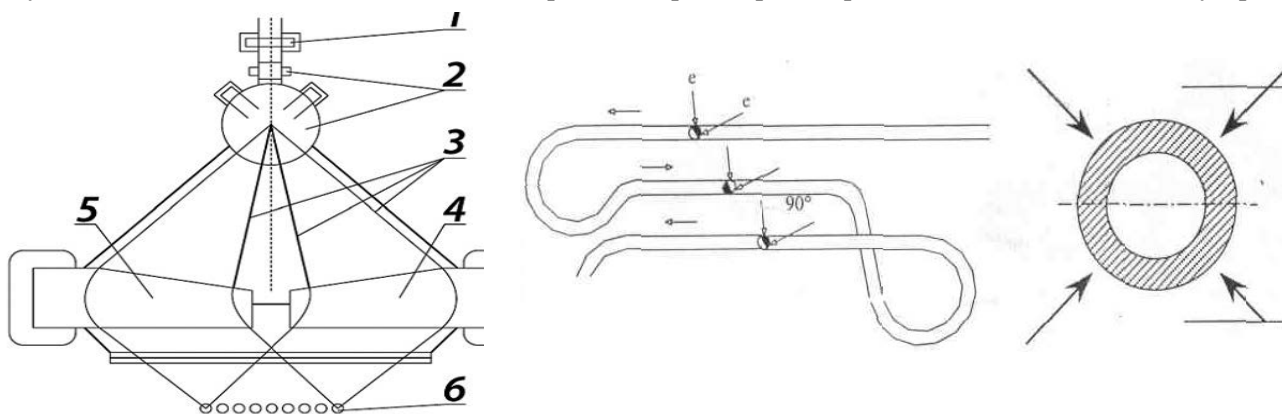


Рис. 2. Установка четырехстороннего облучения и принцип действия.

1 — магниты сканирования с переключающим магнитом; 2 — выпускное устройство; 3 — траектории электронов; 4 — правый поворотный магнит; 5 — левый поворотный магнит; 6 — облучаемая заготовка.

При движении через зону облучения кабель располагается таким образом, что при каждом повороте на большом барабане (изменении направления движения через зону облучения вперед и назад) верхняя и нижняя поверхности меняются местами. Электроны проникают в изоляцию под углом $\pm 45^\circ$ к вертикали. Таким образом, при 1 проходе (движении вперед и назад) кабель подвергается облучению с 4 сторон по азимутам $\pm 45^\circ$, $\pm 135^\circ$. Эта технология позволяет значительно улучшить качество лучевой обработки кабельных изделий. Одновременно с улучшенной азимутальной неоднородностью поглощенной дозы технология снижает требуемую величину энергии электронов и позволяет применить электронно-лучевую обработку для кабелей больших диаметров.

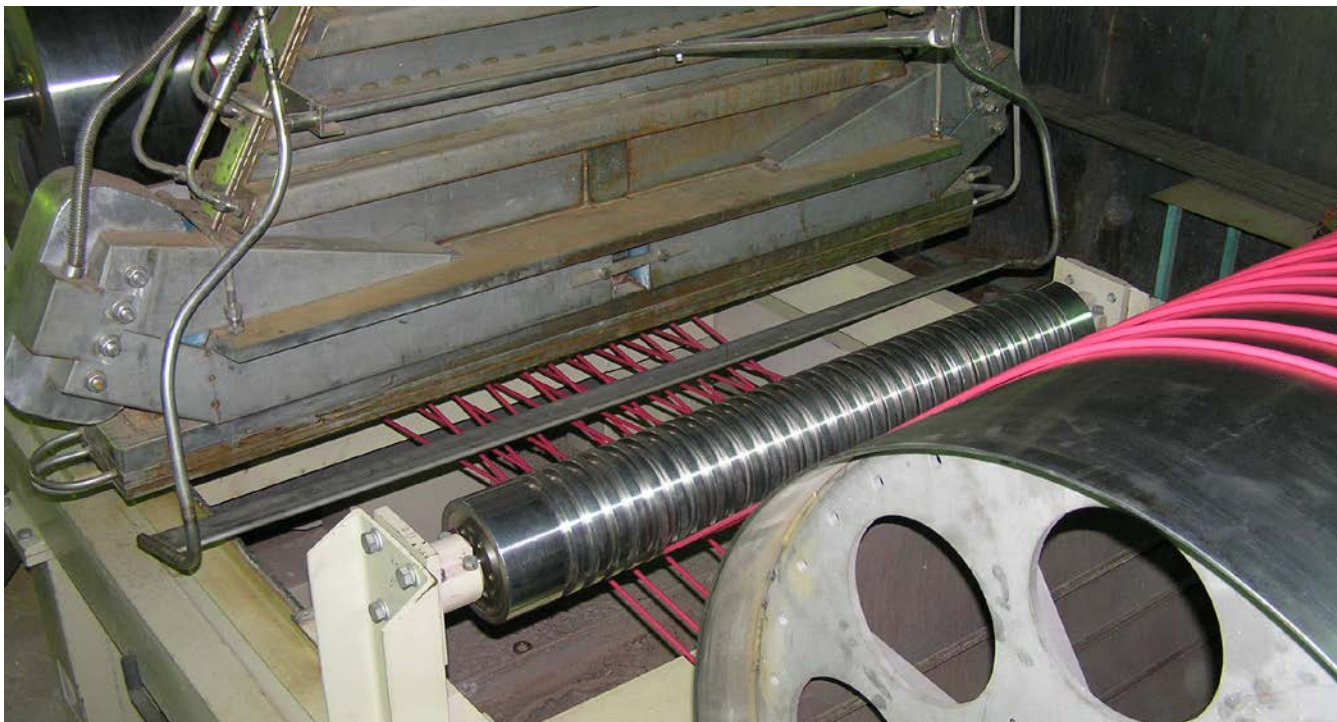


Рис3. Внешний вид доворачивающих магнитов системы 4-стороннего облучения

Новый метод полностью заменил стандартную 2-стороннюю обработку. Теперь оба ускорителя работают только по методу 4-стороннего облучения. Улучшились и качество, и производительность. Другие российские заводы вслед за нами используют четырехстороннее облучение для обработки кабелей для АЭС и нефтяной промышленности.

Рис. 4. Внешний вид обработки заготовки нефтепогружного кабеля.



ПОДПУЧКОВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

Подпучковая транспортная система (ПТС) – это универсальное устройство для прохождения кабеля через зону облучения. Оборудование состоит из 2 больших барабанов: ведущего и ведомого и набора малых роликов для раскладки кабеля. Основным преимуществом такой конструкции является уменьшение натяжения токопроводящей жилы во время транспортировки. Это преимущество достигается благодаря

замене большого числа пассивных роликов одним ведомым барабаном. В этом случае натяжение прикладывается параллельно ко всем кабелям, а не возрастает последовательно, как при использовании пассивных роликов. Частота оборотов электродвигателя задается при помощи системы управления ускорителем.

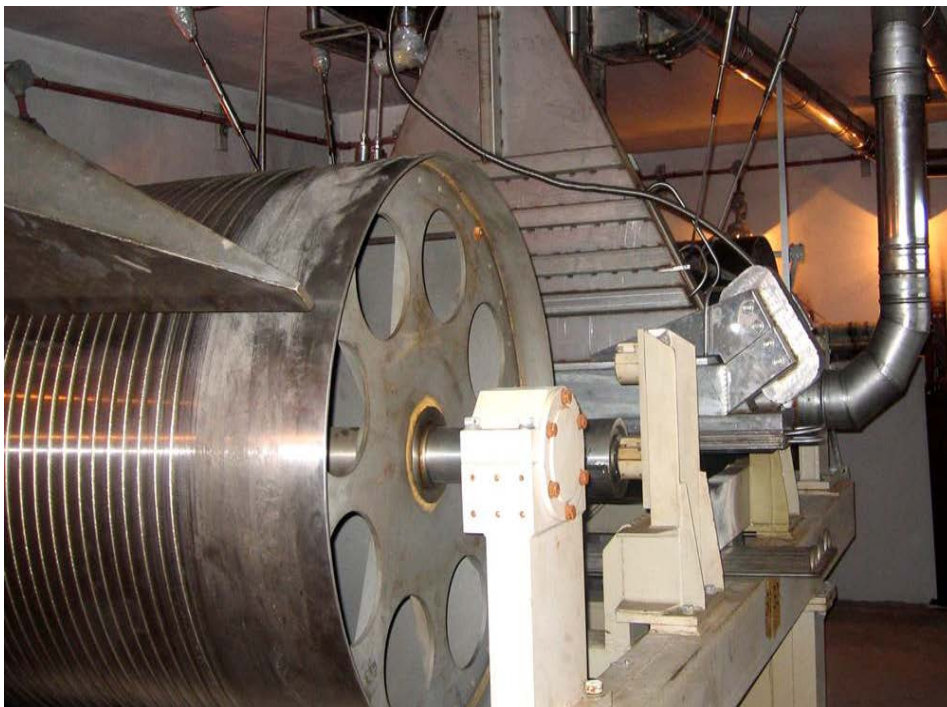


Рис.5. Подпучковая транспортная система

Привод имеет широкий динамический диапазон, чем обеспечивается пропорциональность между скоростью прохождения заготовки и током пучка электронов, т.е. обеспечивается постоянство дозы и происходит мягкий старт технологии. При скорости обработки от 10 до 300 м/мин нерегулярность поглощённой дозы не превышает $\pm 3\%$. Эксплуатационный опыт работы на Подольском кабельном заводе показывает успешное облучение заготовки в широком диапазоне сечений токопроводящей жилы от 0,12 до 120 мм².

При увеличении дозы в случае обработки специальных кабелей изоляция сильно нагревается. Чтобы избежать перегрева, радиационная обработка изоляции происходит несколькими этапами, барабан с кабелем облучается, далее охлаждается, а затем еще раз облучается. Для усовершенствования этой технологии, мы внедрили систему аэрозольного охлаждения, что позволило снизить кратность облучения, без перегрева заготовки. На рис.6 показана система аэрозольного охлаждения в стадии наладки.



Рис.6. Наладка системы аэрозольного охлаждения заготовки

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

На ОАО «НП «ПОДОЛЬСКАКАБЕЛЬ» впервые в России в 2006 г. были созданы автоматизированные комплексы. Разработчики и изготовители ускорителей ИЯФ им. Г. Будкера совместно со специалистами ВНИИКПМАШ г. Москва усовершенствовали датчики и приемники так, что скорость облучаемой заготовки являлась функцией тока пучка ускорителя и величины задаваемой дозы. В результате этой работы в период 2006-2007 гг. впервые в РФ были внедрены линии из 2 ускорителей и 6 технологических комплексов, с возможностью одновременной работы на двух и более комплексах. Системы управления ускорителя и технологического оборудования объединены. Ведущим является ускоритель, а технологическое оборудование – ведомым. Создание функциональной зависимости скорости облучаемой заготовки от тока пучка электронов, позволило достичь стабильности поглощенной дозы в любых переходных технологических режимах. Такой подход позволил достичь высочайшего качества кабеля так, что другие виды модифицирования изоляции как силановое или пероксидное, никак не могут конкурировать.

Автоматизированные комплексы П1-П6 увеличили технологическую скорость в 2 раза и более, в зависимости от вида облучаемой заготовки. Для одножильной заготовки практически устранен дефект удлинения токопроводящей жилы (ТПЖ), т.е. гарантирована продольная герметичность между ТПЖ и изоляцией обрабатываемой заготовки. В связи с созданием новой технологической схемы, устранена вероятность загрязнения облучаемой заготовки продуктами радиолиза.

Значительно сократилась численность обслуживающего персонала. Больше нет необходимости нахождения оператора около пульта управления ускорителем. В технологическом зале установили систему контроля параметров процесса через мониторы. Информация о процессе подается на монитор, где непрерывно отображаются – энергия, ток пучка, скорость линии, остаток кабеля на барабане и время до его окончания. Это показано на рис. 7.

Высокое качество обработки заготовки кабельных изделий, подтверждено эксплуатацией кабеля в экстремальных условиях нефтяной промышленности и других областях спецтехники.



Рис.7. Монитор информации текущего технологического процесса

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ

Ускорители работают непрерывно - по 3 смены в сутки. Пучок электронов создает агрессивную среду, в которой присутствуют озон, окислы азота, азотная кислота. Поэтому проблемы, в основном,

возникают в зале облучения (технологических камерах). Пробег электронов с энергией 1 Мэв в воздухе составляет примерно 5 метров, т.е. рассеянные электроны распространяются далеко от зоны облучения заготовки. Поэтому происходит не только химическая коррозия, но и повреждение поверхностей рассеянными электронами. При своевременной периодической чистке конструкции и замене узлов ускорителя, срок службы составляет около 20 лет. Конечно, периодически должен проводиться upgrade системы управления из-за морального старения элементной базы.

Эти инновационные разработки требовали больших инвестиций. Но, эти расходы оправданы, благодаря улучшению качества продукции и повышению производительности, а следовательно и снижению ценовых издержек.

В настоящее время предприятие продолжает сотрудничество с учеными ИЯФ им. Г.И.Будкера, НПФ «ПРОГРЕСС» г.Санкт-Петербург и Ленинградского электротехнического института совместно с которыми ведутся работы по модернизации систем контроля герметичности вакуумных узлов ускорителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электронно–лучевые технологии широко используются в промышленности. Сотрудничество между промышленным предприятием и научно – исследовательскими институтами является крайне плодотворным для обоих партнеров.

Представители завода совместно с учёными ИЯФ им. Г.И. Будкера неоднократно выступали с докладами об инновационных технологиях на международных конференциях в Болгарии, Великобритании, Канаде, России.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.В. Аксамирский, Н.К. Куксанов, А.Б. Машнин, П.И. Немытов, Р.А. Салимов. Система четырёхстороннего облучения электронами кабельных и трубчатых изделий, Электротехника, 1997, № 7, с. 46—51.
2. R.A. Salimov, V.G. Cherepkov, J.I. Colubenko, G.S. Krainov, N.K. Kuksanov. D.C.high power electron accelerators of ELV-series: status, development, applications. Radiation Physics and Chemistry, 57 (2000), 661—665.
3. Н.И. Громов, В.Г. Ванькин, А.И. Ройх, С.П. Лыщиков, М.Н. Степанов, ОАО «НП «Подольсккабель»; А.В. Бублей, М.Э. Вейс, Н.К. Куксанов, В.Е. Долгополов, А.В. Лаврухин, П.И. Немытов, Р.А. Салимов, ИЯФ им. Г. Будкера. Усовершенствованный пром. ускоритель электронов для облучения кабельной изоляции, «Кабели и Провода», 2004, № 4, с. 16.
4. А.И.Ройх, М.Н. Степанов К 30-летию радиационных технологий на ОАО «НП «Подольсккабель», АТОМНЫЙ ПРОЕКТ, 2012, № 67, с. 68-69.
5. А.И.Ройх, М.Н. Степанов К 30-летию радиационных технологий на ОАО «НП «Подольсккабель», КАБЕЛЬ-news №1, 2012
- 6.М.Н.Громов, А.И. Ройх, М.Н.Степанов, Н.И.Козлов, Ю.В.Сентябрев, А.Воронов «Модернизация откачного поста ускорителя электронов ЭЛВ-8 на ОАО НП «Подольсккабель»», В мире НК. 2017. Т. 20. №4, с.46-47

Сведения об авторах:

от ОАО НП ПОДОЛЬСККАБЕЛЬ

Председатель Совета директоров к.э.н. - Громов Николай Иванович,
Генеральный директор - Громов Михаил Николаевич,
Изам. Генерального директора,технический директор - Ройх Александр Иосифович,
Начальник участка радиационной обработки монтажных проводов (РОМП) - Степанов Михаил Николаевич.

от ИЯФ им Г. И. Будкера

Зав лаб. Профессор д.т.н. - Куксанов Николай Константинович,
Г.Н.С. Профессор д.т.н. - Салимов Рустам Абелевич.