

УДК 621.9.025.7

Установление технологических параметров шлифования рельсов с использованием композиционных абразивных инструментов

Максимов Илья Сергеевич i.maksimov@samgups.ru

Галанский Сергей Анатольевич galanski@samgups.ru

Рахчеев Валерий Геннадьевич rahcheev@samgups.ru

Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия

Аннотация. Представлены итоги экспериментальных исследований процесса шлифования железнодорожных рельсов с использованием разработанного композитного модифицированного шлифовального круга. Выявлено оптимальное значение скорости шлифовального круга, обеспечивающее максимальную эффективность процесса механической обработки при оптимальной мощности. Определены оптимальные конструктивные характеристики вставок на керамической основе, расположенных на рабочей поверхности предложенного абразивного круга, предназначенного для шлифования рельсов из стали марки Э76Ф. Экспериментально подтверждено значительное увеличение эффективности предложенного шлифовального круга при формировании необходимого ремонтного профиля рельса. При этом не наблюдается негативных явлений, таких как выгорание или выкрашивание, на бакелитовой части шлифовального круга.

Ключевые слова: шлифование, композиционный модифицированный шлифовальный круг, керамическая вставка, стойкость круга, производительность шлифования, режимы резания, коэффициент шлифования

Setting the technological parameters for grinding rails using composite abrasive tools

Maksimov Ilya Sergeevich i.maksimov@samgups.ru

Galansky Sergey Anatolievich galanski@samgups.ru

Rakhcheev Valery GGennadievich rahcheev@samgups.ru

Volga State Transport University, Samara, Russia

Abstract. This article presents the results of experimental studies of the process of grinding railway rails using a developed composite modified grinding wheel. The optimal speed of the grinding wheel has been determined, ensuring maximum efficiency of the machining process at optimal power. The optimal design characteristics of ceramic-based inserts located on the working surface of the proposed abrasive wheel for grinding rails made of E76F steel have been determined. The significant increase in the efficiency of the proposed grinding wheel in forming the required repair profile of the rail has been experimentally confirmed. There are no negative effects, such as fading or chipping, on the bakelite part of the grinding wheel.

Keywords: grinding, composite modified grinding wheel, ceramic insert, wheel durability, grinding performance, cutting modes, grinding coefficient

Динамические нагрузки, создаваемые движущимся составом на прямолинейных и криволинейных участках железнодорожного пути, обуславливают возникновение разнообразных дефектов на поверхности рельсов, включая волнообразный износ, деформацию головки, сколы на поверхности катания, проскальзывания колес, а также неравномерное истирание головки рельса. Игнорирование своевременного устранения данных дефектов может привести к их прогрессированию и перерастанию во внутренние повреждения головки рельса, что повлечет за собой значительные затраты на ремонтные работы, такие как восстановление целостности рельсовой плети.

Для предотвращения и минимизации негативного воздействия указанных дефектов на эксплуатационные параметры железнодорожного пути эффективно применение технологии шлифования рельсов, осуществляемого как непосредственно на пути, так и в стационарных условиях на рельсосварочных предприятиях. В качестве примера на рис. 1 продемонстрированы ремонтные поперечные профили рельсов, эксплуатируемых на криволинейном участке, подвергнутые перепрофилированию с использованием шлифовального поезда.

Ключевыми показателями, определяющими эффективность работ по шлифованию рельсов, являются: производительность процесса, точность воспроизведения поперечного и продольного профиля рельса, расходы на замену и стоимость шлифовальных кругов, а также степень шероховатости обработанной поверхности. Один из примеров ремонтного профиля, получаемого в процессе профильного шлифования, представлен на рис. 1 [1].

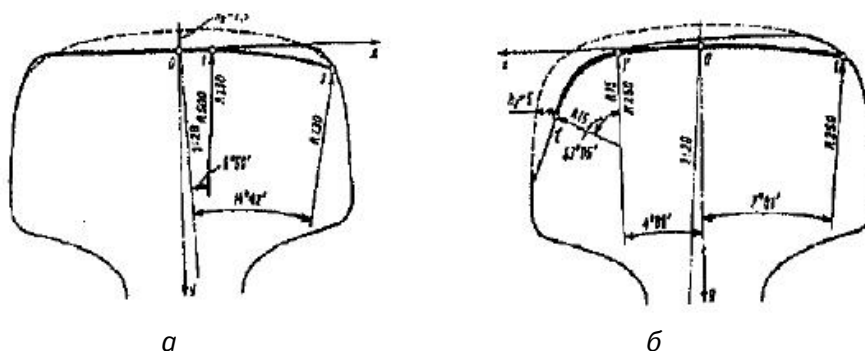


Рис. 1. Ремонтный профиль рельсов Р65 для поведения шлифования:

а — профиль для внутренней нити; б — профиль для наружной нити

Отметим недостатки существующей применяемой технологии шлифования рельсов. Недостатком существующего способа шлифования является то, что он не обеспечивает высокой эффективности обработки. Это связано с тем, что для обеспечения безприжогового шлифования рельсов применяют абразивные круги на бакелитовой связке. Однако абразивный инструмент на такой связке имеет невысокую стойкость против действия охлаждающих

жидкостей, низкую кромкостойкость и теплостойкость и выгорает при нагревании до 250–300 °С, а при 200 °С и выше бакелитовая связка приобретает хрупкость. Все это снижает эффективность шлифования рельсов и увеличивает расход абразивного инструмента.



Рис. 2. Экспериментальные образцы композиционных шлифовальных кругов:

а — для ручного станка; *б* — для рельсо-шлифовального станка

С целью повышения эффективности шлифования рельсов в пути предлагается применять композиционные абразивные круги, сочетающие в себе режущие участки на керамической и бакелитовой связках, поэтому могут сочетать в себе все достоинства встречного и попутного шлифования. Характеристика режущих участков круга на керамической и бакелитовой связке может быть одинаковой или для создания определенных условий шлифования различна. Чередование режущих участков на бакелитовой и керамической связках круга обеспечивает безприжеговое шлифование рельсов и повышение производительности обработки. Далее в работе была принята исходная конструкция круга, которая в дальнейшем исследовалась. За базовую конструкцию было взято решение из патента РФ запатентованное авторами данной работы [2]. В результате проведенных исследований параметры конструкции круга уточнялись или принимались решения об изменении конструкции [3–9].

В данной работе решается следующая поставленная задача: исследование влияния конструктивных параметров абразивного инструмента на процесс шлифования.

Влияние режимных параметров на процесс шлифования очень велико. Как влияют эти параметры на процесс шлифования рассматривали многие исследователи [10–12].

Технологический процесс шлифования рельсов характеризуется группами показателей, которые представляют собой взаимосвязь основных параметров абразивного инструмента (АИ), параметров воздействия АИ на объект обработки и выходные управляемые параметры, определяющие эффективность и качество всего процесса шлифования. Параметры воздействия АИ на рельс выражаются режимными параметрами, такими как скорость вращения АИ, усилия прижатия АИ к рельсу и мощность резания, температура круга и объекта при работе, скорость продольной подачи АИ, угол наклона АИ к рельсу. Все эти параметры влияют на производительность процесса шлифования и качество обрабатываемой поверхности рельса.

Следующим этапом было проведение натурных исследований. Целью проводимых натурных экспериментов являлось определение эффективной конструкции круга, а именно параметров керамической вставки, и наиболее эффективных режимов обработки верхней части поверхности катания головок железнодорожных рельсов. В ходе экспериментов определялась стойкость абразивных кругов, величина съема основного металла и качество обработанной поверхности. На рис. 2 представлены лабораторные образцы исследуемых модифицированных композиционных шлифовальных кругов двух типов.

Оптимизация технологических режимов процесса шлифования и структурных характеристик шлифовального круга проводилась путем реализации трехфакторного эксперимента. Выбранные параметры (факторы) и их уровни, принятые в исследовании представлены в таблице. Значения параметров принимались на трех уровнях: верхней уровень –1, основной уровень 0 и нижний уровень +1.

**Выбранные для исследования режимные параметры и их уровни
к матрице планирования экспериментов**

Параметр	Обозначение параметра	Натуральные уровни факторов (параметров)		
		Верхний –1	Основной 0	Нижний +1
Мощность резания, кВт	N	1	2	3
Скорость шлифовального круга, м/с;	V	40	50	60

Измерения режимных параметров процесса шлифования рельса проводилось на лабораторной установке, где имелась возможность регулирования следующих параметров: мощность резания от 1 до 3 кВт, сила прижатия к АИ к головке рельса от 0 до 50 Н, скорость круга от 0 до 60 м/с (максимальная по внешнему краю АИ), скорость продольной подачи на лабораторной установ-

ке постоянная $-0,5$ м/с. Результаты исследования представлены в третьем пункте данной работы.

На рис. 3 представлен график зависимости коэффициента шлифования $K_{\text{ш}}$ от режимных параметров — скорости шлифовального круга и прилагаемой мощности шлифования N . Из анализа зависимостей этого графика можно сделать вывод, что наиболее эффективное значение скорости шлифовального круга составляет 60 м/с при оптимальной мощности процесса 3 кВт.

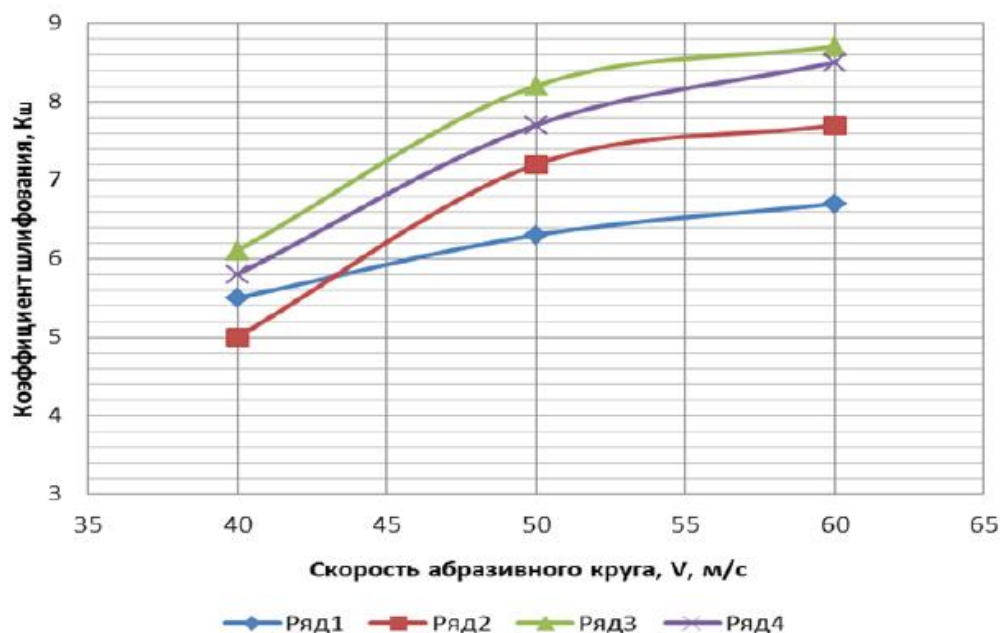


Рис. 3. График зависимости коэффициента шлифования $K_{\text{ш}}$ от скорости шлифовального круга при мощности шлифования:
 ряд 1 — коэффициент шлифования стандартного круга при $N=3$ кВт; ряд 2 — $N=2$ кВт;
 ряд 3 — $N=3$ кВт; ряд 4 — $N=3,5$ кВт

Температура на поверхности круга при максимальной скорости резания 60 м/с составляла 190°C при мощности $N = 3$ кВт. При этом деструктивных процессов (выгорания и выкрашивания) на бакелитовой части круга не наблюдалось.

Таким образом, в ходе экспериментальных исследований были определены конструктивные параметры вставок на керамическом связующем предлагаемого абразивного круга для шлифования рельсов и составили: зернистость 80, структура 10, твердость СТЗ. Эффективные режимы резания предлагаемым МКШК составили: мощность резания 3 кВт, скорость круга 60 м/с. При этом коэффициент шлифования составил $K_{\text{ш}} = 8,7$. При скорости 50 м/с — 8,1. Стандартный круг показал $K_{\text{ш}} = 6,3$ и $K_{\text{ш}} = 6,7$. Шероховатость обработанной поверхности катания рельсов составила $R_z = 45\text{--}60$. Следовательно, можно сделать вывод о значительном повышении эффективности предлагаемого шлифовального круга.

Список источников

- [1] Инструкция по шлифованию и фрезерованию рельсов в пути и стационарных условиях. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД», 2019, № 3185р, 68 с.
- [2] Рахчеев В.Г., Максимов И.С., Галанский С.А., Мустафин А.Г., Денисов В.В., Прусов М.В. Композиционный шлифовальный круг для торцевого шлифования. Патент № 2697542 РФ, 2019, бюл. № 23.
- [3] Максимов И.С., Рахчеев В.Г., Галанский С.А., Мустафин А.Г. Теоретические особенности формирования поверхности катания головок рельсов при шлифовании. *Ученые записки КнАГТУ*, 2021, № 5 (53), с. 65–70.
- [4] Максимов И.С., Рахчеев В.Г., Галанский С.А., Мустафин А.Г. Анализ механизма износа абразивных кругов при шлифовании рельсов. *Ученые записки КнАГТУ*, 2022, № 1(57), с. 68–75.
- [5] Максимов И.С., Галанский С.А., Мустафин А.Г. Объектно-ориентированное проектирование процесса шлифования рельсов в пути с использованием композиционных абразивных инструментов. *Ученые записки КнАГТУ*, 2022, № 3 (59), с. 99–109.
- [6] Максимов И.С. Проектирование и создание композиционных шлифовальных кругов повышенной производительности для обработки рельсов. *Ученые записки КИПУ*, 2023, № 1 (79), с. 233–241.
- [7] Максимов И.С., Рахчеев В.Г., Галанский С.А., Максимова Т.С. Определение термодинамического состояния композиционных шлифовальных кругов и обработанной поверхности рельсов в процессе шлифования. *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*, 2023, № 2 (358), с. 82–90.
- [8] Максимов И.С., Мигранов М.Ш., Репин Д.С. Износостойкость композиционных шлифовальных кругов. *Сборка в машиностроении, приборостроении*, 2023, № 5, с. 217–222.
- [9] Rakhcheev V.G., Maksimov I.S., Galanskiy S.A., Mustafin A.G., Zolkin A.L. Theoretical features of the formation of the rolling surface of the rail heads during grinding. *AIP Conference Proceedings. Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies*. 2022, vol. 2467, art. no. 020001. <https://doi.org/10.1063/5.0092498>
- [10] Корчак С.Н. *Производительность процесса шлифования стальных деталей*. Москва, Машиностроение, 1974, 280 с.
- [11] Фефелов В.Н. *Повышение эксплуатационных свойств поверхности катания рельсов за счет оптимизации режимов шлифования и параметров абразивного инструмента*. Дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2006, 159 с.
- [12] Ильиных А.С. *Обоснование и разработка научно-методических основ высокопроизводительной технологии шлифования рельсов в условиях железнодорожного пути*. Дис. ... д-ра техн. наук. Саратов, 2013, 140 с.