

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТРАМВАЙНЫХ РЕЛЬСОВ

Я. П. ЧЕРНЯК, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Оценены триботехнические характеристики металла, наплавленного порошковыми проволоками аустенитного (ПП-АН202) и ферритного (ПП-АН203) классов, и стали М76. Установлено, что при сухом трении скольжения металла по металлу наилучшим комплексом эксплуатационных свойств отличается наплавленный металл аустенитного класса, способный к тому же упрочняться в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: дуговая наплавка, порошковые проволоки, триботехнические характеристики, износостойкость, восстановление трамвайных рельсов

В процессе эксплуатации трамвайных колес и рельсов, работающих в паре, в основном изнашиваются внутренние боковые поверхности головки или губы рельсов. Наиболее интенсивно процесс изнашивания происходит на криволинейных участках пути, где обычно устанавливаются желобчатые рельсы, срок эксплуатации которых в зависимости от интенсивности движения составляет 5–8 лет.

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана технология восстановления рельсов непосредственно в пути [1], что значительно сокращает расходы на их эксплуатацию. Это стало возможным благодаря созданию новых порошковых проволок аустенитного (ПП-АН202) и ферритного (ПП-АН203) классов для наплавки трудносвариваемых высокоуглеродистых сталей без подогрева.

Требования, которые предъявляются к трамвайным рельсам, весьма противоречивы. Так, они должны иметь достаточную прочность, повышающуюся по мере увеличения площади поперечного сечения, и в то же время из соображений экономичности целесообразно добиваться снижения массы рельса. Для улучшения сцепления колес с рельсом поверхность катания должна быть достаточно шероховатой, хотя для уменьшения сопротивления движению она должна быть гладкой. Для лучшего сопротивления изгибу необходима жесткость рельса, а для снижения ударно-динамического воздействия колес — гибкость. Металл рельсов должен быть твердым, чтобы противостоять смятию и истиранию, но при этом вязким, чтобы не было изломов [2].

Определив характеристики износостойкости разработанных электродных материалов, можно в первом приближении оценить их работоспособ-

ность, не прибегая к длительным и дорогостоящим эксплуатационным испытаниям. С этой целью проведены исследования триботехнических характеристик металла, наплавленного порошковыми проволоками ПП-АН202, ПП-АН203, и стали М76, применяемой для изготовления трамвайных рельсов и колес.

Для оценки износостойкости и фрикционных свойств наплавленного металла использовали универсальный узел машины трения, предназначенный для лабораторно-экспериментальной оценки триботехнических характеристик пар трения при комнатной температуре [3]. Испытания проводили методом истирания лунок по схеме вал–плоскость без дополнительной подачи смазки в зону трения. Образцы для испытаний, вырезанные из верхних валиков наплавленного металла, имели размер 3×20 мм. Контртело диаметром 40 мм и шириной 12 мм изготовлено из стали М76, имеющей твердость *HV* 180. При испытаниях образца определяли его износ по объему вытертой лунки, износ контртела — по разнице его массы до и после испытания, а также силу трения между образцом и контртелом.

По результатам предварительных экспериментов выбран следующий режим испытаний: скорость скольжения 0,06 м/с, нагрузка 29,5 Н, продолжительность испытания после приработки 35 мин. Такой режим обеспечивал стабилизацию триботехнических характеристик всех исследуемых металлов. Использование системы позиционирования образцов позволило повторять испытания каждого образца не менее трех раз на новом участке поверхности трения образца и новой дорожке трения контртела.

Образцы вырезали из металла, наплавленного модельными порошковыми проволоками ПП-Нп-ОП1, ПП-Нп-ОП2 диаметром 2,6 мм (таблица) на режимах, обеспечивающих хорошее формирование валиков непосредственно при наплавке рельсов (ток 400...450 А, напряжение 24...26 В, ско-



Химический состав (мас. %) рельсовой стали М76 и металла, наплавленного экспериментальными проволоками

Материал (марка проволоки)	C	Si	Mn	Cr	Ni+Mo+V	Ti
Основной металл (сталь М76)	0,780	0,20	1,00	—	—	—
Наплавленный металл:						
аустенитный (ПП-Нп-ОП1)	0,450	1,28	1,10	—	1,31	2,55
ферритный (ПП-Нп-ОП2)	0,504	0,45	10,04	9,82	2,15	—

рость наплавки не менее 30 м/ч). Экспериментальные проволоки обеспечивали состав металла, аналогичный получаемому при однослойной наплавке рельсов из стали М76 проволоками ПП-АН202 (ПП-Нп-ОП1) и ПП-АН203 (ПП-Нп-ОП2). Образцы стали М76 вырезали из головки трамвайного рельса.

Проанализировав полученные результаты, представленные на рис. 1–3, можно заключить, что наиболее высокие показатели износостойкости имеет металл аустенитного класса, наплавленный порошковой проволокой ПП-Нп-ОП1. Износ контртела при его испытании минимальный.

Износостойкость металла ферритного класса, наплавленного проволокой ПП-Нп-ОП2, близка к износостойкости рельсовой стали М76. Однако износ контртела в паре с образцом наплавленного металла в 4...5 раз меньше, чем контртела в паре с образцом из стали М76. Можно предположить, что при использовании для наплавки проволоки ПП-АН203 износостойкость восстановленных деталей из стали М76, работающих при трении металл по металлу, будет на уровне новых, при этом существенно уменьшится износ сопряженной детали.

Результаты исследований свидетельствуют об отсутствии прямой зависимости между коэффициентом трения и износостойкостью. С точки зрения улучшения сцепления трамвайных колес и рельсов наилучший результат дает наплавленный металл аустенитного класса, полученный с использованием порошковой проволоки ПП-Нп-ОП1, поскольку имеет наибольший коэффициент трения в паре с металлом из стали М76.

Сравнение поверхностей трения после испытаний показало, что существенных отличий между образцами из стали М76 и наплавленными проволоками ферритного класса нет. Поверхности износа имеют глубокие царапины (рис. 4, а, б). Шероховатость поверхностей, измеренная шуповым оптико-механическим профилометром, составляет 50...60 мкм.

На образцах, наплавленных проволокой аустенитного класса ПП-Нп-ОП1 и имеющих высо-

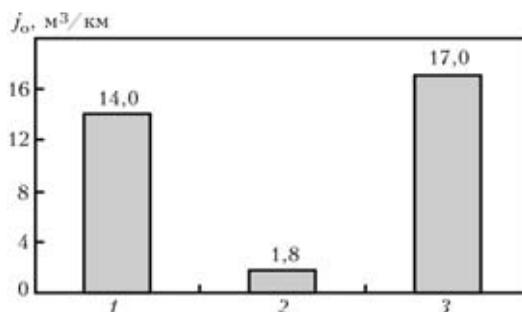


Рис. 1. Износостойкость образцов из стали М76 (1), наплавленного металла аустенитного (2) и ферритного (3) классов в паре с контртелом из стали М76

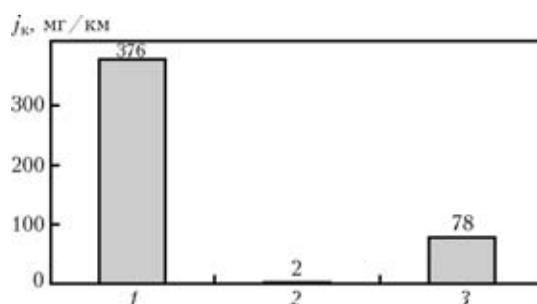


Рис. 2. Износостойкость контртела j_k : 1 — М76+М76; 2 — М76+аустенитный металл; 3 — М76+ферритный металл

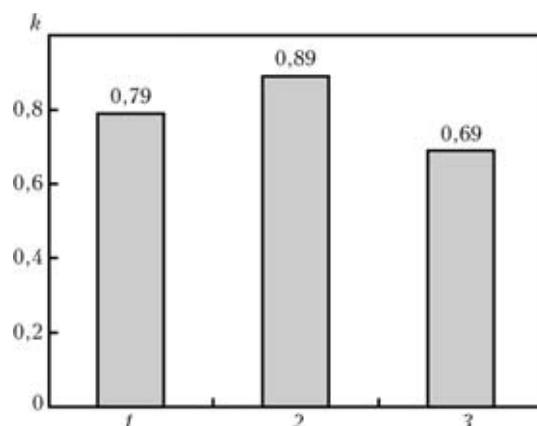


Рис. 3. Коэффициенты трения контртела из стали М76+М76 (1), М76+аустенитный металл (2) и М76+ферритный металл (3)

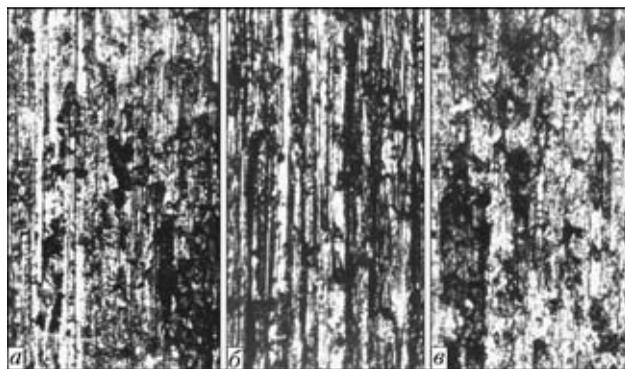


Рис. 4. Вид ($\times 80$) поверхности трения образцов из стали М76 (а), наплавленного металла ферритного (б) и аустенитного (в) классов

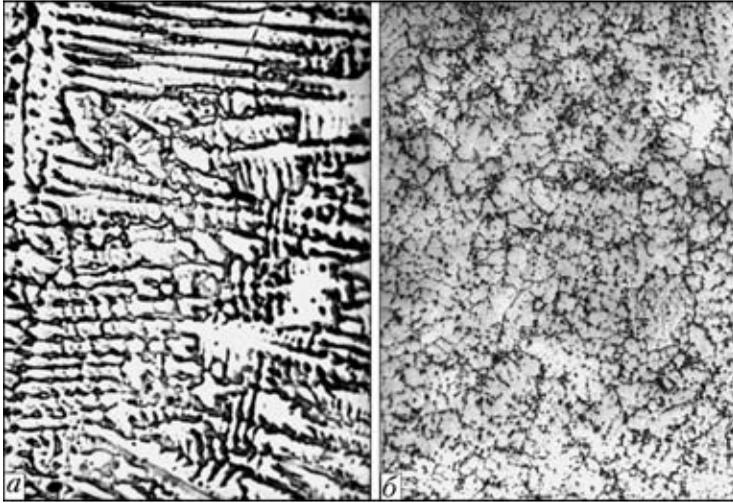


Рис. 5. Микроструктура ($\times 500$) металла, наплавленного порошковыми проволоками ПП-Нп-ОП1 (а) и ПП-Нп-ОП2 (б)

кую износостойкость, обнаружено минимальное количество царапин на поверхности трения (рис. 4, в), а их шероховатость — на уровне 5...10 мкм.

Исследования показали, что металл, наплавленный проволокой ПП-Нп-ОП1, имеет аустенитную структуру (рис. 5, а), а проволокой ПП-Нп-ОП2 — ферритную структуру с включениями мелких карбонитридов титана (рис. 5, б).

Tribotechnical characteristics of the metal deposited with flux-cored wire of austenitic (PP-AN202), and ferritic (PP-AN203) classes and steel M76 have been evaluated. It is established that at dry friction at metal sliding over metal the best set of service properties is found in the deposited metal of the austenitic class, which is, moreover, capable of strengthening during operation.

Твердость аустенитного наплавленного металла составляет $HV\ 200...230$, но под действием ударных нагрузок при эксплуатации рельсов она возрастает до $HV\ 500...530$. Ферритный наплавленный металл имеет твердость $HV\ 170...195$ и после воздействия ударных нагрузок ее значения не изменяются. Возможно, более высокая износостойкость аустенитного наплавленного металла объясняется способностью упрочняться в процессе эксплуатации.

Таким образом, исследования трибо-технических характеристик при сухом трении скольжения металла по металлу показали, что наилучшим комплексом свойств отличается наплавленный металл аустенитного класса. Возможной причиной более высокой износостойкости аустенитного металла является его способность к упрочнению в процессе эксплуатации.

1. Каленский В. К., Черняк Я. П., Притула С. И. Восстановительная наплавка изношенных трамвайных рельсов // Сварщик. — 1999. — № 2. — С. 5.
2. Сосянц В. Г. Городские рельсовые пути и дороги. — М.: Стройиздат, 1965. — 335 с.
3. Рябцев И. И., Черняк Я. П., Осин В. В. Блочно-модульная установка для испытаний наплавленного металла // Сварщик. — 2004. — № 1. — С. 18–19.

Поступила в редакцию 13.06.2007

ПЕРЕНОСНЫЕ НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ АГРЕГАТЫ ТЕМП-НВ И ТЕМП-НВ-М

Совместная разработка ИЭС им. Е. О. Патона и МНТЦ «ТЕМП»

Агрегаты обеспечивают эффективное удаление вредных веществ, образующихся при сварке, из труднодоступных мест и замкнутых объемов (трюмов судов, цистерн, емкостей и т.п.), используются также для подачи чистого воздуха в рабочую зону при проведении сварочных работ. Могут работать в полевых условиях от бортовой сети автомобиля или других источников питания от 14 до 24 В без преобразователя. Производительность удаления воздуха ПВА ТЕМП-НВ — не менее $1500\text{ м}^3/\text{ч}$, ТЕМП-НВ-М — $3500\text{ м}^3/\text{ч}$, масса — 16 кг.



Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 60
Тел.: (38044) 287 12 77; факс: (38044) 528 04 86
E-mail: levchenko.o@paton.kiev.ua