



УДК 621.79

Поступила 11.04.2016

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОЦИНКОВАННОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ МЮЗЛЕ (ПРОВОЛОКА ДЛЯ ЗАКУПОРКИ БУТЫЛОК)

SPECIFIC FEATURES OF TECHNOLOGY OF MANUFACTURING A ZINC-COATED TUB WIRE FOR MUZZLE (BOTTLE' HOOD WIRE)

Д. Б. ЗУЕВ, политехнический колледж, г. Магнитогорск, Россия, пр. Ленина, 22, Тел. +7-906-850-0717

D. B. ZUEV, Polytechnical College, Magnitogorsk, Russia, 22, Lenin ave., Tel. +7-906-850-0717

В статье представлены основные технические характеристики оцинкованной низкоуглеродистой проволоки для мюзле (проволока для закупорки бутылок), согласующиеся с эксплуатационными требованиями к проволоке при изготовлении и применении мюзле. Отмечены основные критерии при выборе марки стали и при назначении режимов технологического процесса.

The paper presents the main technical specifications of galvanized low carbon wire for muzzles (bottle' hood wire), consistent with the exploitation requirements to the wire in the manufacture and use of muzzles. The main criteria when selecting the steel grade and upon selection of the technological processes are given.

Ключевые слова. Оцинкованная проволока для мюзле, горячее цинкование, гальваническое цинкование, рекристаллизационный отжиг, старение, временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, масса цинкового покрытия.

Keywords. Zinc-coated wire for muzzles, hot-dip galvanizing, zinc plating, recrystallization annealing, aging, ultimate tensile resistance, relative elongation, mass of zinc coating.

Мюзле – это металлическая составная часть пробки, используемой для закупоривания бутылок с игристыми винами и шампанским. Мюзле (рис. 1) представляет собой проволочный каркас или уздечку, предназначенную для удержания пробки в бутылке. Из рисунка видно, что проволока при изготовлении мюзле подвергается скручиванию в «косичку», что возможно без разрушения только лишь при достаточно высокой пластичности проволоки.

Понятно, что проволока ни при изготовлении мюзле, ни при закупоривании бутылки, ни при последующем хранении и транспортировке бутылок не должна разрушаться. В первом случае либо снижается производительность процесса изготовления мюзле, либо этот процесс становится невозможным. Во втором случае безвозмездно теряется содержимое бутылки. В процессе хранения и транспортировки закупоренных бутылок причиной разрушения может оказаться коррозия проволоки, при воздействии которой уменьшается рабочее сечение проволоки и, как следствие, ее сопротивление разрыву. С целью исключения этого опасного воздействия окружающей среды на проволоку наносится антикоррозионное цинковое покрытие.

Анализ эксплуатационных требований к мюзле показывает, что проволока для его изготовления должна обладать достаточной прочностью, высокой пластичностью и коррозионной стойкостью. Кроме того, с целью обеспечения стабильной работы оборудования для изготовления мюзле отклонение диаметра проволоки от номинального значения строго регламентировано.

Конкретные параметры указанных свойств проволоки для мюзле, согласованные с потребителем, зафиксированы в разработанных ОАО «НИИМетиз» технических условиях ТУ 1211-006-00190519-2004: номинальный диаметр проволоки с покрытием – 1,0 мм; предельные отклонения по диаметру не



Рис. 1. Мюзле

должны превышать $\pm 0,02$ мм; временное сопротивление разрыву должно быть в пределах 30–42 кгс/мм²; относительное удлинение на базе 100 мм должно быть не менее 18%; масса цинкового покрытия должна быть не менее 35 г/м²; покрытие должно выдерживать одно погружение в раствор сернокислой меди на 60 с; цинковое покрытие должно быть прочным и не должно растрескиваться и отслаиваться при скручивании двух параллельных проволок в «косичку» на базе 100 мм; число оборотов при скручивании не менее 12.

Сплошность цинкового покрытия на проволоке проверяется путем погружения испытуемого образца проволоки в раствор медного купороса, приготовленный в соответствии с рекомендациями ГОСТ 3282-74. Если после установленного числа и времени погружения в раствор на поверхности образца проволоки окажутся участки, покрытые медью, не сходящие после протирания образца ватой или чистой тканью, то образец считается не выдержавшим испытания. Нарушение сплошности цинкового покрытия недопустимо для проволоки, предназначенной для изготовления мюзле. Этот дефект может привести, в конечном итоге, к возникновению коррозии проволоки и разрушению мюзле в процессе хранения и транспортировки бутылок, т. е. к потере их содержимого, что абсолютно неприемлемо.

В первой редакции ТУ 1211-006-00190519-2004 прочность цинкового покрытия проверялась традиционным способом в соответствии с ГОСТ 10447-80: путем спиральной навивки проволоки на цилиндрический стержень диаметром, равным шестикратному диаметру испытуемого образца, т. е. на стержень диаметром 6 мм. Число витков должно было быть не менее 6. В марте 2007 г. было принято решение отказаться от традиционного способа испытания прочности цинкового покрытия при контроле проволоки для мюзле и предложить способ, приближающий вид деформации испытуемой проволоки к фактической ее деформации в процессе изготовления мюзле. Требование по способу испытания прочности цинкового покрытия было изложено в следующей редакции: «цинковое покрытие должно быть прочным и не должно растрескиваться и отслаиваться при скручивании двух параллельных проволок в «косичку» на базе 100 мм. Число оборотов при скручивании не менее 12». Это изменение было согласовано с потребителем. Для проведения такого испытания используется установка для испытания проволоки на скручивание по ГОСТ 1545-80. При скручивании проволоки в процессе испытания шаг свивки в полученной «косичке» подобен шагу свивки в «косичках» мюзле. И если при испытании отслоения цинка не произойдет, не будет его и при изготовлении мюзле. Такой вид испытания наиболее надежен для оценки качества проволоки на предмет ее использования для изготовления мюзле.

Исходя из технических требований к проволоке для изготовления мюзле по механическим свойствам (прочности и пластичности), никакой проблемы в выборе марки стали нет. В химическом составе стали должно быть минимальное содержание элементов, снижающих ее пластичность, т. е. углерода, кремния и марганца. В общем случае – это низкоуглеродистая качественная сталь. Из сталей, практикуемых в отечественной практике, наиболее приемлемыми для изготовления проволоки для мюзле являются сталь марки 08кп по ГОСТ 1050-74 и сталь марки Св-08 по ГОСТ 2246-70. Химический состав указанных марок стали приведен ниже.

| Марка стали | ГОСТ | Содержание элементов, % | | |
|-------------|---------|-------------------------|-----------|---------|
| | | углерод | марганец | кремний |
| 08кп | 1050-74 | 0,05–0,11 | 0,25–0,50 | До 0,03 |
| Св-08 | 2246-70 | Не более 0,10 | 0,35–0,60 | До 0,03 |

Принимая во внимание возможность снижения пластичности проволоки в процессе цинкования, целесообразно на этапе выбора марки стали ограничить содержание в ее составе элементов, снижающих пластичность. В частности, содержание углерода не допускать выше 0,07%, а марганца и кремния не выше среднего значения содержания по ГОСТ. В итоге получается, что в данном конкретном случае наиболее приемлема система «селект» при отгрузке заказанной заготовки.

Протянутая на готовый размер проволока для мюзле должна быть подвержена термической обработке для устранения возникшего в процессе волочения наклепа и достижения заданной пластичности, т. е. следует провести ее рекристаллизационный отжиг в садочных или протяжных печах. Режимы рекристаллизационного отжига, а также склонность низкоуглеродистых сталей к старению известны [1]. Важно в данном случае определить, какой вид оборудования возможно применить для проведения термической обработки.

Протяжные печи по сравнению с садочными печами периодического действия имеют много преимуществ. Время нагрева металла в протяжной печи, где обработка производится в нитку, намного меньше,

чем при обработке в бунтах в садочных печах. Поэтому нагрев осуществляется с большей скоростью с одновременным обеспечением равномерности свойств проволоки как по сечению, так и по длине. Недостаток этих агрегатов – развитие процесса старения при отжиге низкоуглеродистой проволоки. При обработке проволоки на таких агрегатах нельзя исключить деформации изгиба нагретой проволоки. Эта деформация и приводит к проявлению старения. В этом случае атомы азота и углерода в стали выделяются на дислокациях, образованных пластической деформацией, затрудняя их движение, что и приводит к снижению пластичности и некоторому повышению прочности [1]. Наиболее нежелательным в этом случае является проявление старения во времени: пластические свойства проволоки, определенные сразу после проведения термической обработки, будут соответствовать заданным, а через неделю или месяц эти значения могут снизиться до уровня недопустимых значений.

Термическая обработка в садочных печах обеспечивает более высокие показатели по относительному удлинению, поскольку при медленном охлаждении садки без пластической деформации проволоки в стали из твердого раствора в феррите более полно выделяются углерод и азот без блокирования дислокаций [2].

На основании изложенного термическую обработку проволоки для мюзле целесообразно производить в садочных печах периодического действия в защитной атмосфере.

Нанесение цинкового покрытия на проволоку возможно двумя путями: горячим оцинкованием или электрохимическим.

Горячий способ нанесения покрытия основан на кратковременном погружении в расплав цинка стальной проволоки с заранее подготовленной поверхностью. При погружении проволоки в расплав между сталью и жидким цинком происходит взаимная диффузия с формированием цинкового покрытия, толщина которого определяется режимами цинкования. Равномерность покрытия обеспечивается вертикальным выходом проволоки из расплава цинка. Температура ванны цинкования 460–470 °С [3]. Под воздействием этой температуры в оцинкованной проволоке проявляется процесс старения, приводящий к снижению пластичности, контролируемой измерением относительного удлинения проволоки при разрыве. Причем снижение пластичности по отношению к термически обработанной заготовке, подаваемой на цинкование, наблюдается как непосредственно после проведения операции цинкования, так и через 10–30 дней после оцинкования [1], т. е. процесс старения протекает во времени, постепенно снижая пластичность. По этой причине в первых технических условиях на проволоку для мюзле ТУ 14-4-1228-81, разработанных на горячеоцинкованную проволоку, было заложено относительное удлинение при разрыве на базе 100 мм не менее 15%, что не устраивало потребителя. Низкая пластичность проволоки приводила к частым ее обрывам при изготовлении мюзле или в худшем случае к разрушению мюзле при закупоривании бутылки. Это вынуждало изготовителей мюзле закупать проволоку у зарубежных фирм.

По этой же причине не рационально применять для изготовления проволоки для мюзле протяжные агрегаты, совмещающие в одном потоке термическую обработку и горячее цинкование проволоки.

При электролитическом оцинковании из-за отсутствия нагрева металла в процессе нанесения покрытия механические свойства проволоки практически не меняются. В этом его преимущество. Именно этот факт позволяет применять электролитическое оцинкование для производства проволоки с повышенной или высокой пластичностью, в том числе проволоки для мюзле.

Для обеспечения технологичности оцинкованной проволоки при изготовлении мюзле в ОАО «НИИ-Метиз» была разработана технология электролитического оцинкования низкоуглеродистой термически обработанной проволоки. Оцинкование проволоки производили известным способом [4] на изготовленных для этой цели 3-ниточных гальваноагрегатах в кислых электролитах на скорости 25–30 м/мин. На оцинкование направлялась низкоуглеродистая термически обработанная проволока с низкой прочностью (временное сопротивление разрыву 30–38 кг/мм²) и высокой пластичностью (относительное удлинение на базе 100 мм не менее 25%) диаметром, несколько превышающем диаметр готовой проволоки 1,0 мм. В данном случае увеличение диаметра заготовки необходимо для проведения калибрующей протяжки. Значение диаметра определяли исходя из условия получения после калибрующей протяжки относительного удлинения при растяжении на уровне требований ТУ. Толщину цинкового покрытия рассчитывали подбором соответствующего сочетания плотности тока на проволоке в ванне цинкования и скорости движения проволоки по агрегату, определяющей время нахождения проволоки на операции нанесения цинка.

После нанесения цинкового покрытия производилась калибрующая протяжка проволоки на жидкой смазке с целью уплотнения цинка, получения блестящей поверхности покрытия и обеспечения жесткого требования по допуску на диаметр. На выходе из калибрующей волюки проволока проходила промывку



Рис. 2. Малогабаритная установка скоростного гальванического цинкования проволоки

в воде с обтиром, а затем через электросушило. После калибрующей протяжки наблюдалось естественное снижение пластичности и некоторое повышение прочности, но механические свойства проволоки сохранялись в пределах требований технических условий. Все технические требования к оцинкованной проволоке для мюзле после гальванического цинкования полностью удовлетворяются. Разработка этого способа изготовления проволоки для мюзле позволила изготовителям мюзле отказаться от импортных поставок проволоки.

Для расширения объемов производства оцинкованной проволоки для мюзле в условиях экспериментального завода ОАО «НИИМетиз» не было свободных производственных площадей, поэтому и решили приступить к разработке конструкции малогабаритной установки гальванического цинкования [5]. Установка была разработана и изготовлена на экспериментальном заводе (рис. 2). Толщина цинкового покрытия устанавливалась путем регулирования анодного тока на ванны цинкования и скорости движения проволоки.

Способ заправки проволоки и ее погружения в рабочие растворы был взят по аналогии с разработанной ранее ОАО «НИИМетиз» малогабаритной установкой меднения первого типа [6]. Проволока заправлялась на роликовые системы полиспастного типа, которые погружались в рабочие ванны вертикальным перемещением платформы на ходовых винтах. В состав установки входят четыре ванны с рабочими растворами для подготовки поверхности к нанесению покрытия, ванна гальванического цинкования и ванна промывки после нанесения покрытия. На подвеске, погружаемой в ванну цинкования, крепятся цинковые аноды, между которыми пропускаются витки проволоки. Для цинкования используется кислый цинковый электролит определенного состава. Отрицательный потенциал к проволоке подводится через токосъемный ролик, изолированный от корпуса. Оцинкование производится на высокой плотности тока со скоростью прохождения проволоки 80 м/мин. Габариты установки без вытяжного блока и размотки: длина – 2,8 м, ширина – 1 м, высота – 2,75 м. Одна малогабаритная установка заменяет по производительности 3-ниточный агрегат цинкования, занимая при этом в 3,7 раза меньшую по длине производственную площадь.

В связи с подачей на цинкование проволоки после термической обработки в защитной атмосфере необходимость операции обезжиривания отпала. Поэтому технологические ванны по ходу движения проволоки использовали для следующих операций: травление в растворе серной кислоты, промывка, декапирование в растворе серной кислоты, промывка, электролитическое цинкование и промывка.

В первых четырех ваннах необходима обработка в нагретых до температуры 60–70 °С растворах, для чего в ваннах размещали стальные змеевики, через которые пропускали острый пар. По мере нагрева растворов острый пар отключали. При выходе из всех технологических ванн, кроме ванны цинкования, проволока пропусклась через войлочные обтиры для отсекаания рабочего раствора и съема образовавшегося шлама. На выходе из ванны цинкования проволока пропусклась через воздушный обтир, куда подавался сжатый воздух. Механические свойства и качество покрытия оцинкованной проволоки, изготовленной на скоростной установке, соответствовали техническим требованиям ТУ 1211-006-00190519-2004.

Таким образом, электролитическое цинкование – наиболее подходящий способ нанесения цинкового покрытия на проволоку для мюзле.

Литература

1. **Белалов Х. Н., Клековкин А. А. и др.** Стальная проволока. Магнитогорск, 2011. 690 с.
2. **Белалов Х. Н., Лещинский И. З. и др.** Свойства низкоуглеродистой проволоки, отожженной в проходных и колпаковых печах // *Сталь*. 1969. № 1. С. 34–39.
3. **Смирнов А. В.** Горячее цинкование. М.: Metallurgizdat, 1953. 103 с.
4. **Лайнер В. И.** Защитные покрытия металлов. М.: Metallurgija, 1974. 560 с.
5. **Зуев Б. М., Зуев Д. Б.** Малогабаритные скоростные установки для нанесения металлических покрытий на проволоку // *Черные металлы*. 2013. № 10. С. 34–37.
6. **Зуев Б. М.** Новые установки для производства омедненной сварочной проволоки // *Сталь*. 1999. № 3. С. 46.

References

1. **Belalov H. N., Klekovkin A. A. i dr.** *Stal'naja provoloka* [Steel wire]. Magnitogorsk, 2011, 690 p.
2. **Belalov H. N., Leszczynski I. Z. i dr.** Svojstva nizkouglerodistoj provoloki, otohzhennoj v prohodnyh i kolpakovyh pechah [The properties of low-carbon wire, annealed in continuous and bell furnaces]. *Stal' = Steel*, 1969, no. 1, pp. 34–39.
3. **Smirnov A. V.** *Gorjachee cinkovanie* [Hot-dip galvanizing]. Moscow, Metallurgizdat Publ., 1953, 103 p.
4. **Lainer V. I.** *Zashhitnye pokrytiya metallov* [Protective coating of metals]. Moscow, Metallurgija Publ., 1974, 560 p.
5. **Zuev B. M., Zuev D. B.** Malogabaritnye skorostnye ustanovki nanesenija metallicheskih pokrytij na provoloku [Small high-speed installation of the application on a wire metal coatings]. *Chernye metally = Black metals*, 2013, no. 10, pp. 34–37.
6. **Zuev B. M.** Novye ustanovki dlja proizvodstva omednjonnoj svarochnoj provoloki [New plants for the production of wire omednennoy]. *Stal' = Steel*, 1999, no. 3, p. 46.