

КАЧЕСТВЕННАЯ МЕДНАЯ КАТАНКА ОБЕСПЕЧИВАЕТ УСПЕШНОЕ ВОЛОЧЕНИЕ И ОТЖИГ ПРОВОЛОКИ

*К.А. Дьячков, менеджер по продажам;
Ф.В. Шилков, менеджер по продажам;
компания Maschinenfabrik
NIEHOFF (Германия)*

Аннотация. Волочение медной катанки, изготовленной из медного лома, приводит к снижению эффективности волочильного оборудования. Примеси, присутствующие в меди, увеличивают электрическое сопротивление и повышают температуру отжига. Затраты на волочение медной проволоки при этом изменяются соответственно. На российском рынке увеличивается доля медной катанки, произведенной из лома. Вторичная переработка медного лома требует селекции и очистки перед производством катанки.

Ключевые слова: медная катанка; медный лом; примеси в меди; электрическая проводимость меди; снижение производительности волочения; рост затрат при волочении проволоки.

Abstract. Drawing of the copper wire, manufactured from copper scrap, leads reduction of production efficiency. Impurities are reducing an electrical conductivity of the wire and increasing the temperature of annealing. Production costs are increasing accordingly. Market share of scrap copper in Russia is raising. Recycling of copper scrap needs carefully selection and purification before manufacturing of the copper rod.

Key words: copper rod; copper scrap; impurities; electrical conductivity of the copper; drawing efficiency reduction; production costs increasing.

Материал поступил в редакцию 05.08.2019
Дьячков К.А. E-mail: k.diyachkov@niehoff.de
Шилков Ф.В. E-mail: f.shilkov@niehoff.de

ВВЕДЕНИЕ

При изготовлении кабеля, как и в любом производстве, на первое место выступает баланс качества продукта и затрат на его производство. При этом доходы предприятия могут увеличиваться в зависимости как от роста объёмов производства, так и от снижения издержек. Рост объёмов в настоящее время обеспечить довольно сложно в связи со стагнацией на рынке и высокой конкуренцией. Поэтому производители кабелей пытаются снижать издержки за счёт использования более дешёвых материалов, приобретают оборудование не в Европе, а в Китае или на вторичном рынке. Заказывают волочильный инструмент у малоизвестных производителей и экономят на техническом обслуживании машин. Эти способы уменьшения издержек почти всегда приводят к снижению производительности, а в ряде случаев и к выпуску брака. Нередко происходят выходы оборудования из строя. В итоге издержки, вопреки ожиданиям, растут.

При таком подходе к снижению затрат упускается другой возможный способ роста доходов – увеличение коэффициента использования оборудования, уменьшение количества брака, экономия материала (а не НА материале!).

Хотя на строительных рынках можно встретить кабель неизвестного происхождения с заниженными характеристиками, в статье намеренно не акцентируется внимание на выпуске откровенных подделок. Тем более, что благо-

даря усилиям последних лет, ситуация с контрафактом имеет тенденцию к улучшению.

Кроме того, данная статья не касается вопроса налоговых рисков, которые появляются у потребителей катанки определённой категории. Этот аспект проблемы подробно описан в [1]. В статье, на примере медной катанки показано, что политика экономии на материале не просто выливается в значительные потери, но и опасна для рынка в целом.

ВОЛОЧЕНИЕ МЕДНОЙ ПРОВОЛОКИ

Компания Maschinenfabrik NIEHOFF, начиная с 1990 г., поставила на кабельные заводы России и стран СНГ 35 линий грубого волочения меди, 47 многоходовых линий и 29 станов среднего и тонкого волочения. Общая производительность линий грубого волочения составляет более 350 тыс. т меди в год, а многоходовых линий – около 100 тыс. т. Начиная с открытия в 2005 г. российского филиала компании, его сервисная служба занимается анализом проблем, которые возникают при волочении медной проволоки.

Заказчики волочильного оборудования периодически жалуются, что их волочильная машина не работает так, как указано в техническом паспорте. Скорости волочения не соответствуют контрактным. Происходит большое количество обрывов. Идёт быстрый износ волочильного инструмента или элементов оборудования. В таких случаях



Рис. 1. Производственные данные волочильных линий на кабельных заводах в Западной Европе

обычно возникают претензии к качеству машины и звучат требования срочно выслать сервисных инженеров для решения проблемы.

Ниже рассматриваются только вопросы качества медной катанки и его влияния на процессы волочения и отжига проволоки. Медная катанка является основным сырьем, применяемым в производстве проводников для медных кабелей и проводов. Другие компоненты волочения, такие как эмульсия, инструмент и оборудование, безусловно, вносят свой вклад в процесс, но они заслуживают отдельного рассмотрения.

Прежде всего проанализируем сложившуюся практику работы волочильного оборудования на европейских и российских заводах. Компании NIEHOFF удалось собрать производственные данные волочильных линий на отдельных предприятиях Европы (рис. 1).

Волочильное оборудование в Западной Европе работает на следующих режимах. Минимальный диаметр проволоки, полученный на многоходовой машине тонкого волочения, составляет 50 мкм. Скорость при многоходовом волочении для диаметров 0,10–0,30 мм достигает 40 м/с. При изготовлении 8 т многопроволочной пасьмы с диаметром одиночной проволоки 0,10 мм происходит один обрыв. Скорость при грубом волочении составляет 35–38 м/с. По статистике при производстве проволоки диаметром 1,80 мм один обрыв приходится на 950 т. Выход годного продукта при волочении 99 %. Естественно, часть материала неизбежно попадает в отходы за счёт заправов, брака и т.д.

Согласно же данным, полученных от отдельных российских кабельных заводов, известно, что обрывы при волочении происходят гораздо чаще. В ряде случаев, при производстве многопроволочной пасьмы 8×0,20 мм приходится два и более обрывов на 1 т. Обрывы ведут к длительным простоям для перезаправки. Обычная мера по борьбе с обрывами – это снижение скорости волочения, следовательно, и производительности.

Клиенты жалуются также на то, что удлинение после отжига может варьироваться в значительных пределах. Это ведёт к необходимости постоянных переналадок оборудования и к очередным простоям. Кто-то не может добиться положительных результатов при волочении проволоки малых диаметров. В результате – ограничение ассортимента выпускаемой продукции.

Возникает вопрос – насколько сильно влияние материала на возникновение этих проблем? И вся ли применяемая медная катанка одинакова?

ВИДЫ МЕДНОЙ КАТАНКИ

В настоящее время для производства кабельно-проводниковой продукции в России используются 4 типа катанки и литой заготовки (из них 2 типа катанкой в прямом смысле не являются, так как не проходят процесс прокатки).

1. Катанка, выпущенная по технологии непрерывного литья и прокатки, марки **КМ**. Изготавливается на оборудовании фирм Contirod и Southwire,

где сырьём являются катоды и отходы собственного производства. Плавка катодов осуществляется в шахтной газовой печи, литая заготовка кристаллизуется и после кристаллизации прокатывается на высокопроизводительных прокатных станах.

2. Катанка огневого рафинирования марки **КМор**. Изготавливается на оборудовании фирмы Continuus-Propenzi. Сырьём является как медный лом, так и катоды любого качества. Вместо шахтной печи для плавки используются отражательные поворотные печи, в которых применяется рафинирование медного расплава свинцовосодержащими флюсами.

3. Литая заготовка, изготовленная по технологии вытяжки из расплава UPCAST на оборудовании фирмы Outokumpu, где сырьём являются медные катоды премиального качества. Это бескислородная катанка марки **КМБ**. Плавка происходит в индукционных печах, а полученная катанка имеет литую структуру и требует последующей деформации перед волочением.

4. Литая заготовка круглая медная из лома **КМл** или «катанка» прямого переплава – DTW (Direct to Wire). Её изготавливают путём переплавки медных отходов и вытяжки из расплава по технологии UPCAST на китайских клонах линий Outokumpu. Вместо положенных катодов премиального качества используется медный лом. Различные технологии производства медной катанки подробно описаны в статье [2].

Вне классификации идёт катанка **КМ**, при изготовлении которой производители для снижения себестоимости добавляют некоторое количество медного лома (не собственного производства). При этом следует учитывать, что при использовании отходов во время производства катанки **КМ**, необходима 100 % отдельная переработка медного лома из изделий, полученных ранее из катанки **КМ** и из катанки **КМор**.

В табл. 1 представлено сравнение разных видов катанки по основным параметрам. Сравнились выработка/тоннаж на обрыв, электросопротивление, однородность результатов, пластичность (возможность волочить до малых диаметров), скорость волочения. Рейтинг составлен по оценке участников рынка без привязки к отдельным изготовителям.

Наилучшие результаты по всем параметрам показывает катанка марки **КМ**. В дополнение к этому нужно

Сравнение различных типов медной катанки по основным параметрам

	КМ	КМор	КМб	КМл	
тонн до обрыва					электрическое сопротивление
однородность результатов					пластичность
скорость волочения					

упомануть, что для минимизации обрывности на тонком волочении, Уральская горно-металлургическая компания (УГМК) выделяет из стандартного качества производимой катанки марки КМ сектор «ПРЕМИУМ». Электрическое сопротивление катанки марки КМ составляет 0,01695 Ом·мм²/м.

Катанка марки **КМб** практически не отличается от катанки марки КМ. Но она требует в качестве сырья катоды премиального качества М00К с минимальным количеством примесей. В случае использования катодов не-премиального качества катанка получается жёстче обычной. Поэтому снижается скорость волочения и требуется увеличивать степень отжига. Хотя при условии применения катодов премиального качества, катанка марки КМб является даже более пластичной, чем катанка марки КМ и используется для сверхтонкого волочения.

Катанка марки **КМор** находится в середине рейтинга. В соответствии с ГОСТ 53803–2010 электрическое сопротивление катанки марки КМор должно составлять не более 0,01718 Ом·мм²/м, хотя в ряде случаев производители добиваются и лучших результатов. Но в среднем электрическое сопротивление катанки марки КМор примерно на 1–2 % выше, чем у катанки марки КМ. Помимо этого, катанка марки КМор имеет нестабильный химический состав, что при волочении и непрерывном отжиге приводит к различным характеристикам изготавливаемой проволоки. Пластичность катанки марки КМор также ниже, чем у катанки марки КМ. Это ограничивает область применения такой катанки при производстве кабелей и проводов. Поэтому катанка марки КМор в основном применяется для изготовления силовых кабелей и редко используется для многоходового волочения. Можно отметить, что фактически такая катанка применяется для изготовления проволоки средних и крупных диаметров – от 0,25 мм и выше.

Заготовка прямого переплава марки **КМл**, изготовленная из ломов, по всем параметрам, кроме цены, замыкает

рейтинг. Например, электрическое сопротивление такой катанки может составлять 0,01790 Ом·мм²/м, что на 5–6 % выше, чем у катанки марки КМ. В табл. 1 показано, что катанка (заготовка), произведённая с применением ломов или только из ломов, по всем параметрам уступает катанке, изготовленной из катодной меди.

Катанка, полученная из ломов по методу огневого рафинирования и, тем более, методом прямого переплава ломов, имеет выше электрическое сопротивление, ниже пластичность, она труднее отжигается на проход, хуже сваривается. Единственное её преимущество – стоимость. При использовании такой катанки становится невозможным добиться стабильного выпуска проволоки малых диаметров. Происходят обрывы проволоки при высоких скоростях при грубом волочении, обеспечивающем максимальную производительность. Это снижает эффективность использования оборудования. Многоходовое волочение проволоки с диаметром ниже 0,25 мм практически невозможно из-за частых обрывов.

А что же именно вызывает снижение качества катанки и медной заготовки?

Прежде всего, на качество катанки влияют присутствующие в ней примеси. В табл. 2 показано влияние состава медного лома на качество медной катанки.

Согласно ГОСТ 53803–2010 для катанки марки КМ содержание меди в катанке М0 должно быть не менее 99,93 %, для катанки КМб – не менее 99,97 %. Остальное составляют примеси и кислород. Свинец, теллур, мышьяк, сера, фосфор, железо, никель, олово, цинк и др. присутствуют в меди в виде дополнительных компонентов. При этом примеси крайне отрицательно отражаются на качестве медной катанки.

Например, для катанки марки КМ увеличение доли свинца с 20 до 100 ppm (грамм на тонну) вызывают так называемые горячие трещины в медной заготовке перед прокаткой. Увеличение доли свинца в меди повышает температуру отжига. Также температуру отжига повышает

Таблица 2

Влияние изменения состава медного лома на качество медной катанки

ГОСТ 859 - 2001 Химический состав катодной меди

Катодная медь и сорта катанки		М00К	Катанка CuЭн1	М0К	Катанка класса А	Катанка класса В	Влияние примесей на ухудшение механических и электрохимических свойств медной проволоки		Влияние 20 ppm примесей на увеличение температуры отжига проволоки		
М00К, не менее		99,997%	99,997%	99,97%	99,965%	99,902%					
Примеси из других групп не более:		ppm									
1	Bi Висмут	< 2	< 2	< 5	5	5	Bi	Литье/Волочение		$\Delta T = 180\text{ }^\circ\text{C}$	
	Se Селен	< 2	< 2	не более-ср			Se	Литье/Волочение		$\Delta T = 122\text{ }^\circ\text{C}$	
	Te Теллур	< 2	< 2	не более-ср			Te	Литье/Волочение		$\Delta T = 213\text{ }^\circ\text{C}$	
	Сумма первой группы: Σ	< 3	< 3	не более-ср							
2	Cr Хром	не более-ср		не более-ср			Cr	Литье/Волочение			
	Mn Марганец	не более-ср		не более-ср							
	Sb Сурьма	< 4	< 4	< 10	10	20	Sb			$\Delta T = 182\text{ }^\circ\text{C}$	
	Cd Кадмий	не более-ср		не более-ср							
	P Фосфор	не более-ср		< 10	5	не более-ср	P	Проводимость		$\Delta T = 158\text{ }^\circ\text{C}$	
As Мышьяк	< 5	< 5	< 10	10		As			$\Delta T = 148\text{ }^\circ\text{C}$		
Сумма второй группы: Σ	< 15	< 15	не более-ср								
3	Pb Свинец	< 5	< 5	< 10	10	30	Pb	Литье/Волочение		$\Delta T = 200\text{ }^\circ\text{C}$	
4	S Сера	< 15	< 15	< 20	20	30	S			$\Delta T = 181\text{ }^\circ\text{C}$	
5	Sn Олово	не более-ср		< 10	10	10	Sn			$\Delta T = 193\text{ }^\circ\text{C}$	
	Ni Никель	не более-ср		< 10	10	20					
	Fe Железо	< 10	< 10	< 10	10	40	Fe	Проводимость		$\Delta T = 148\text{ }^\circ\text{C}$	
	Zn Цинк	не более-ср		< 10	10	30	Zn			$\Delta T = 181\text{ }^\circ\text{C}$	
	Si Кремний	не более-ср		не более-ср			Si	Проводимость		$\Delta T = 181\text{ }^\circ\text{C}$	
	Co Кобальт	не более-ср	< 20	не более-ср			Co	Литье/Волочение			
Сумма пятой группы: Σ	< 20	< 20	не более-ср								
6	Ag Серебро	< 20	< 25	< 20	20	20					
Сумма перечисленных примесей: Σ		< 65		не более-ср							

и увеличение доли фосфора. Железо, фосфор и кремний снижают электропроводность меди. Увеличение содержания серы до 10 ppm приводит к горячей ломкости.

Для сравнения: в немецкой катанке марки Cu-ETP1 (аналог марки KM) фирмы AURUBIS содержание свинца не должно превышать 1 ppm.

Особое значение примеси в меди имеют при изготовлении бескислородной заготовки КМб. Содержание меди в этой катанке должно быть не менее 99,97 %, что обеспечивается применением катодов премиум класса – М00К. У катанки марки КМб резко увеличивается электрическое сопротивление и снижается технологичность при волочении из-за превышения допустимого содержания примесей.

В отличие от катанки марки KM, в катанке КМор свинец считается полезным компонентом. Поэтому при производстве катанки в исходное сырье добавляется до 500 ppm свинца. Это исключает возможность использования отходов кабельных изделий, выпущенных ранее из катанки марки КМор, при производстве катанки марки KM. Тщательная селекция таких ломов очень трудоёмка и остаётся на совести и ответственности производителей катанки. Можно предположить, что далеко не все производители аккуратно следят за подготовкой ломов. За счёт большого количества примесей, разницы в химических составах и механических свойствах, сфера применения катанки марки КМор ограничена. Например, катанка марки КМор не рекомендуется для тонкого многоходового и тончайшего волочения, а также для изготовления эмалированных проводов.

Использование фосфора в качестве раскислителя при производстве катодов из лома и производства катанки по технологии UPCAST-DTW также приводит к росту

засоренности катанки. Инеродные неметаллические включения, содержащиеся в ломах, обычно приводят к обрыву проволоки при многоходовом и тонком волочении. Различия химического состава сказывается и при переработке катанки марки КМор отдельных партий. Поэтому для снижения влияния компонентного состава металла в катанке марки КМор применяется комбинация шихты: лом + катоды.

Если вместо катодов производители используют медный лом, закупленный со стороны, то различия химического состава отдельных партий встречается и в катанке марки KM. В состав лома входят компоненты в нехарактерных для катанки марки KM количествах. Это выводит содержание меди в плавке за пределы допустимого.

Заготовка КМл, полученная методом прямого переплава из отходов, вообще не поддается какому-либо внятному анализу.

Таким образом, на кабельном рынке становится заметна чётко определяемая тенденция снижения качества медной катанки, которая уже приводит к проблемам с волочением и отжигом проволоки.

Откуда в меди вообще появляются примеси и как от них избавиться?

Можно указать три основных источника примесей в меди:

- в природной меди изначально присутствуют различные компоненты, от которых производители избавляются в процессе производства медных катодов;
- в отходах, собираемых пунктами приёма цветного лома, оказываются не только кабельные отходы; встречаются и медные сплавы, содержащие лигатуры; также в лом попадают свинцовые и оловянные припои;

- при производстве катанки огневого рафинирования в технологии изначально заложено добавление свинца и других компонентов, придающих катанке необходимые свойства.

ОЧИСТКА МЕДИ ОТ ПРИМЕСЕЙ

Тут было бы уместно напомнить классическую технологию изготовления медной катанки.

Медная руда содержит от 0,5 до 1,5 % меди. Добытую руду обогащают и повышают содержание меди до 30 %. Далее происходит плавление и получение штейна. Содержание меди повышается до 60 %. Следующим этапом происходит конвертерный передел с получением черновой меди. На этом этапе содержание меди – 99 %. Далее производится огневого рафинирования и разливка анодов. Содержание меди повышается до 99,8 %. Добавление подготовленных (отобранных) ломов возможно либо на этапе конвертерного передела, либо на этапе огневого рафинирования. Наконец, этап электролиза – получение химически чистой меди марки МООК. Содержание меди в катодах повышается до 99,97–99,99 %. Окончательный этап – изготовление медной катанки марки КМ или медной заготовки марки КМБ.

Электролиз является ключевым этапом производства, позволяющим избавиться от примесей и сопутствующих элементов, которые выпадают в шламы. Кроме того, что на выходе процесса получается чистая медь в виде катодов, дальнейшая переработка шламов позволяет получить редкоземельные элементы, платиноиды, золото и серебро. В процессе любого металлургического передела, в том числе огневого рафинирования, все эти ценные компоненты остаются в меди. Отличие меди, полученной из руды, от меди, полученной из лома, состоит в том, что в ломе содержание драгоценных металлов уже минимизировано. Получение этих компонентов из лома нецелесообразно.

Классическая технология получения катодной меди сегодня не является единственной. Всё чаще применяются технологии, основанные не на процессе расплавления, а на процессе растворения меди и сопутствующих элементов и их дальнейшим разделением. Тем не менее, вне зависимости от выбранной технологии выделения меди, конечным этапом при переработке руды является электролиз. Электролиз также позволяет в значительной мере избавиться от дополнительных компонентов при производстве катодов из лома, но извлечение сопутствующих металлов уже не выполняется, так как их в ломе практически нет.

В качестве примера эффективной очистки лома от примесей можно привести технологию АО «Новгородский металлургический завод» (входит в состав холдинга «Русская медная компания» (РМК)), при которой медный лом проходит стадию огневого рафинирования, а затем стандартный электролизный анодно-катодный передел. В результате из лома получают медные катоды.

Электролизная очистка не применяется в технологии при производстве катанки марки КМор и технологии прямого переплава ломов при производстве заготовки КМл. Содержание меди в руде в наши дни становится всё ниже. Классическая технология получения медных катодов оказывается очень дорогой.

ОТЛИЧИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПО КЛАССИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТ ОГНЕВОГО РАФИНИРОВАНИЯ

Плавление катодов в классической технологии происходит в шахтных печах непрерывно, также непрерывно происходят розлив, кристаллизация и прокат металла. Тем самым обеспечивается стабильное качество, так как при переработке в катанку катодов их химический состав полностью сохраняется.

В технологии производства катанки марки КМор и заготовки КМл медные отходы, выступающие сырьём, плавятся в печах циклически: цикл загрузки–цикл окисления–цикл восстановления, рафинирования и разливки жидкой меди. Такая технология потребляет больше газа и имеет ниже производительность. Дело в том, что при отсутствии выпуска катанки, необходимо постоянно поддерживать определённый уровень расплава жидкой меди в печи для предотвращения её затвердевания. Кроме того, химический состав катанки меняется от партии к партии. Сами отходы могут быть разного класса. Добавляемая лигатура будет отличаться по химическому составу.

Увеличенное количество компонентов и наличие присадки свинца в катанке марки КМор снижает содержание меди, что меняет её свойства. Тем самым, сужается сфера применения такой катанки при производстве кабельных изделий. Для улучшения качества катанки марки КМор и минимизации её отличий от катанки марки КМ, при производстве к лому добавляется до 50 % катодной меди. Это означает, что в следующем цикле утилизации вся масса меди, включая использованные «чистые» катоды, будет содержать повышенное количество компонентов, в том числе свинца.

В случае прямого переплава лома КМл, требуется выбирать метод рафинирования в зависимости от качества медных отходов. В ряде случаев нужно проводить многоступенчатое рафинирование, что на практике производится не всегда. Поэтому качество медной катанки, полученной по этому методу, непредсказуемо. Тем не менее, ситуация такова, что источники катодной меди – рудные месторождения – становятся всё беднее, их количество сокращается, а ломообразование в мире растёт. Всё больший сектор сырья для изготовления медных изделий занимает лом. Вопрос лишь в том, будет ли этот лом должным образом сортироваться и очищаться.

ВЫПУСК И СООТНОШЕНИЕ ОБЪЁМОВ КАТОДНОЙ И ЛОМОВОЙ КАТАНКИ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ В 2018 ГОДУ

Структура потребляемого сырья для производства медной катанки в 2018 г., по данным Ассоциации «Электрокабель», приведена в табл. 3 [2].

Существует ещё одно препятствие, не столько технологического, сколько административного свойства. В связи с обнулением в 2014 г. таможенной вывозной пошлины на медные катоды выпуск катанки из катодной меди в России сократился на 40 % [3]. В то же время экспорт катодов из РФ в 2018 г. по данным того же источника в 4,5 раза превысил экспорт катанки. И в 1,6 раза

Таблица 3

Структура потребляемого сырья для производства медной катанки по итогам 2018 года

Производитель	Место нахождения производства	Оборудование	Производство			Используемое сырье					
			Медный прокат	Прокат из медных сплавов (по меди)	Всего производство	Катоды				Лом	
						УГМК	РМК	НН	Мини-заводы	Лом direct melt	Всего использовано сырья
УЭМ	Верхняя Пышма	Contirod	108,0	0,0	108,0	X				X	108,0
РМК	Великий Новгород	SW	0,0	0,0	0,0		X			X	0,0
Роскат	Нефтегорск	SW	45,9	0,0	45,9	X	X	X	X	X	45,9
Элкат	Москва	SW/UC	39,7	0,0	39,7		X	X	X	X	39,7
Камкат	Каменск-Уральский	CP	23,6	0,0	23,6				X	X	23,6
ТранскаТ	Колпино	SW	25,9	0,0	25,9		X	X		X	25,9
ОЗЦМ	Старый Оскол		19,0	0,0	19,0					X	19,0
Налкат	Прохладный	CP	6,1	0,0	6,1					X	6,1
РусКат	Тольятти	CP	8,5	0,0	8,5					X	8,5
ЮгМет	АксаЙ	CP	9,0	0,0	9,0					X	9,0
ЭПРОМЕТ	Саранск	UC (Китай)									
Росваер	Ступино	UC (Китай)									
КЗ Эксперт-кабель	Орел	UC (Китай)									
Мценский завод по обработке цветных металлов	Мценск	UC (Китай)									
Чувашкабельмет	Вурнары	UC (Китай)									
НТЦМ	Ногинск	UC (Китай)	30,0	0,0	30,0					X	30,0
Пермский завод цветных металлов	Перь	UC (Китай)									
КПВР СПЛАВ	Рязань	UC (Китай)									
Свелен	Колпино	UC (Китай)									
Управляющая компания Медный Элемент	Колпино	UC (Китай)									
ТСГ-Мет	Москва	UC (Китай)									
Всего производство катанки			315,8	0,0	315,8	X	X	X	X	X	315,8

превышает количество катодов, остающихся для производства катанки внутри России. При этом, медный лом и катоды непремиального качества из России практически не экспортируются. Закономерным последствием стало увеличение доли некатодного сырья при производстве медной катанки (рис. 2).

По некоторым оценкам, в 2018 г. около 37 % выпущенной в России медной катанки были изготовлены из лома, из ломовых катодов, либо с их добавлением. При этом, качество катодов, изготовленных из руды, за последние годы выросло за счет обновления производства. Учитывая, что около 30 % катанки высокого качества было экспортировано, доля катанки из лома в составе всего реализованного в России объема превысила 53 %.

Менее, чем за 10 лет выпуск ломовой катанки в России вырос в 12 раз.

Рынок катанки меняется в сторону уменьшения использования руды и роста объемов изготовления из вторичного сырья. Это приводит в конечном итоге к потере максимальной производительности линий волочения.

Нельзя сказать, что ситуация в России уникальная, и только лишь в отечественной практике используется вторичное сырье. В мире работают порядка 50 линий огневого рафинирования компании Continous Propergi, из них 5 в России. Основная часть мирового выпуска катанки

КМор приходится на Иран, Индию и Китай. Некоторое количество катанки КМор также выпускается в США и в Европе. Катанка КМор может находить только ограниченное применение по причинам, описанным выше. Кроме того, производство её требует использования сортированного лома.

Технология не использует электролизное рафинирование. Химический состав лома, содержащего большое количество примесей, не всегда удаётся выровнять с помощью лигатуры.

Кроме катанки КМор, 10 % российского рынка занимает заготовка прямого переплава лома КМл, произведенная на китайских копиях оборудования фирмы Outocompro. Технология UPCAST рассчитана на использование катодов премиального качества. Вместо них производство часто базируется на ломах, не прошедших достаточного рафинирования.

Сбор цветного лома при этом поставлен так, что сырьё нередко носит признаки криминального происхождения. Известен случай кражи контрольного кабеля на Октябрьской железной дороге летом 2019 г. По причине хищения более 20 поездов дальнего следования, в том числе скоростные, прибыли в пункты назначения с многочасовым опозданием. Так воровство кабеля вызвало огромные убытки. И могло привести к авариям и катастрофам с человеческими жертвами



Всего производится примерно 495 000 тонн, из них 27 % – КМор и 10 % – DTW из лома



За последние 9 лет количество катанки КМор на рынке РФ выросло в 12 раз

ЭКОНОМИКА ПРОЦЕССА ВОЛОЧЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАТАНКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ ЛОМОВ

Производители кабеля могли бы игнорировать проблемы потерь производительности в борьбе за снижением издержек. Тем более не обращать внимания на вопросы происхождения сырья. Главное – купить подешевле! Но, если посчитать не только экономию при покупке

Рис. 2. Соотношение количества медной катанки, произведённой из руды и из медного лома в России в 2010 и 2018 гг. Для сравнения показано соотношение в 2010 г.



Рис. 3. Особенности использования медной катанки, изготовленной из ломов

дешевой катанки, а также и последствия такой экономии, то могут быть получены совсем другие результаты. На рис. 3 приведены особенности использования медной катанки, изготовленной из ломов.

Катанка марки КМор имеет на 1–2 % выше электрическое сопротивление, а заготовки прямого переплава ломов КМл – выше на 5–6 % (0,01790 против 0,01695 Ом·мм²/м). Запас по электрическому сопротивлению у катанки марки КМ выше, чем у катанки из лома. Это позволяет экономить медь при производстве проводника, соблюдая при этом требования по электрическому сопротивлению готового кабеля.

При непрерывном отжиге проволоки, изготовленной из катанки марки КМор и заготовки КМл требуются значительно более высокие значения напряжения, тока и температуры отжига. Это обусловлено наличием легирующих присадок, особенно свинца, фосфора, селена, теллура и олова. Присадки значительно повышают температуру отжига проволоки. В ряде случаев проволока остается недостаточно отожженной на проход. Поэтому приходится повторно производить дополнительный отжиг в колпаковых печах.

Снижается производительность оборудования за счёт увеличения обрывности. Появляются дополнительные потери времени на заправки. Приходится понижать скорость производства. Также следует помнить о большом количестве отходов (катанка из лома плохо сваривается). Невозможно производить мелкие размеры проволоки и эмалированные провода. Многоходовое волочение также ограничено. Это ведёт за собой ограничение ассортимента выпускаемой продукции.

Учитывая вышеуказанное, можно привести пример расчёта дополнительных затрат. Исходные данные, применительно к линии грубого волочения:

- диаметр проволоки – 1,80 мм;
- скорость волочения – 28 м/с (75 % от максимальной);
- мощность, потребляемая при отжиге – 200 кВт;
- количество катанки, перерабатываемой за год (7000 рабочих часов) – 16000 т;
- разница в стоимости медной катодной катанки и ломовой катанки составляет условные 150 долларов.

В связи с тем, что производительность при использовании катанки из лома падает на 40–50 % за счёт снижения скорости, роста числа обрывов и простоев

оборудования, можно считать, что выработка за год составит порядка 10 000 т. Не выпущено 6000 т проволоки. Исходя из наценки на выпуск проволоки из катанки в 100 долларов на тонну, получится, что производитель недополучит 600 тыс. долларов. Для компенсации таких потерь потребуются вводить дополнительные производственные мощности.

Нужно докладывать до 5 % веса меди, чтобы компенсировать худшую электропроводность ломовой катанки. Получается перерасход в $10.000 \times 5 \% = 500$ т меди. При цене на катанку (условно)

в 6000 долларов стоимость этих 500 т составляет 3 млн долларов.

Поскольку в катанке из лома содержится большое количество примесей, влияющих на увеличение температуры отжига, для отжига проволоки потребуется на 20 % больше электроэнергии, то есть вместо 200 кВт расходуется на 40 кВт больше. При цене за 1 кВт/ч 5 руб. (условно), перерасход затрат на электроэнергию в год составит примерно 22 тыс. долларов.

Увеличенное количество отходов, получаемых при обрывах, при повторных заправках, а также затраты на ускоренный износ оборудования, расходных элементов и инструмента могут быть индивидуальными. Кроме того, ряд кабельных изделий вообще не могут быть выпущены.

На основании вышеуказанного экономия при переработке 10000 т катанки из лома в год составит $10000 \times 150 = 1500000$ долларов. В то же время потери составят $600000 + 3000000 + 22000 = 3622000$ долларов. Как видно из расчёта, основной вклад в потери вносит худшее электрическое сопротивление катанки из лома. Невозможность выпуска достаточного количества продукции – также существенная доля потерь.

Уже упоминалось, что катанка из лома заметно отличается от партии к партии. Поэтому данные расчёта не всегда будут соответствовать приведённым цифрам. Разница в цене между катодной и ломовой катанкой при этом не всегда составляет 150 долларов, но может быть и меньше. Другими словами, баланс экономии и потерь во многих случаях будет представлять собой отрицательную величину.

ВОЛОЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ В РОССИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КАТАНКИ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

Выше были приведены данные процесса волочения по Европе. Специалистам в области волочения проволоки могло показаться, что это фантастические цифры. Но на самом деле, данные по России при правильном подходе тоже вполне впечатляют (рис. 4).

Эти результаты указывают, что использование катодной катанки высокого качества позволяет реализовывать возможности оборудования в полной степени.



Скорость полочения –
23 м/сек

Тонн до обрыва – до 4*

* Производится на специальной машине из меди высшего качества

Скорость полочения –
24 м/сек

Тонн до обрыва – до 2

Скорость полочения –
28 м/сек

Тонн до обрыва – до 80

Рис. 4. Результаты волочения на российских заводах, полученные при использовании катанки марок КМ и Премиум

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучив причины, вызывающие обрывы при волочении проволоки и проблемы с отжигом, можно сделать вывод, что три четверти потерь производительности связаны с использованием низкокачественной меди. Повышенную обрывность также вызывает некондиционная волочильная эмульсия. А при использовании качественной медной катанки даже изношенные волочильные фильеры практически не вызывают обрывности. В то же время, катанка низкого качества часто обрывается при использовании даже новых фильер.

Использование катанки марки КМор и заготовки прямого переplava КМл распространяется все шире. Но при этом, катанка марки КМор может быть использована для изготовления кабельно-проводниковой продукции только в ограниченной степени. Для тонкого многоходового волочения необходима медная катанка, изготовленная из премиальных катодов. Кроме того, использование катанки, изготовленной из ломов, далеко не всегда снижает затраты на производство.

Последующее вторичное использование катанки из лома без электролитической очистки крайне нежелательно. Для улучшения качества медной катанки, произведенной из ломов, следует включить в цикл переработки стадию электролитической очистки. Электролиз – это дорогостоящая технология, поэтому для мелких производителей использовать её нерентабельно. Выходом из ситуации может стать централизованная переработка ломов на крупных предприятиях, имеющих соответствующие мощности. Это позволило бы навести порядок на российском рынке вторичного сырья. Следует упорядочить сбор вторичного сырья, в том числе, чтобы

исключить приёмку краденого кабеля под видом лома.

Если не принимать никаких мер, то через несколько лет большая часть производимой в России катанки окажется «загрязнённой» легирующими присадками, а производители кабеля будут испытывать большие трудности с волочением.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Третьяков М.В.* Влияние отмены вывозных таможенных пошлин на медные катоды на российский рынок катанки и проволоки // Кабели и провода. – 2016. – № 1. – С. 3–7.
2. *Белый Д.И.* Современные технологии производства медной катанки для кабельной промышленности // Кабели и провода. – 2011. – № 5. – С. 29–33.
3. *Третьяков М.В.* Использование меди для производства кабельно-проводниковой продукции // Материалы кабельного производства. Медь, алюминий, пластмассы, резины, оптическое волокно, лаки и сопутствующие материалы: доклад на 57-ом общем собрании Международной Ассоциации «Интеркабель» (Комо, Италия, 27–31 мая 2019 г.). URL: [http:// www.interkabel.com](http://www.interkabel.com) (дата обращения: 03.08.2019).

ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ «КАБЕЛИ И ПРОВОДА» МОЖНО В РЕДАКЦИИ

Стоимость подписки на II полугодие 2019 года (3 номера), в рублях:

- для членов Ассоциации «Электрокабель» – 1275 руб.,
- для учебных заведений и студентов – 480 руб.,
- для остальных подписчиков России и стран СНГ – 1380 руб.,
- для подписчиков зарубежных стран – 33 у.е.

НДС не облагается по ст. 145 НК РФ

По вопросам подписки обращайтесь к Алле Евгеньевне Тимофеевой
Тел./факс: (495) 918–1627
E-mail: kp@vniikp.ru, alla_timofeeva_60@mail.ru

Реквизиты для оплаты в рублях:

ИНН 7722159427
КПП 772201001
р/с: 40702810238120102932
в Московском банке
ПАО «Сбербанк», г. Москва
к/с: 3010181040000000225
БИК 044525225

Подписной индекс в каталогах агентств «Роспечать» и «Урал-Пресс» – **79943**