

**Горобец Анатолий Владимирович,**  
магистрант, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: impuls\_angarsk@mail.ru  
**Филиппова Тамара Матвеевна,**  
к.х.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: ripr@angtu.ru

## **АЛЮМИНИЙ КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ МОНТАЖА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ**

**Gorobets A.V., Filippova T.M.**

### **ALUMINUM AS MATERIAL FOR INSTALLING AN ELECTRICAL CABLE**

**Аннотация.** Рассмотрены характеристики «Катанки из алюминиевых сплавов марок 8176 и 8030», изготовленная способом непрерывного литья и прокатки, или совмещенным способом непрерывного литья и прокатки-прессования, предназначенная для изготовления проволоки электротехнического назначения.

**Ключевые слова:** электрический проводник, алюминиевый сплав, кабель медный, проволока из алюминия.

**Annotation.** «Rolled wire from aluminum alloys of grades 8176 and 8030», manufactured by continuous casting and rolling, or by the combined method of continuous casting and rolling-pressing, designed for the manufacture of wire for electrical purposes, was developed and adopted for use.

**Keywords:** electric conductor, aluminum alloy, copper cable, aluminum wire.

Долгое время алюминий является стандартным материалом для электрических проводников при передаче электрической энергии от всех электростанций и буквально до входа в дом или квартиру. Он применяется, таким образом, более ста лет. Высоковольтные провода на опорах – это всегда алюминиевые проводники электрического тока за счет их малого удельного веса. Алюминий дает возможность применять в два раза меньше опор, чем медь. Кроме того, от подстанций до распределительных трансформаторов алюминиевые кабели также являются стандартными проводниками, как для воздушных, так и для подземных сетей. В многоквартирных домах все не так однозначно. Для монтажа электрической проводки по квартирам длительное время применяли алюминиевый кабель типа АДОЕ и 1350 [3]. Эти марки перестали использовать в качестве стандартной внутренней проводки зданий в 60-70 г.г. прошлого века из-за проблем, которые увеличивали риск возгорания, что в итоге приводило к плачевным последствиям (рис. 1).



Рисунок 1 - Возможные проблемы алюминиевой электропроводки

В соответствии с нормативным документом «Правила устройства электроустановок» в 7-ой редакции от 2002 г. (ПУЭ-7) алюминиевый кабель в РФ был запрещен как вид электропроводки в жилищном строительстве. И для внутренней проводки зданий и помещений главным материалом стали применять медь [1].

В настоящее время Ассоциацией «Объединение производителей, поставщиков и потребителей алюминия» (Алюминиевая ассоциация), Обществом с ограниченной ответственностью «Объединенная компания РУСАЛ Инженерно-технологический центр» (ООО «РУСАЛ ИТЦ») разработан и принят к использованию Техническим комитетом по стандартизации ТК 099 «Алюминий» ГОСТ Р 58019-2017 «Катанка из алюминиевых сплавов марок 8176 и 8030» [2]. Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».

Настоящий стандарт распространяется на катанку из алюминиевых сплавов марок 8176 и 8030, изготовленную способом непрерывного литья и прокатки, или совмещенным способом непрерывного литья и прокатки-прессования, предназначенную для изготовления проволоки электротехнического назначения [3].

Новые сплавы, по заявлению производителей, имеют другую кристаллическую решетку и позволяют производить алюминиевую проводку шестого класса гибкости (как у меди). Химический состав алюминиевых сплавов приведен в табл. 1, 2.

Таблица 1

Химический состав материала АД0Е (другое обозначение 1011Е)  
ГОСТ 4784-97(%)

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	B	Zn	Примесей	-
до 0.4	до 0.1	до 0.01	до 0.01	до 0.05	min 99.5	до 0.05	до 0.05	до 0.05	прочие, каждая 0.03; всего 0.1	V+Ti < 0.02

Таблица 2

Химический состав материала 1350 (другое обозначение АД 35)  
ГОСТ 4784-97(%)

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Mg	Cu	Zn
до 0.5	До 0.7-1,3	до 0.4-1	До 0.25	До 0.1	остаток	До 0.6-1.2	До 0.1	до 0.2

Химический состав алюминиевых сплавов 8176 и 8030 по ГОСТ Р 58019 - 2017 [2] приведен в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав алюминиевых сплавов 8176 и 8030 (%)

Марка катанки	Массовая доля, %, не более										
	Al	Основных компонентов		Примесей						Прочих компонентов, не более	
		Fe	Cu	Si	Mg	Cu	Zn	Ga	Сумма: Ti, V, Cr, Mn	каждого	все го
8176	основа	00,40-0,50	--	00,07	00,02	00,01	00,04	00,01	00,015	00,03	00,15
8030	основа	00,35-0,45	00,15-0,19	00,07	00,02	--	00,04	00,01	00,015	00,03	00,10

Характеристика марок 8176 и 8030 в сравнении с марками АДОЕ и 1350:

– Ползучесть выше.

Ползучесть – процесс медленного и непрерывного нарастания остаточной деформации при постоянной температуре и постоянном напряжении, меньшем предела текучести. Алюминий марки АДОЕ (1350) под постоянной нагрузкой в контактном соединении проявляет ползучесть, что приводит к ослаблению электрического контакта.

Этот недостаток был устранён в сплавах 8030 и 8017, имеющих более высокую стойкость, которая близка к ползучести, обладаемой медными жилами. Достигается, в основном, за счет повышенного содержания железа (до 0,8 %).

– Пластичность ниже.

Проволоку из алюминия 1350 применяли в алюминиевой проводке в полностью нагартованном состоянии Н19. В этом состоянии предел прочности лишь незначительно превышает предел текучести, а относительное удлинение составляет всего 1,5 - 2 %. С этим связана «хрупкость» этой алюминиевой проволоки и ее чувствительность к надразам и вмятинам (рис. 2).

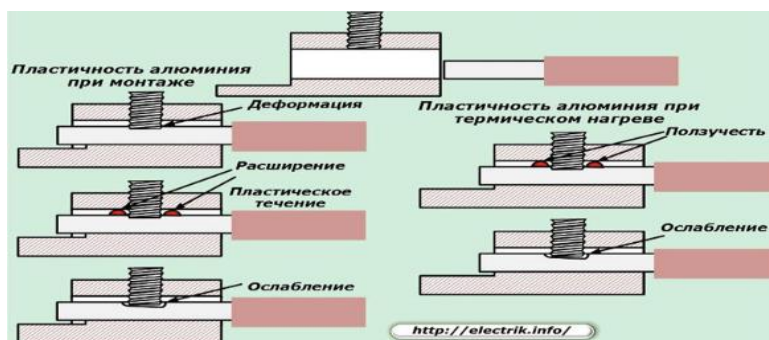


Рисунок 2- Пластические свойства Al проводов

Алюминиевые жилы из сплавов 8030 и 8176 имеют более прочное состояние (благодаря применению промежуточного отжига), что дает относительное удлинение не менее 10 % (рис. 3).

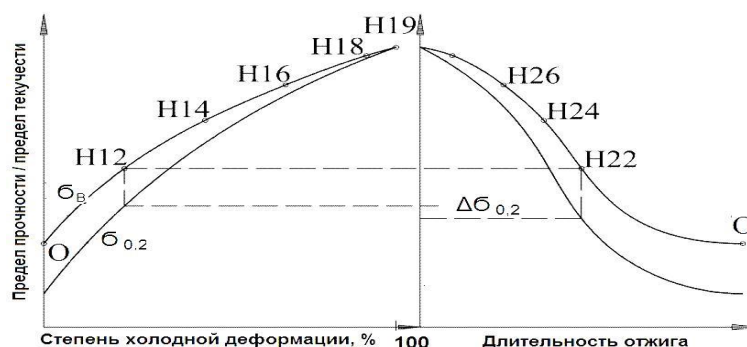


Рисунок 3- Изменение пределов прочности и пластичности при отжиге алюминия [4]

При монтаже алюминиевой проводки возникал ряд проблем:

- Температурное расширение увеличивается.

Алюминий при нагреве расширяется в большей степени, чем другие материалы, которые находятся вместе с ним в контактном соединении, например, латунь или сталь. Это вызывает температурные напряжения и часто пластические деформации, что приводит к уменьшению площади контакта и к еще большему его нагреву [5]. Коэффициент температурного расширения алюминия практически не зависит от легирующих элементов или технологии.

Для компенсации повышенного температурного расширения алюминиевой проводки научились применять специальные контактные устройства из материалов, близких по температурному расширению [4].

Для алюминиевой проводки не применимы «вставные контакты», когда провод вставляется в контактное устройство. Вместо этого можно использовать соединение «методом сжима». Он может быть нескольких видов – болтовой, винтовой (первые два используются только при помощи специальной насадки) или же при помощи прижимной пружины, используемой в клеммах фирмы Wago (рис. 4).

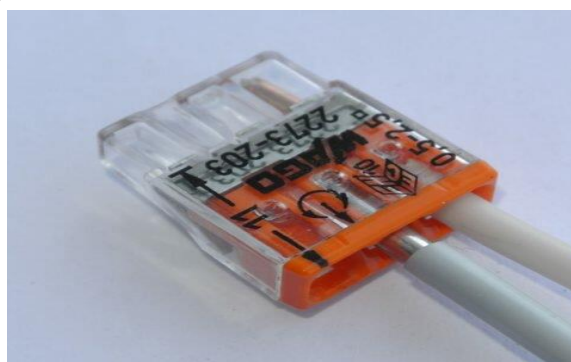


Рисунок - 4. Прижимная пружина Wago

- Окисление поверхности контакта:

Свежая поверхность алюминиевого провода очень быстро покрывается пленкой оксида алюминия, который является электрическим изолятором. Толщина этой пленки зависит от температуры и влажности окружающей среды. Для того чтобы получить максимально хорошее соединение, лучше удалить оксидный слой с поверхности алюминиевого проводника и нанести на него токопроводящую пасту.

- Гальваническая коррозия в контакте с латунью и сталью:

Материалами, которые применяются в контактном соединении с алюминием, могут оказаться другие металлы, например, сталь или латунь. При наличии влаги это может приводить к образованию гальванической пары и вызывать электрохимическую коррозию алюминия, соответственно – перегрев контактного соединения. Данная проблема решена с помощью применения специальных контактных устройств из материалов, не вызывающих гальванической коррозии алюминия, а также использования специальной контактной смазки.

- Подключение алюминия к автоматам:

У выключателей, контакторов, пускателей, реле напряжений, УЗО, тех же клеммных колодок контакты изначально идут если не из меди, то, по крайней мере, из латуни. Если напрямую соединить такой контакт: медь-алюминий: латунь-алюминий, то получается гальваническая пара с образованием оксидов и дальнейшим нагревом в месте соединения. Для устранения этой проблемы применяют переходные медно-алюминиевые гильзы (ГАМ), с сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>. Однако такие гильзы не предусмотрены на сечения: 2,5 мм<sup>2</sup>; 4 мм<sup>2</sup>; 6 мм<sup>2</sup>, которые являются самыми ходовыми при монтаже. Проблема снята простым техническим решением, позволяющим соединять провода зажимами типа «орех» (рис. 6 а, б). В конструкции зажима используется латунная разделительная пластина.



Рисунок 6 а - Соединение проводов зажимами типа «орех»



Рисунок 6 б - Соединение проводов зажимами типа «орех»

После внесения соответствующих изменений в состав сплава алюминиевый кабель стал годным для использования (приказ от 19 сентября 2018 года № 588/пр. об утверждении Изменения №2 к СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа») и активно применяется в РФ с 20 марта 2019 г.[6].

Данное новшество позволяет использовать провода из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 в электропроводке при строительстве жилых зданий и строений общего пользования при условии, что сечение токопроводящих медных жил и жил из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019 не менее указанных в табл. 4.

Таблица 4

Наименьшие сечения токопроводящих медных жил и жил из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019 [6]

Наименование линии	Наименьшее сечение токопроводящих жил кабелей и проводов, мм <sup>2</sup>
Линии групповых сетей	2,5
Линии от этажных щитков до квартирных и к расчетному счетчику	4,0
Линии распределительной сети (стояки) для питания квартир	6,0

Известны материалы [6] о соединении медных жил и жил из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019 с контактами электроустановочных изделий, аппаратов защиты, управления, сигнализации и счетчиков. Они должны соответствовать требованиям ГОСТ 10434, ГОСТ 17441 и стандартов на конкретные установочные изделия и коммутационные устройства.

При выполнении электрических сетей кабелями и проводами с жилами из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019 электроустановочные изделия (розетки, выключатели, зажимы контактные, зажимы винтовые с прижимной планкой от автоматических выключателей) должны иметь маркировку, указывающую на возможность присоединения кабельных изделий как с

медными жилами, так и с жилами из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019.

Для обеспечения надежности контактных соединений в распределительных коробках следует осуществлять соединение токопроводящих жил из сплавов алюминия марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019 при помощи винтов или алюминиевых гильз, методом опрессовки или использовать сварку.

При монтаже ответвляемых кабелей с жилами из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019 должны применяться сжимы с оцинкованными контактами.

При выполнении соединений в электропроводках с токопроводящими жилами из сплавов алюминия марок 8030 и 8176 по ГОСТ Р 58019, если тип электроустановочных изделий содержит медные или латунные контакты, для обеспечения стабильности контактного соединения следует применять электропроводящие смазки.

Таким образом, алюминиевые провода являются конкурентно способными в сравнении с медными. Да, они сложнее в использовании и требуют проведения технического обслуживания не реже, чем 1 раз в 2 года, но себестоимость строительства зданий с его использованием значительно снижается, что является огромным плюсом в пользу кабеля из алюминиевых сплавов марок 8030 и 8176.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
2. ГОСТ Р 58019-2017. Катанка из алюминиевых сплавов марок 8176 и 8030.
3. Кабели силовые с токопроводящими жилами из сплавов алюминия для электропроводок в жилых зданиях / Каменский М.К., Недайхлиб Т.А., Фрик А.А. – Кабели и провода – № 3, 2018.
4. Design of Aluminium structures: Selection of Structural Alloys Structural Design according to Eurocode 9 /R. Gitter – EUROCODES: Background and Applications, 2008.
5. Evaluation of Aluminum Cable / Breck Booker, Southwire – 2011.
6. Изменение № 2 к СП 256.1325800.201677