УДК 621.98.044.7

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МНОГОЖИЛЬНЫХ МЕДНЫХ ПРОВОДОВ С КАБЕЛЬНЫМИ НАКОНЕЧНИКАМИ ДЛЯ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНИКИ

[1]Ю.И. Кривонос, [1]А.В. Кебец, [1]Т.Ю. Бучик, [2]В.В. Рудый, [2]Ю.В. Носович

[1]Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

[2]ОАО «БелАЗ» г. Жодино, Беларусь

Предложена энергосберегающая и экологически безопасная технология сборки импульсным магнитным полем (ИМП) многожильных медных проводов с кабельными наконечниками для карьерной техники, работающей в условиях воздействия агрессивных сред, а также позволяющая снизить материальные и производственные расходы.

An energy-saving and environmentally friendly technology of assembling, using pulse magnetic field, of multifilament copper wire with cable lugs for quarry machinery working under the impact of aggressive media and allowing decreasing material and operating costs has been proposed.

Электрические проводные сети машин, работающих в карьерах добычи полезных ископаемых, подвергаются воздействию различных химических элементов и их соединений, вызывающих эрозию, потерю первоначальной проводимости и подгорание контактов особенно в местах соединений электропроводов с узлами машин с помощью кабельных наконечников.

Одним из традиционных способов защиты соединений многожильных медных проводов является пайка и покрытие кабельного наконечника оловянно - свинцовистым припоем.

В существующей производственной практике оснащения большегрузных карьерных самосвалов силовыми проводами сечением от 70 до 300 мм^2 используются конструкции не стандартных законцовок, представленных на рис. 1.

Варианты конструкций сборок А, Б, Г в виде участков многожильного медного провода, очищенного от изоляции, с надетой на него тонкостенной медной трубкой, которые обжимаются в штампе с формообразованием плоских контактных площадок, пробивкой отверстий и обрезкой торца на радиус.

После механической обработки сборки наконечник опускали в ванну с расплавленным припоем Sn – Pb, которым заполняли пустоты между трубкой и проводом и зазоры между жилами провода, а так же покрывали наружную поверхность наконечника.

Варианты законцовок кабелей конструкций Е, Ж, И изготавливают из листовой меди толщиной 2–3 мм вырубкой развертки в штампе, гибкой, сваркой и пробивкой отверстий. Сборка этих наконечника с проводом осуществляется без механического обжатия пайкой расплавом припоя. Расход припоя при этом наибольший.

К основным недостаткам используемой технологии относятся:

– повышенный расход припоя на заполнение пустот, составляющих до 20 % площади сечения провода, особенно в вариантах Е, Ж, И;

– низкая механическая и температурная прочностью сборки, ограниченная пределом прочности и температурой плавления припоя;

– неполная пропитка припоем внутренней области проводов сечением 120–300 мм^2, в виду быстрого затвердевания припоя в наружных слоях провода в результате высокой теплопроводности меди.

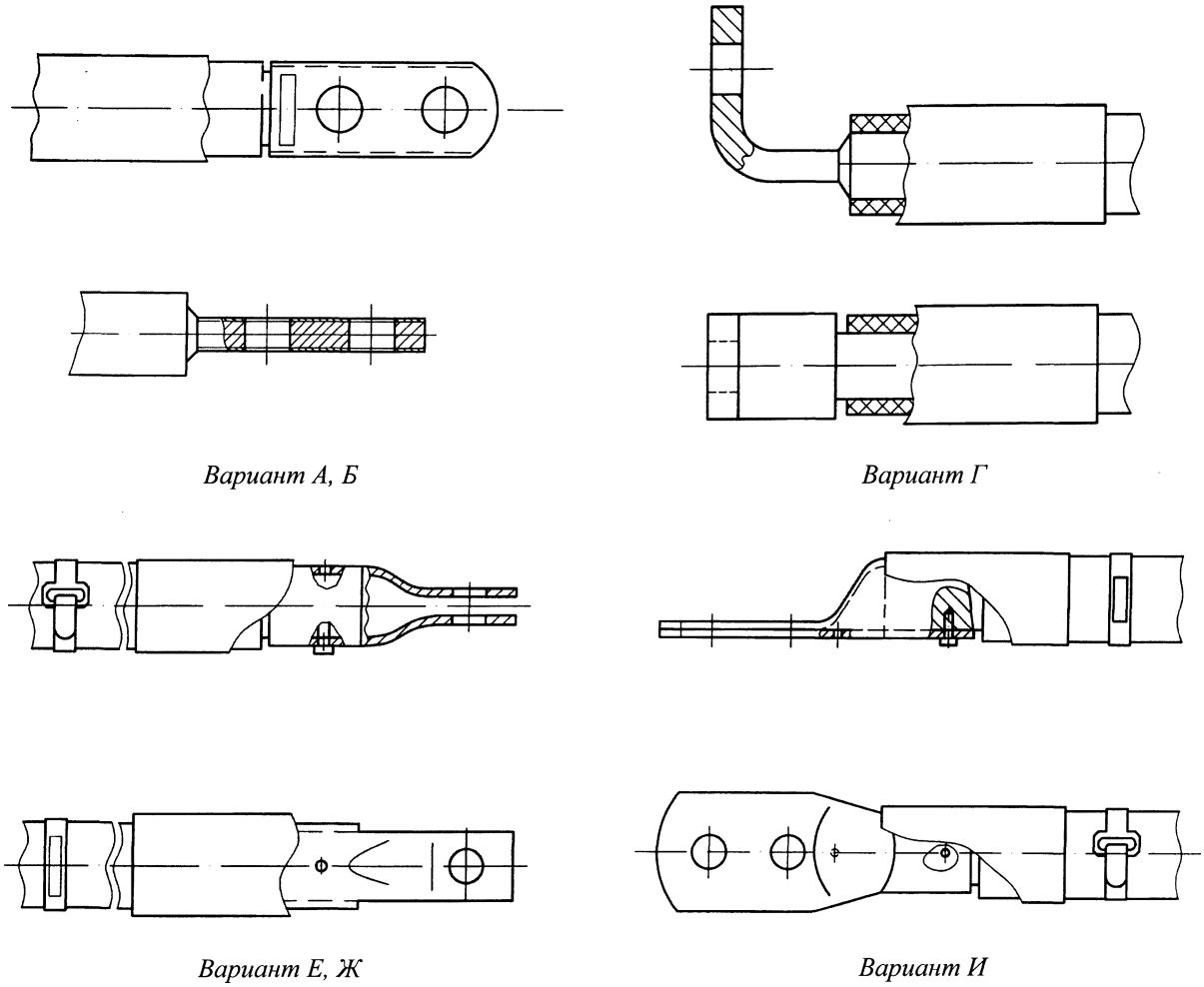

Рис. 1. Варианты конструкции кабельных наконечников

Наличие внутренних пустот в центре наконечника после пропитки припоем постепенно приводит к ослаблению степени болтовой затяжки сборки и требует, рекомендуемой инструкцией, периодической «подтяжки» в процессе эксплуатации автомобиля, во избежание потери проводимости и пригаров (искрений) в контактах.

Серьезным недостатком действующей технологии следует отнести нарушение экологической безопасности при использовании открытой ванны с расплавленным припоем, содержащим свинец, в заводских условиях производства, что не соответствует требованиям международных стандартов для защиты здоровья и окружающей среды (R0HS №2002/95EC).

В значительной степени эти недостатки можно устранить применением технологии магнитно-импульсной обработки (МИОМ) путем использования схемы радиального обжима тонкостенной трубчатой оболочки на многожильный провод [1, 2].

На рис. 2 показан типовой многовитковый индуктор для опрессовки тонкостенной медной трубки Ø 20×1, длиной 55 мм на магнитно-импульсной установке (МИУ).

Провод с надетой на оголенный конец медной трубкой наконечника вставляют во внутрь индуктора до упора, определяющего расположение трубки под витками спирали индуктора.

Индуктор подключается к выводам магнитно-импульсной установки. При разряде емкостного накопителя установки по виткам спирали индуктора проходит импульс тока, генерирующий магнитное поле, которое создает радиальное усилие на трубчатый наконечник.

Высокое давление, возникающее при радиальном деформировании импульсным магнитным полем (ИМП) трубчатой оболочки со скоростью более 100 м/с, вызывает пластическое течение жил провода и заполнение пустот между ними, обеспечивая 100 % плотность сечения провода в наконечнике. Последующая формовка контакт-

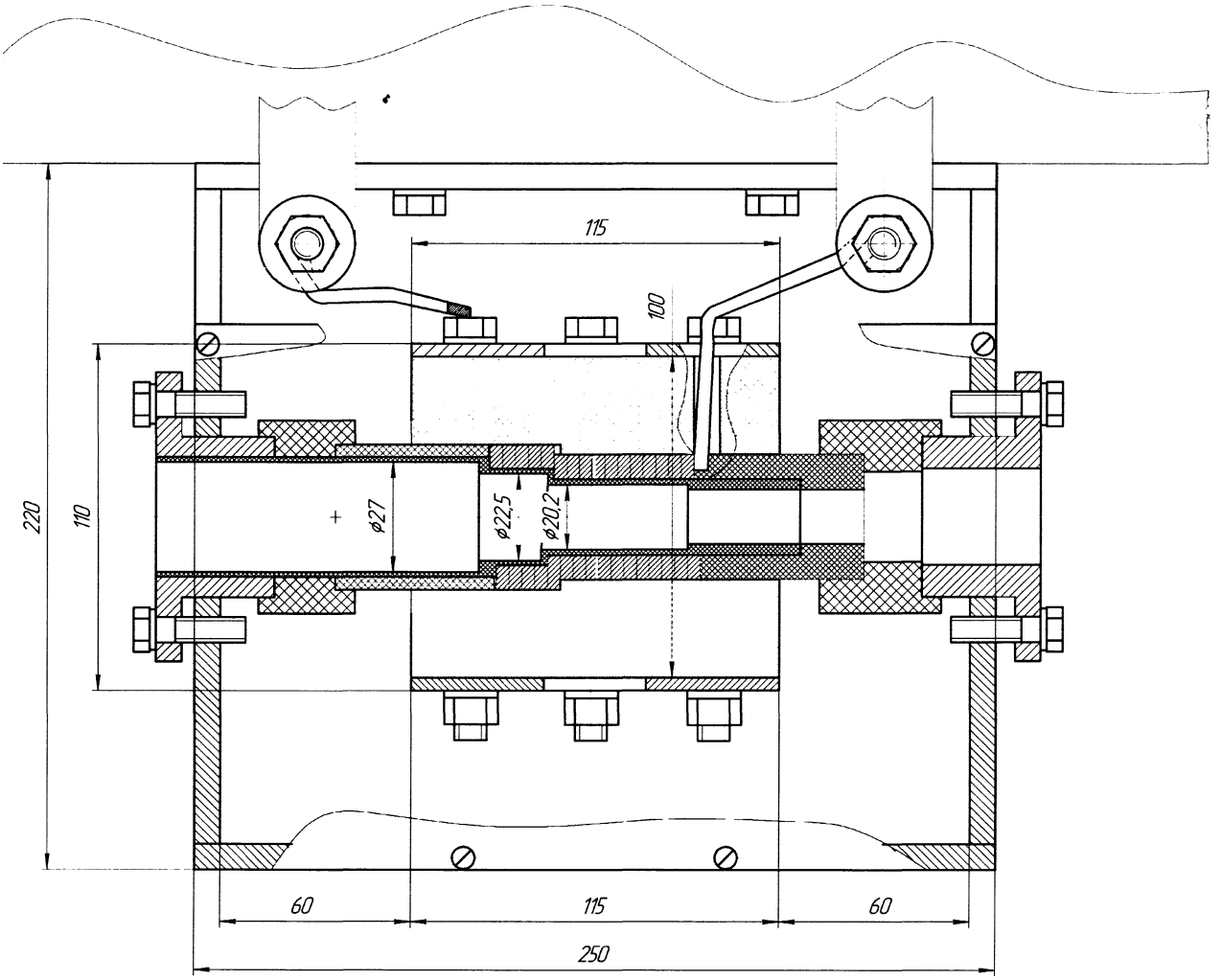

Рис. 2. Многовитковый индуктор

ных площадок и пробивка отверстий не нарушают сплошности сечения. При этом отпадает необходимость в пропитке соединения припоем для защиты от агрессивной внешней среды.

Сравнительные измерения контактного сопротивления сборок по действующей технологии и сборок наконечников ИМП на приборе АМ-3123 показали снижение значения электросопротивления во втором случае в 1,5–3 раза.

Испытания прочности сборок на разрыв, обжатых на магнитно-импульсной установке, показали ее соответствие механической прочности провода.

Переход на новые конструкции и технологию сборки законцовок силовых проводов позволяет:

– сократить или полностью отказаться от использования Pb–Sn припоя и ликвидировать вредные для здоровья цеховые участки пропитки кабельных наконечников, повысить экологическую чистоту производства;

– многократно до 20 раз снизить расход электроэнергии, затрачиваемой на нагрев припоя в ванне и поддержание его в жидком состоянии;

– сократить в 1,5–2,5 раза расход меди на наконечники для сечений проводов от 70 до 300 мм^2 в результате перехода на использование тонкостенных трубок толщиной 1–1,5 мм по сравнению со стандартными наконечниками по ГОСТ 7386–80, а также при использовании вариантов Е, Ж, И, изготавливаемых из листовой меди толщиной 3 мм;

– в 5–10 раз снизить стоимостью наконечников, изготавливаемых предприятием из тонкостенных медных трубок, по сравнению с закупкой готовых кабельных наконечников по коммерческой цене;

– значительно сократить число операций подтяжки контактов в процессе эксплуатации самосвалов.

Реализация новой технологии на предприятии осуществлена путем организации участка МИОМ,

оснащение его магнитно-импульсной установкой МИУ-20 (рис. 3) энергоемкостью 20 кДж с максимальным напряжением заряда 20 кВ.

Изготовлены опытные партии силовых проводов сечением 120 мм^2 в сборе с кабельными наконечниками из трубок Ø 20×1, обжатыми на провод импульсным магнитным полем энергией 7,2 кДж в количестве 100 шт. (рис. 4), которые проходят эксплуатационные испытания на серийных самосвалах в карьерах с различными видами добываемых ископаемых при различных климатических условиях.

Внедрение разработанной технологии сборки кабельных наконечников с силовыми проводами импульсным магнитным полем позволит повысить прочностные и электропроводные свойства, температурную стойкость кабельных законцовок, многократно снизить энерго- и материальные затраты, устранить использование пайки оловянно-свинцовистым припоем, обеспечить экологическую безопасность производства.

Рис. 3. Магнитно-импульсная установка МИУ-20

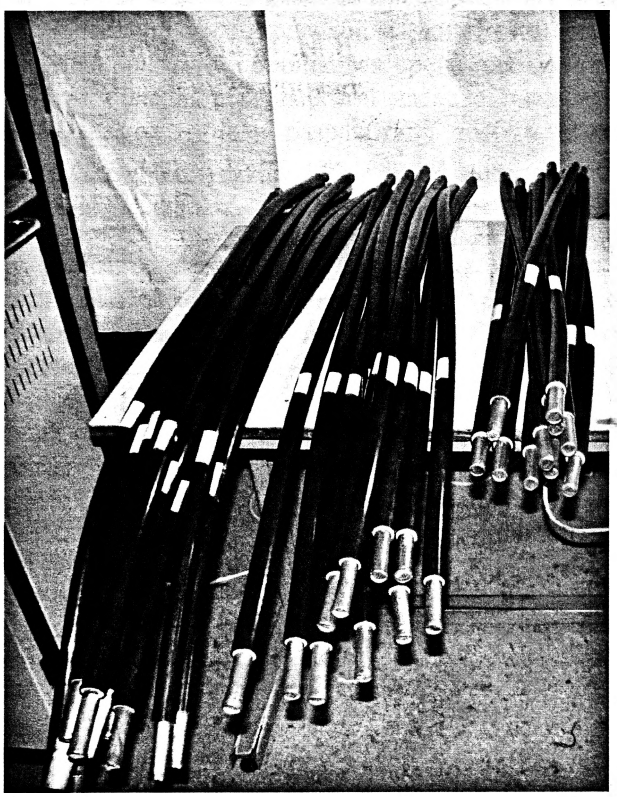

Рис. 4. Опрессовка на провод ППСРМ 1500 кабельных наконечников на МИУ-20

Список использованных источников

1. Дмитриев В.В., Лившиц Ю.Я., Розин В.И. Магнитно-импульсная обработка деталей электротехнического производства // Кузнечно-штамповочное производство.– 1984. – № 7. – С. 8–9.
2. Курлаев Н.В., Гулидов А.И., Юдаев В.Б., Рынгач Н.А., Покалюхин Ю.С., Мишуков А.В. Численное моделирование процесса сборки наконечников с электрожгутами давлением импульсного магнитного поля // Кузнечно-штамповочное производство.– 2001. – № 8. – С. 38–42.