ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9.014

А.Б. Виноградов, Р.В. Пучнин, А.В. Бугров

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ СТАРОГОДНЫХ РЕЛЬСОВ

Одно из главных направлений интенсификации экономики – всемерное сбережение предметов труда (сырья, материалов, энергии), представляющих собой составную часть огромной массы материальных ресурсов страны. Рациональное потребление материальных ресурсов предполагает их многократное использование. Концепция однократного применения вовлекаемых в хозяйственный оборот ресурсов изжила себя и экономически, и технологически, и экологически. Кардинально решить эту проблему можно лишь на основе широкого внедрения безотходных технологии, общегосударственной регенерации этих ресурсов, а применительно к рельсам – внедрения комплексной системы эффективного их использования, такая система включает в себя периодические профилактические и восстановительные ремонты рельсов в пути и в стационарных условиях, а также их многократную ступенчатую перекладку с грузонапряженных линий на менее деятельные направления, станционные и прочие пути магистрального и промышленного транспорта.

Усиление путевого хозяйства рельсами тяжелых типов, переход к массовому выпуску термически упрочненных рельсов, обладающих повышенной эксплуатационной стойкостью, еще в большей степени подчеркивают актуальность многооборотного использования старогодных рельсов. Доля рельсов тяжелых типов составляет 98 % общего протяжения снимаемых при капитальном ремонте пути рельсов.

Движения поездов по железнодорожному пути вызывают неравномерный износ рельсов, который преобразуется в ухудшение направления колес и за некоторым пределом в опасность схода с рельсов. Также в процессе эксплуатации рельсов на поверхности катания образуется наклепанный слой металла, который является неоднородным по структуре, имеет множество трещин и микротрещин, различные внутренние напряжения и дислокации. Вследствие больших контактных напряжений происходит пластическое оттеснение металла, что приводит к неравномерному износу и формированию отличного от стандартного поперечного профиля головки рельса. Поэтому необходимо заменять эти изношенные рельсы либо новыми, либо рельсами, профиль головки которых восстановлен путем повторного профилирования.

Одним из наиболее эффективных мероприятий по снижению затрат при содержании пути является продление срока службы рельсов за счет их своевременного ремонта и повторной укладки [1, 2]. Работоспособность рельсов, особенно тяжелых категорий по массе, не исчерпывается в первый период их эксплуатации. Общий срок службы рельсов значительно увеличивается при повторной их укладке и эксплуатация на менее деятельных направлениях сети железных дорог. Однако, как показывает практика, перекладка старогодных рельсов без их ремонта сокращает возможности длительной эксплуатации этих рельсов.

Ремонт, включающий обрезку смятых концов, вырезку дефектных мест, правку, сварку и др., был продолжительное время оправдан. В настоящее время, когда на значительной протяженности сети дорог укладываются рельсы тяжелого и особо тяжелого типа, которые выходят из строя преимущественно из-за контактно-усталостных повреждений, такой ремонт рельсов недостаточен. Старогодные рельсы, прошедшие подобный ремонт, после повторной укладки снимаются по усталостным дефектам, получившим развитие до перекладки и не удаленным при ремонте. Эти дефекты значительно ограничивают второй срок службы рельсов.

Исследование вопросов организации и технологии комплексного ремонта старогодных рельсов, с целью продления срока их службы, приобретает важное значение, так как перекладка рельсов после проводимого сейчас ремонта в стационарных условиях, мало эффективна.

Вопросами увеличения срока службы рельсов, и проблемами механической обработки при ремонте рельсов в стационарных условиях занимались ученые: В.Л. Порошин, Л.П. Мелентьев, В.Г. Альбрехт, В.С. Лысюк, Д.Г. Евсеев, С.Н. Корчак, Е.А. Шур и др. В своих трудах данные ученые неоднократно отмечали важность мероприятий по улучшению использования старогодных рельсов и повышению качества их ремонта. Последнее обстоятельство может быть обеспечено комплексным ремонтом, т. е. ремонтом, включающим ме-

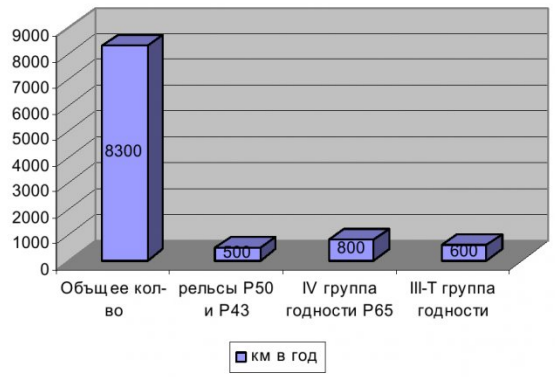

Рис. 1. Объемы высвобождения старогодных рельсов

ханическую обработку поверхности катания для удаления волнообразного износа, максимального удаления имеющихся разрушений и дефектов в поверхностных слоях головки и придания ей соответствующего ремонтного профиля.

Ежегодные объемы высвобождения старогодных рельсов в определенной степени стабильны. За год при всех видах ремонта изымают рельсы примерно на 8,3 тыс. км пути. Из них около 500 км – рельсы типа Р50 и Р43 и около 800 км - типа Р65 IV-й группы годности (рис. 1).

Из оставшихся 7000 км около 600 км занимают рельсы группы III-Т имеющие значительную наработку тоннажа. Их ремонт в стационаре не

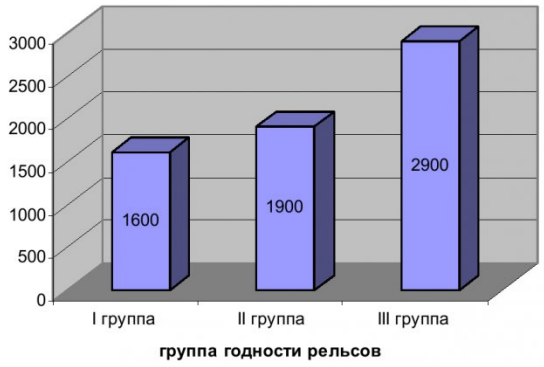

Рис. 2. Объемы высвобождения старогодных рельсов по группам годности (км в год)

эффективен и они используются, как правило, для укладки в станционные пути. Остается 6400 км пути с рельсами I-III групп годности, которые подлежат ремонту. Из них рельсов I-й группы годности – около 1600 км или 25 %, II-й группы – примерно 1900 км или 30 % и III-й – 2900 км или 45 % (рис. 2).

Потребность в новых рельсах будет складываться из объемов усиленного капитального и капитального ремонта на таких рельсах и их укладки на подходах к стрелочным переводам. Расход новых рельсов на замену снимаемых по боковому износу в кривых малого радиуса следует исключать из практики железных дорог. На замену рельсов в кривых в год их надо около 900 км по одной нити. Технически возможно и необходимо обеспечить замену не менее 500 км по ресурсосберегающей технологии с последующей перекладкой в прямые участки с переменой рабочего канта и высвобождением рельсов без износа для замены в следующей кривой. А на оставшиеся 400 км придется укладывать старогодные отремонтированные.

Таким образом, годовая потребность в старогодных рельсах с разбивкой по группам годности и виду ремонта такова:

- для замены упорных нитей в кривых по боковому износу – 200 км (400 км по одной нити) II-й группы годности с профильной обработкой головки на станках;

- для капитального ремонта участков пути 3-го класса – 1600 км I-II (при недостатке и III-й) групп годности с профильной обработкой головки на станках;

- для замены остродефектных и дефектных рельсов в процессе эксплуатации - 900 км I-II групп годности с профильной обработкой головки на станках;

- для капитального ремонта главных путей 4-го класса – 250 км III-й группы годности с профильной обработкой головки РШП или без нее;

- для капитального ремонта станционных и подъездных путей – 450 км. III-III-Т групп годности, как правило, без профильной обработки головки.

В итоге нужно рельсов I-II групп годности с профильной обработкой головки на станках – 2700 км, а III-III-Т групп годности с обработкой головки РШП и без обработки – 700 км.

Таковы основные принципы стратегии и усредненные общесетевые показатели использования старогодных рельсов. Соотношение этих показателей для каждой дороги будут отличаться от среднесетевых в зависимости от фактического состояния рельсов, а также тенденций его изменения.

Из вышесказанного можно сделать вывод: необходимо уделять повышенное внимание ремонту рельсов в стационарных условиях и их физико-механическим свойствам.

С целью качественного восстановления рабочей поверхности рельсов, удаления поверхностных дефектов, выкрашиваний металла и его наплывов со второй половины 90-х годов XX века началось широкое внедрение на РСП сети железных дорог рельсофрезерных станков. Первоначально был запущен в эксплуатацию станок PRV-250 французской фирмы "Жейсмар", а затем распространение получил отечественный станок РФС 6992 Ульяновского завода тяжелых и уникальных станков. Оба станка имеют в своем составе две фрезы, укомплектованные прямоугольными и радиусными твердосплавными пластинами, для фрезерования поверхности катания и выкружки головки рельсов (рис. 3).

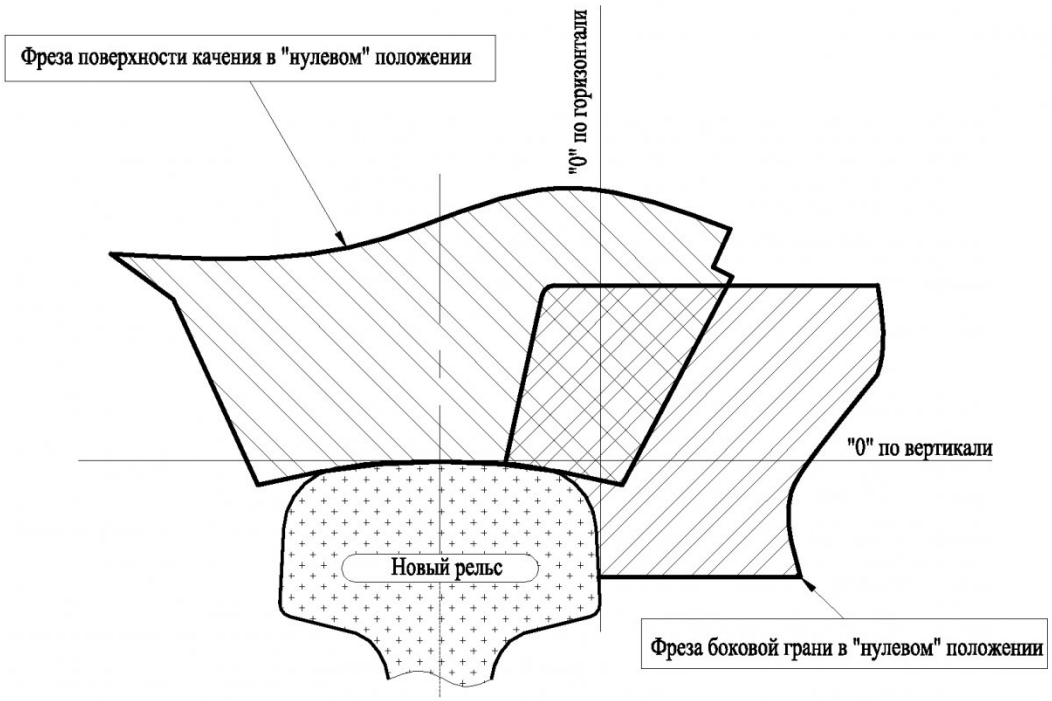

Рис. 3. Схема фрезерования головки рельсов

Однако, по мере ввода в эксплуатацию рельсофрезерных станков и проведения работ по репрофилированию отечественных объемнозакаленных старогодных рельсов, возникли проблемы, связанные с низкой эксплуатационной стойкостью твердосплавных пластин и, соответственно, их повышенным расходом.

Анализ работы рельсофрезерных станков показал, что основной причиной преждевременного выхода из строя твердосплавного режущего инструмента, и деталей самого оборудования, как на отечественном, так и на зарубежном оборудовании являются сколы и выкрашивания рабочих граней твердосплавных пластин, а также поломки движущихся частей самого станка.

Причины низкой стойкости твердосплавных пластин заключаются в том, что сколы рабочих граней пластин и поломки деталей станков происходят при их взаимодействии с наклепанным поверхностным слоем старогодных объемнозакаленных рельсов.

Основным фактором в развитии процессов формирования наклепанных слоев является циклическая пластическая деформация металла. [3]

Эффективным техническим решением данной проблемы представляется внедрение в технологический процесс операции индукционного отжига наклепанного слоя толщиной 0,3-1,0 мм с сохранением структуры металла сердцевины головки объемно-закаленного рельса.

Исследование режимов фрезерования старогодных рельсов в РСП-29 (ст. Промышленная) показало, что глубина резания составляла 0,5 мм (при скорости подачи рельса 4 м/мин, серийный режим). При данной скорости и глубине резания нагрузка на двигателе фрезы поверхности качения составляет 50 А, что является максимальной допустимой нагрузкой на двигатель. Фреза боковой грани потребляет гораздо меньшие затраты энергии. Приведенные данные показывают, что при серийном режиме фрезерования пластины взаимодействуют с твердым наклепанным слоем металла, и, исходя из нагрузки на приводном двигателе фрезы поверхности качения, были получены вышесказанные режимы фрезерования.

Взаимодействие фрез станка и рельса носит ударный характер, что и обусловливает образование сколов пластин, их повышенный расход и снижение качества поверхности фрезерованного рельса.

Привлекательность индукционного нагрева в промышленности связана, прежде всего, с технологической простотой, высокой производительностью, высокой точностью поддержания режима термической обработки, высокой степенью экологичности, легкостью встраивания в автоматизированные технологические линии. Предварительная нормализация наклепанного слоя позволяет восстановить структуру и механические свойства металла и повысить обрабатываемость рельсов при ремонте. Это позволит повысить производительность механической обработки, стойкость режущего инструмента, качество ремонта старогодных рельсов и сократить расходы на дорогостоящий инструмент. [4]

Основной целью исследований являлось определение оптимальной температуры нормализации, обеспечивающей снижение твердости поверхностных слоев в течение заданного времени нагрева. Быстрый индукционный нагрев тонкого поверх-

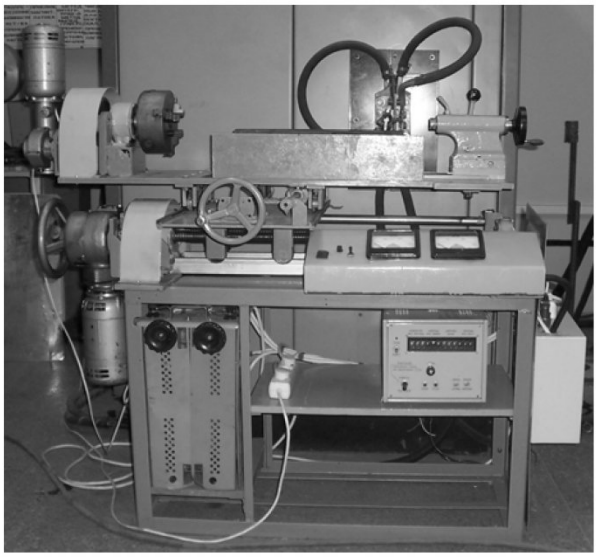

Рис. 5. Общий вид индукционной установки

Рис. 4. Общий вид установки-генератора ТВЧ

ностного слоя металла должен обеспечивать его нормализацию, а не индукционную закалку за счет интенсивного охлаждения поверхностного слоя металла головки рельса.

Характерной чертой высокочастотного индукционного нагрева является высокая скорость нагрева (около 1000 °С/с). Первичная рекристаллизация наклепанного слоя при нормализации, заключающаяся в зарождении и формировании новых зерен с неискаженной кристаллической решеткой, протекает очень быстро. В соответствии с этим при выборе режима индукционного обработки наклепанного слоя рельсов (скорости и температуры нагрева) следует учитывать, что с ростом скорости индукционного нагрева интервал первичной рекристаллизации смещается в область высоких температур. С учетом вышесказанного для гарантированной нормализации наклепанного слоя толщиной 0,3...1,0 мм температура нагрева должна быть около 600 °С. Частота тока в индукторе – 0,44 МГц для обеспечения нагрева лишь поверхностного слоя указанной толщины без разупрочнения глубинных слоев металла головки объемнозакаленного рельса. [5]

Для проведения лабораторных исследований на кафедре "Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин" СГУПСа была создана установка для моделирования процесса индукционной обработки для нормализации поверхности головки рельса (рис. 4, 5).

При этом режим нагрева для индукционной обработки должен обеспечивать указанные выше параметры глубины (до 1,0 мм) и температуры нагрева при скорости перемещения рельса около 5-6 м/мин, что будет удовлетворять заданной производительности рельсофрезерного станка при той же нагрузке на валу двигателя фрезы поверхности качения 50 А.

Для определения тем-

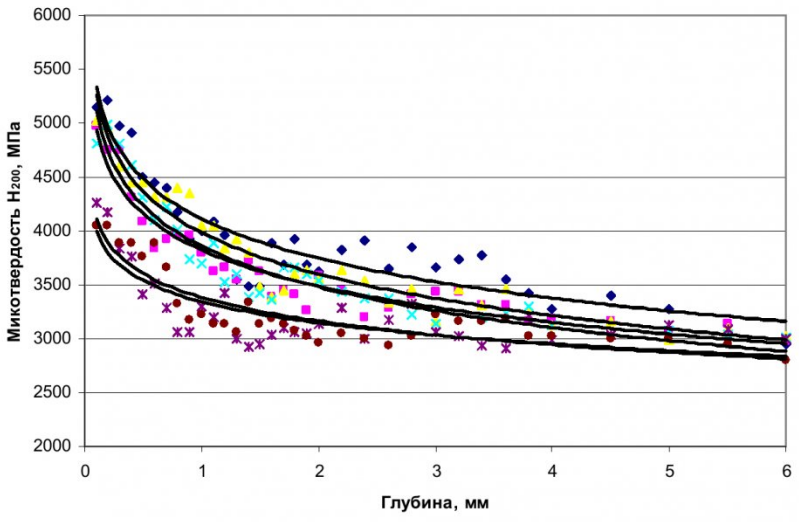

Рис. 6. Распределение твердости в головке старогодного объемнозакаленного по оси катания рельса после пропуска 620 млн т брутто и после нормализациипри различных режимах обработки ТВЧ

пературы в зоне нагрева головки рельса ТВЧ была разработана совместно с университетом теоретической и прикладной механики ДУ СОРАН г. Новосибирска программа Thermo 2d St, предназначенная для расчета квазистационарного распределения температуры в поперечном сечении головки рельса, которая нагревается под воздействием движущегося с постоянной скоростью V_x источника ВЧ поля (индуктора).

Анализ полученных данных показывает (рис. 6) снижение твердости упрочненного слоя с 5300 до 4000 МПа при нагреве с различными режимами установки-генератора ТВЧ.

Предварительная нормализация наклепанного слоя позволяет восстановить структуру и механические свойства металла и повысить обрабатываемость рельсов при ремонте.

Для механической обработки разупрочненного слоя необходимо выявить рациональные режимы резания и параметры режущего инструмента.

Практическая ценность данной работы заключается в том, что в условиях дефицита новых рельсов и их стоимости разрабатываемый метод ремонта позволит в значительной мере уменьшить потребность в новых рельсах за счет мобилизации внутренних резервов и тем самым обеспечить бесперебойность и безопасность движения поездов.

Решение поставленных задач позволит повысить производительность механической обработки, качество ремонта старогодных рельсов и сократить расходы на дорогостоящий инструмент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мелентьев Л.П., Порошин В.Л., Фадеев С.И.* Содержание и ремонт рельсов / Под ред. Л.П. Мелентьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 231 с.

2. *Мелентьев Л.П.* Ресурсосбережение в рельсовом хозяйстве // Ж.-д. трансп., 1996. № 5. – С. 44-48.

3. *Гуляев А.П.* Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

4. *Головин Г.Ф., Замятнин М.М.* Высокочастотная термическая обработка. – Л: Машиностроение, 1990. – 300 с.

5. *Поляк М.С.* Технология упрочнения. – М: Машиностроение,1995. – Т. 1, 2. – 1520 с.

Авторы статьи:

Виноградов
Алексей Борисович
- канд.техн.наук, доц. Сибирского государственного университета путей сообщения

Пучнин
Роман Вячеславович
- аспирант Сибирского государственного университета путей сообщения

Бугров
Александр Валерьевич
- аспирант Сибирского государственного университета путей сообщения

УДК 621.96/97

Т. К.Тюнюкова

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ СЛОИСТЫХ ДЕТАЛЕЙ

В различных отраслях народного хозяйства применяются слоистые детали, представляющие собой оболочки, в том числе и незамкнутые, и пластины с плавными пологими или плоскими поверхностями, ограниченными контурами произвольных очертаний и содержащие уложенные в определенной последовательности листовые материалы с различными физико-механическими свойствами. Наибольшее распространение они получили в транспортном машиностроении, при создании технологических машин и оборудования, а также в строительстве. Собранные из разнородных листовых элементов, слоистые детали используются в качестве несущих плоскостей конструкций и могут выполнять роль защиты от воздействия химически агрессивных сред, тепловых, электрических и других воздействий, являться декоративными или сочетать в себе комбинацию этих свойств. Соединение определенным образом подобранных конструкционных материалов позволяет создавать композиты, механические характеристики которых не могут быть получены при использовании однородных материалов.

Изготовление слоистых деталей предусматривает необходимость выполнения ряда технологических операций, к которым относятся: получение заготовок из листовых элементов; обработка деталей в соответствии с чертежами; образование в них отверстий; укладка в пакеты; установка болтовых, заклепочных или других соединений. В процессах изготовления, эксплуатации и при выполнении ремонтных работ неизбежно возникает необходимость получения готового изделия в предварительно собранном пакете