



**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
НАЦИОНАЛЬНОЙ ГОРНОЙ
АКАДЕМИИ УКРАИНЫ**

№ 13
ТОМ 2

Министерство образования и науки Украины
Национальная горная академия Украины

**Сборник научных трудов
Национальной горной академии Украины**

**№ 13
Том 2**

Дніпропетровськ
Видавництво «Навчальна книга»
2002

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЕСНЫХ ПАР МАШИН РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ГОКОВ

А.В. Сладковский¹⁾, В.С. Хмиленко²⁾, В.Н. Рубан²⁾

¹⁾Катовице (Польша), Силезский технический университет

²⁾Днепропетровск, Национальная металлургическая академия Украины

Рассмотрена технология восстановительного ремонта рабочей поверхности колесных пар машин рельсового транспорта на колесофрезерном станке КЖ-20. Определены параметры силовых характеристик, воздействующих на чашечный резец в процессе резания, при всех скоростных режимах станка КЖ-20. В результате проведенных расчетно-конструкторских работ разработана конструкция фрезы для обработки рабочих поверхностей колесных пар машин рельсового транспорта металлургических предприятий и ГОКов.

Розглянуто технологію відновлювального ремонту робочої поверхні колісних пар машин рейкового транспорту на колесофрезерному верстаті КЖ-20. Визначено параметри силових характеристик, що впливають на чашковий різець у процесі різання, при усіх швидкісних режимах верстата КЖ-20. В результаті проведених розрахунково-конструкторських робіт розроблена конструкція фрези що до обробки робочих поверхонь колісних пар машин рейкового транспорту металургійних підприємств і ГОКів.

The technology of reduction repair of a working surface of wheel pairs of machines of the rail transport on milling the machine tool KG-20 is considered. The parameters of force performances influencing on cup-shaped a cutter during cutting, for want of all high-speed modes of the machine tool KG-20 are certain. In an outcome of conducted rated - design efforts the construction of a mill for processing working surfaces of wheel pairs of machines of the rail transport of the metallurgical enterprises and ore mining and processing enterprise is developed.

1. Эксплуатационные особенности машин рельсового транспорта

Повышение производительности труда в горно-рудной отрасли неразрывно связано с совершенствованием технических средств карьерного транспорта. Среди различных видов транспорта, используемых на железорудных предприятиях, особое место занимает железнодорожный транспорт. Им выполняется 45% общих объемов перевозок. Он является самым экономичным, надежным и бесперебойно работающим в различных климатических условиях.

Современному этапу развития горно-транспортных машин, как в нашей стране, так и за рубежом, присуща тенденция к увеличению объемов перевозки горной массы рельсовым транспортом, и, в частности, при использовании смешанных схем транспорта: железнодорожно-конвейерном, автомобильно-железнодорожном. Таким образом, рельсовый транспорт открытых горных разработок, являясь связующим звеном между извлечением горной массы и ее переработкой, играет важную роль в общем комплексе добычи полезных ископаемых, а его технико-экономические показатели оказывают существенное влияние на работу всей горно-транспортной системы.

Рельсовый транспорт отрасли имеет свои специфические особенности: наличие большого количества кривых малого радиуса, обычно 100 - 200 м, а минимальных радиусов даже 40 - 60 м; большое количество стрелочных переводов - в среднем на 1 км пути около двух стрелочных переводов; значительные (до 60 %) уклоны; большие осевые нагрузки, которые достигают 350 кН [1] и ряд других особенностей. Подвижной состав отрасли так-

же специфичен: это различные думпкары, например, 2ВС-105, ВС-136, ВС-85, 2ВС-180 и т.д.; тяговые агрегаты EL-1, EL-2, EL-10, ПЭ2, ПЭ2М, ОПЭ1Б и другие горно-транспортные машины.

Одной из важнейших проблем рельсового транспорта отрасли является повышение долговечности и износостойкости пары колесо-рельс. В сложных физико-механических условиях контактного взаимодействия, при наличии высоких статических и динамических нагрузок, температурного воздействия и присутствия абразива происходит интенсивный износ рабочих поверхностей колес и бандажей, а также верхнего строения пути, что снижает их долговечность, уменьшает межремонтный срок, приводит к большим экономическим затратам на их восстановление или ремонт. Поэтому эффективность использования горно-транспортных машин в значительной степени определяется затратами на ремонт и техническое обслуживание, а насколько они велики можно судить по тому, что для большинства ГОКов межремонтный срок эксплуатации колес думпкаров составлял 3-6 месяцев. В сложившихся экономических условиях отвлечение значительных средств на ремонт горно-транспортных машин и агрегатов необходимо существенно уменьшить, поэтому проблема снижения интенсивности износа в паре колесо-рельс рудничного транспорта, повышения долговечности ее элементов актуально, прежде всего, с экономических позиций, особенно с учетом значительно возросших цен на металлопродукцию.

Локомотивные колеса в процессе эксплуатации подвержены интенсивному износу и требуют восстановительного ремонта в деповских условиях металлургических предприятий и ГОКов. По данным

ЦНИИТЭИ МПС [2] самые распространенные неисправности колесных пар приведены на рис. 1.

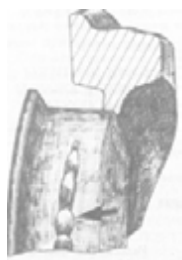


Рис. 1. а. Навар

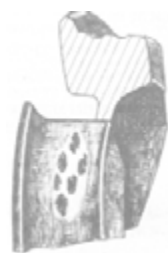


Рис. 1. б. Выщербины



Рис. 1. в. Ползун

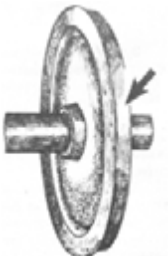


Рис. 1. г. Неравномерный прокат



Рис. 1. д. Место уширения обода



Рис. 1. е. Отколы кругового наплыва



Рис. 1. ж. Поверхностный откол обода

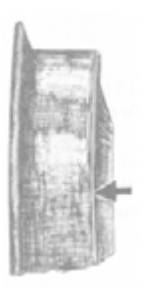


Рис. 1. з. Наплыв на фаску

2. Технология восстановительного ремонта на колесофрезерных станках КЖ-20

Большая часть таких колес восстанавливается без выкатки колесных пар. В настоящее время в различных локомотивных депо для восстановления профиля колесных пар без их выкатки из-под локомотива используются колесофрезерные станки КЖ-20 (рис. 2) различных модификаций. Намного реже используются колесотокарные станки. В основном это станки фирмы «РАФАМЕТ».

Колесофрезерные станки предназначены для восстановления фасонного профиля поверхности катания бандажей колесных пар подвижного состава железнодорожного транспорта без выкатки из-под локомотива. Колесофрезерный станок КЖ-20

представляет собой конструкцию с единой, подвешиваемой из центра оси колесной пары. Такая конструкция обеспечивает абсолютную concentricity и равенство диаметров колес фрезеруемой колесной пары независимо от квалификации оператора.



Рис. 2. Колесофрезерный станок КЖ-20.

Устанавливаются внутри траншеи под колесами, оставляя свободным передвижение локомотива над станком. Используют в работе метод скоростного фрезерования одновременно двух бандажей специальными фасонными фрезами. Подача фрез осуществляется перпендикулярно (под углом 90°) к оси колесной пары, избегая боковых усилий и обеспечивая точность выполнения профиля.

Станки такого типа появились в начале 50-х годов в США. В СССР фрезы для подобных станков были разработаны во Всесоюзном научно-исследовательском инструментальном институте. Европейские страны используют колесотокарные станки, а в США колесофрезерные станки. Фирма «Simmons-Stanga» в качестве преимуществ фрезерования указывает, что фрезерование имеет лучшие характеристики динамики резания, у фрез этой фирмы применяется от 115 до 185 режущих кромок. Для сравнения, при точении – одна или две режущие кромки. При фрезеровании локомотивное колесо лишь вращается, в то время как для точения за счет вращения колеса обеспечивается резание.

3. Конструкционные особенности фасонных фрез для станка КЖ-20

Обработка колесных пар на колесофрезерных станках осуществляется при помощи фасонных фрез (рис. 3) [3]. Данные фрезы состоят из следующих основных деталей. В корпусе 1 устанавливаются пластины (ножи) 2. Их крепление осуществляется винтами 3 и сухарями 4, при этом торец ножа со стороны гребня должен быть прижат к базовому кольцу 5 винтом 8. Ножи устанавливаются в пазы корпуса в строго определенном порядке и маркируются в соответствии с номерами пазов. Левое (базовое) кольцо 5 и правое 6 крепятся к корпусу винтами 7. Режущими элементами фрез являются

ся твердосплавные чашечные пластины 9, которые вставляются в отверстия ножей и крепятся в них при помощи винтов 10 и гаек 13. Под чашечные пластины устанавливаются компенсационные шайбы 12 различной толщины. С их помощью достигается необходимая точность расположения чашек при наладке фрез. По конструкции левая и правая фреза аналогичны.

Конструкция фрез должна быть такой, чтобы каждая чашка обрабатывала новый участок поверхности профиля локомотивного колеса. Это позволяет довольно точно восстанавливать профиль рабочей поверхности бандажа при восстановительном ремонте на станке КЖ-20. Расположение каждой чашки индивидуально, характеризуется двумя координатами, глубиной и углом наклона.

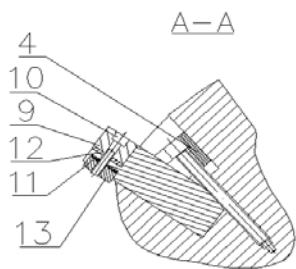
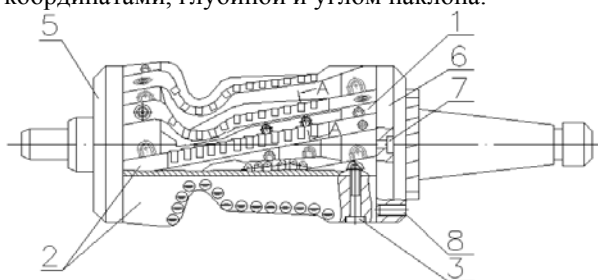


Рис.3. Фасонная фреза ДМетИ

Обработка колесных пар на колесофрезерных станках осуществляется при помощи фасонных фрез. По конструкции левая и правая фреза аналогичны. Лучшие технические решения, заложенные в конструкцию фрезы, были использованы при проектировании новых локомотивных фрез ДМетИ [4]. Значительно упрощает процесс проектирования пакет вычислительных программ для расчета локомотивных фрез к станкам типа КЖ-20.

При проектировании ножей важно, чтобы чашки на всех ножах располагались равномерно, обеспечивая взаимное перекрытие и чистоту обработки профиля поверхности колеса. В соответствии с Инструкцией по формированию и содержанию колесных пар ТПС пункт 6.10.12 [5] необходимо, чтобы чистота обработанной поверхности колесной пары соответствовала $R_z 80$. Допуск на биение последовательно работающих резцов составляет 0,05 мм.

Основным недостатком обработки колесных пар при помощи фасонных фрез, разработанных ранее, заключается в сравнительно малой чистоте обработки рабочих поверхностей катания.

4. Характеристики режимов резания

Основываясь на результатах проведенных исследований технологий обработки металлов реза-

нием можно сделать вывод, что наиболее приемлемым методом определения силы резания, действующей на фрезу, является определение силы при фасонном точении. На рис. 4 показано расположение одного чашечного резца 1 фрезы на поверхности профиля колеса, в момент резания. Наилучшие показатели резания чашечного резца 1 достигаются при его установке под углом к поверхности резания равным 82° , 2 - обработанная поверхность профиля колеса, 3 - глубина снимаемого металла с поверхности профиля колеса, заданная конструкцией ножа фрезы равна 0,7 мм.

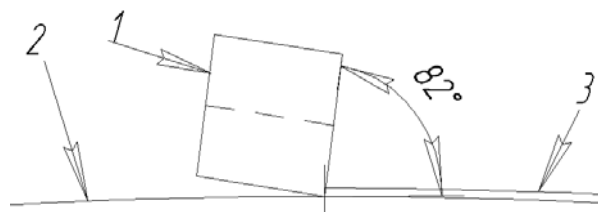


Рис. 4. Расположение чашечного резца в момент резания

Приступим к расчету силы резания чашечного резца 1 фрезы, который расположен в зоне выкружки поверхности катания колеса 2 (рис. 5).

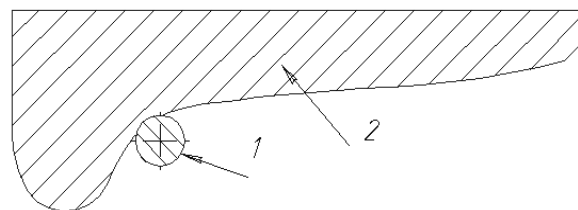


Рис. 5. Чашечный резец, работающий в зоне выкружки на поверхности профиля колеса

Причина выбора именно этого чашечного резца, в зоне выкружки - наибольшая длина режущей части чашечного резца.

Расчет проводится при всех скоростных режимах станка КЖ-20. Для определения силы резания, действующей на чашечный резец, используем формулу силы резания при фасонном точении [6]:

$$P_z = 10C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p \quad (1)$$

где:

C_p - постоянная условий обработки $C_p = 300$;

x, y, n - показатели степени, $x=0,1, y=0,75, n = -0,15$;
 t - длина режущей части чашечного резца $t=3,4$ мм;
 V - скорость резания, обусловленная техническими условиями станка КЖ-20, имеющего шесть скоростных режимов работы;

S - перемещение инструмента относительно заготовки.

Оно определяется для дальнейшего расчета при всех скоростных режимах станка, как подача на один нож, S_z , мм. Рассчитывается по приведенной

формуле:

$$S_z = \pi \times D_k \times \frac{n_k}{n_f \times z}, \quad (2)$$

где:

D_k - диаметр колеса по кругу катания, $D_k = 1250$ мм;

n_k - частота вращения колеса, $n_k = 1/45$ об/мин;

n_f - частота вращения фрезы;

z - число ножей фрезы, $z = 16$.

Полученные результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1
Зависимость подачи на один нож от скорости резания

V, об/мин	S_z мм/нож
70	0,1
90	0,078
120	0,058
140	0,05
160	0,044
180	0,039

Принимаем $S = S_z$, так как подача на нож одинакова для всех чашечных резцов ножа.

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания, и рассчитывается по формуле:

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{r p}, \quad (3)$$

где:

$K_{\phi p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий главный угол в плане, $K_{\phi p} = 0,89$;

$K_{\gamma p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий передний угол, $K_{\gamma p} = 1,18$;

$K_{\lambda p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий угол наклона главного лезвия, $K_{\lambda p} = 1$;

$K_{r p}$ - поправочный коэффициент, учитывающий радиус при вершине режущей кромки чашечного резца, $K_{r p} = 0,87$;

K_{mp} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости, рассчитывается по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^{0,75}, \quad (4)$$

где:

σ_b - временное сопротивление разрыву [7], МПа.

Расчетные силовые характеристики, при всех скоростных режимах представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сила резания на одном резце для различных скоростей резания

V, об/мин	Pz, Н
70	1169
90	932.665
120	719.914
140	626.655
160	555.694
180	499.803

Расчетные данные показали соответствие техническим условиям по эксплуатации станка КЖ-20, наибольшее усилие резанию 20кН, а наибольший крутящий момент на шпинделе станка 2,1кН·м.

В результате научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы разработана принципиально новая фасонная фреза разборной конструкции. Ее конструкция отвечает техническим, технологическим и эксплуатационным требованиям.

Увеличено число ножей и, соответственно, число режущих чашечных пластин. Благодаря конструкторским решениям вес конструкции не превышает 100 кг. При увеличении диаметра фрезы повышается скорость резания, уменьшается время обработки колесной пары. Соответственно, повышается производительность восстановления профилей колес в процессе ремонта.

Чистота обработанной поверхности колесной пары, после обработки улучшенной фасонной фрезой, по сравнению с Инструкцией по формированию и содержанию колесных пар ТПС увеличивается в 1,5 раза. После обработки поверхности колесной пары можно проводить мероприятия по лазерному упрочнению поверхности катания. Облегчается обслуживание конструкции, в процессе ремонта фасонной фрезы. Метод фрезерования является более приемлемой технологией для восстановления профиля колесных пар локомотивов магистрального и промышленного транспорта, не требует больших технологических и эксплуатационных затрат.

Библиографический список

1. Есаулов В.П., Сладковский А.В. Напряженно-деформированное состояние цельнокатаных железнодорожных колес // Проблемы прочности, 1990. №10. – С. 75 –78.
2. Дунаев Л.И. Выявление неравномерного проката по внешним признакам. “Вагоны и вагонное хозяйство” (ЦНИИТЭИ МПС), 1988, экспр. 3.
3. Есаулов В.П., Сладковский А.В., Шмурыгин Н. Фасонные фрезы для профильной обработки локомотивных колес //Машиностроение Украины. – 1995. № 2. –С. 46 – 47.
4. Есаулов В.П., Сладковский А.В. Разработка копирующего инструмента для обточки колесных пар // Вестник ВНИИЖТ. –1991. №4. – С. 34 – 36.

5. Инструкция по формированию и содержанию колесных пар подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. ЦТ/4351. –М.: Транспорт. – 1987. – 87 с.

6. Касилова А.Г., Мещеряков Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. - М.: Машиностроение 1985.

7. Узлов И.Г., Гасик М.И., Есаулов А.Т. Колесная сталь. - К.: Техника, 1985.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. С.Е. Блохіним
15.02.2001 р.*

© Сладковский А.В., Хмиленко В.С., Рубан В.Н.

22	Литвинский Г.Г. Проходческий комбайн "MIR"	94
23	Сургай Н.С., Кулиш В.А., Карпенко А.В. Энергосберегающий подход к использованию высокопроизводительного оборудования непрерывного действия на открытых горных работах	97
24	Верескун В.Д., Балон Л.В., Верескун Е.В. Оптимизация режимов управления тормозами карьерного поезда при совместном использовании различных тормозных систем	102
25	Риполь-Сарагоси Т.Л. Технология механической осушки сжатого воздуха – как средство обеспечения безопасности движения подвижного состава	108
26	Балон Л.В., Яницков И.А. Регулирование скорости наполнения тормозных цилиндров локомотивов	112
27	Дидык Р.П., Кравченко Ю.Г., Мелешик В.А. Силы и температура резания при точении композитами износостойких чугунов	114
28	Габіна І.С. Моделювання параметричних коливань підійомної посудини шахтної врівноваженої установки при взаємодії з жорстким армуванням під час аварійного гальмування	118
29	Сладковский А.В., Гондарь И.Н., Сладковская О.П. Тестовая модель прохождения железнодорожным колесом неровности пути	122
30	Сладковский А.В., Ситаж М., Сладковская О.П. Анализ температурных напряжений в железнодорожных колесах промышленного транспорта	127
31	Сладковский А.В., Хмиленко В.С., Рубан В.И. Восстановление профиля рабочей поверхности колесных пар машин рельсового транспорта металлургических предприятий и ГОКов	132
32	Зиборов К.А. Разработка элгергоресурсосберегающего привода транспортного средства	137
33	Чермалых В.М., Чермалых А.В., Данилин А.В. Построение системы фаззи-управления для уменьшения динамических нагрузок в сложных электромеханических установках	140
34	Калашников О.Ю., Держинский В.А. Формирование технической политики АО «НКМЗ» в области производства горного оборудования	146
35	Крыськов О.Д. Структура технологической операции изготовления детали резанием с технологическим переходом "фрикционное формообразование"	153
36	Алімов В.І., Єгоров М.Т., Штихно А.П. Удосконалення деформаційно-термічного зміцнення швидкорізальних сталей	157
37	Гутько Ю.И. Энергоносители для паровоздушных молотов	161
38	Драгобщкий В.В. Определение технологических параметров получения штамповочных изделий при штамповке и сварке изрывом	164
39	Зеленцов Д.Г. Новые конечные элементы переменной жесткости для расчета конструкций, подверженных коррозионному износу	169
40	Гльчук О.І. Дослідження вуглецевих сталей з використанням мультифрактального формалізму	174
41	Кассов В.Д. Повышение надежности сварных узлов горношахтного оборудования	177