

Ю. А. Ежов*, Л. М. Железняк

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург

*rutizar22@yandex.ru, e.a.anderiukova@urfu.ru

Научный руководитель – доцент, канд. техн. наук Л. М. Железняк

ПОВЫШЕНИЕ ТВЕРДОСТИ КОЛЛЕКТОРНЫХ ПОЛОС ИЗ НЕТЕРМОУПРОЧНЯЕМЫХ БРОНЗ

Разработан и обоснован технологический режим, испытанный на промышленных партиях коллекторных полос клиновидного сечения высотой до 100 мм из нетермоупрочняемых бронз и содержащий 3–5-проходное волочение горячепрессованных заготовок при отсутствии промежуточных отжигов и с регламентацией коэффициентов вытяжки. Готовые профили с твёрдостью, существенно выше стандартной, повышают износостойкость коллектора – важнейшего узла тяговых электрических машин магистральных локомотивов.

Ключевые слова: нетермоупрочняемые бронзы, коллекторные полосы, маршруты волочения, коэффициенты вытяжки, составная волока, твердость полос, эффективность технологии.

Y. A. Ezhov, L. M. Zheleznyak

INCREASING THE HARDNESS OF COLLECTOR BANKS FROM NON-THERMAL-BROAD BRONZE

The technological regime tested on industrial batches of collector strips of wedge-shaped cross-section up to 100 mm in height from non-heat-strengthened bronze with 3 to 5 passing drawing of hot-pressed billets in the absence of intermediate annealing and with the regulation of drawing coefficients was developed and justified. Finished profiles with a hardness significantly higher than the standard increase the wear resistance of the collector – the most important unit of traction electric cars of the main railway locomotive.

Keywords: non-heat-strengthened bronze, collector strips, drawing routes, drawing coefficients, composite drawing, band hardness, technology efficiency.

Коллекторные полосы клиновидного сечения из нетермоупрочняемых бронз (кадмиевой, магниевой и др.) – ответственная продукция цветметобработки, так как согласно ГОСТ и ТУ они должны иметь: высокую точность размеров a , b , h и угла α поперечного сечения (рисунок), чтобы коллектор – важный узел электрической машины постоянного тока работал надёжно и долговечно; достаточную твёрдость, чтобы противостоять механическим нагрузкам и истиранию; высокое

качество поверхности и макрогеометрии полос (отсутствие волнистости, серповидности и др.); электропроводность, близкую к электропроводности меди.

Коллекторные профили получают многократным волочением горячекатаных или горячепрессованных заготовок через цельные или составные волокна, оба типа волокон выполняются из инструментальных сталей и твёрдых сплавов. На электромашиностроительных заводах из них вырубают ламели – базовые детали коллектора, от стабильной работы которого зависит срок эксплуатации электрической машины.

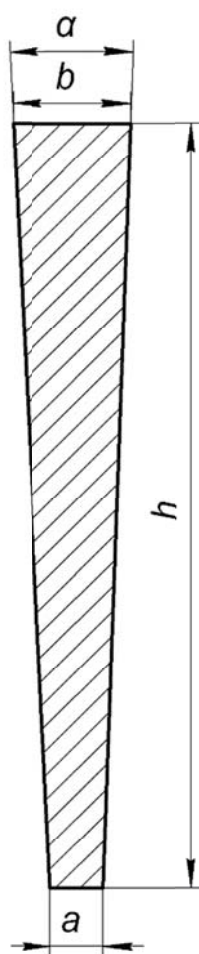


Рис. Коллекторный профиль

Промежуточные заготовки крупных сечений подвергают волочению в отрезках (в концах), их отжиг – окислительный, поэтому предусмотрены травление, промывка в холодной и горячей воде, сушка, транспортирование партий металла; в итоге возрастает трудоёмкость и ухудшается экологическая ситуация. При этом однократное травление широких полос удаляет окалину не полностью из-за плотного прилегания полосы к полосе, поэтому предусмотрено дотравливание, проводимое

после зарубки и завальцовки концов полос. Всё это дополнительно повышает трудо-, энерго- и материалоёмкость используемой технологии. В связи с изложенным целесообразно обратить внимание на следующее.

С целью достижения надлежащей твёрдости полос чистовой проход волочения проводят с достаточно высокой вытяжкой, но не превышающей 1,25–1,33 [1, 2], чтобы избежать обрывов переднего конца и получить требуемые нормативами кривизну, серповидность, волнистость.

Повышение эксплуатационных свойств полос, в частности твёрдости – главное условие увеличения стойкости коллектора на истирание и, следовательно, роста ресурса машины.

С целями значительного повышения твёрдости полос из термически неупрочняемых бронз, а также снижения трудо-, энерго- и материалоёмкости технологии и улучшения экологической ситуации разработано и практически реализовано следующее технологическое решение [3].

Горячепрессованную заготовку волочат, интегрируя деформационное упрочнение металла и регламентируя нарастание суммарного коэффициента вытяжки до значений $\lambda_{\Sigma} = 1,6–3,0$, при этом вытяжку устанавливают в следующих интервалах: 1,2–1,36 в первом проходе, 1,17–1,22 во втором и последующих проходах, включая чистовой. Далее представлен механизм осуществления разработанного режима.

1. В условиях действующего производства наиболее подходящей является прессованная заготовка, так как она имеет более высокую пластичность по сравнению с горячекатаной: во-первых, вследствие мягкой схемы напряженного состояния при прессовании с преобладанием сжимающих напряжений; во-вторых, из-за нередкого на практике выхода температуры конца прокатки за нижний предел интервала, что снижает пластичность заготовки и приводит к необходимости её отжига перед волочением; в-третьих, качество поверхности прессованной заготовки, как правило, выше, чем катаной, поскольку при прессовании практически все поверхностные дефекты литой заготовки остаются в пресс-остатке, а при горячей прокатке, помимо пороков литья, на поверхности заготовки появляются дефекты прокатного происхождения.

2. Важное отличие нового регламента от традиционной технологии, кроме ликвидации отжигов и сопутствующих им вспомогательных операций, – создание режима гидродинамического трения (РГТ) путём применения напорных, т. е. нагнетающих смазку волок, и использования порошкообразной смазки [4]. Эффективным и экономически целесообразным преимуществом новой схемы является отсутствие необходимости изготовления напорных волок, так как для них используют отработавшие свой ресурс рабочие волокна, у которых размеры канала после его реставраций превысили допуски на размеры сечения профиля. С учётом того, что стойкость напорной волоки существенно

выше стойкости рабочей, можно использовать рабочую волоку с изношенным каналом в качестве напорной, а канал напорной волоки обрабатывать до размеров каналов рабочей или напорной волок предыдущего прохода и т. д.

3. Профиль каналов напорных и рабочих волок традиционно включает входную, смазочную, деформационную, калибрующую и выходную зоны. Размеры калибрующей зоны напорной волоки должны быть такими, чтобы между поступающей в неё заготовкой и поверхностью этой зоны имелся зазор – с целью втягивания сухой смазки и создания РГТ. Его величина на основании опытных данных авторов составляет 0,2–0,4 мм на сторону. С целью создания надёжного РГТ полууглы деформационной зоны напорных и рабочих волок назначают невысокими и в узком диапазоне, равным 5–7.

4. Волоочильный канал твёрдосплавных напорной и рабочей вставок сборной волоки [4] получают электроэрозионным вырезанием на прецизионном станке AGIECUT CLASSIC 2S (Швейцария), применяя в качестве расходоуемого электрода проволоку диаметром 0,25 мм из латуни марки Л63. Таким образом, высокая точность обработки волоочильного канала с целью реализации регламента согласно [3] достигается вполне надёжно.

5. Частные коэффициенты вытяжки по проходам λ_i назначают с учетом высокой пластичности горячепрессованной заготовки: 1,28...1,36 – в первом проходе; а с учетом накопленного металлом деформационного упрочнения и во избежание обрывов переднего конца: 1,17–1,22 – во втором и последующих проходах. Такое распределение λ_i в маршрутах неоднократно проверено в производственных условиях и зарекомендовало себя вполне надёжным.

Практическая реализация режима волочения [3] весьма перспективна, так как улучшаются следующие показатели.

1. Повышены потребительские свойства профилей крупного сечения из нетермоупрочняемых бронз в результате увеличения их твёрдости. Интенсивное деформационное упрочнение металла снижает его пластичность, однако её уровня достаточно для соответствия нормативам как по состоянию поверхности профилей (отсутствуют задиры и риски), так и для их последующей холодной штамповки. В частности, при проведении в присутствии авторов операции вырубке ламелей из коллекторных полос высотой 100 мм, полученных по технологическому регламенту [3], нарушения качества изделий не зафиксировано.

2. Снижены трудо-, энерго- и материалоёмкость производства профилей за счёт ликвидации промежуточных отжигов и сопутствующих операций – травления, промывки, сушки, транспортирования.

3. Отсутствие химической обработки заготовок (травления) улучшает экологическую ситуацию как непосредственно в волочильном цехе, так и на предприятии в целом.

4. Получена твёрдость по Бринеллю готовых коллекторных полос в интервале 1200–1250 МПа, т. е. существенно выше значений, нормированных стандартами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боков Н. Ф. Коллекторные профили из электротехнических бронз производства ОАО «Каменск-Уральский завод ОЦМ» / Н. Ф. Боков, Л. М. Железняк, Т. В. Мазунина // Цветная металлургия. 2010. № 7. С. 10–18.
2. Перлин И. Л. Теория волочения. / И. Л. Перлин, М. З. Ерманок. Изд. 2-е Москва : Металлургия, 1971. 488 с.
3. Пат. РФ № 2468877. Способ производства профилей из электротехнических бронз. // БИ № 34, 2012.
4. Патент РФ № 2434700. Сборная волока для волочения в режиме гидродинамического трения изделий из труднодеформируемых сплавов. // БИ № 33, 2011.