

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Восстановление колеса мостового крана»

Студент

А. Д. Галочкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент

Г. М. Короткова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.т.н., доцент

Н.В.Зубкова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.т.н., доцент

А.Н.Москалюк

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Цель дипломного проекта – экономия материальных ресурсов модернизация оборудования и качества сварочных материалов для отработки технологии по восстановлению колеса мостового электрического крана Г10.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: проанализирована и изучена конструкция и свойства материала колеса мостового электрического крана Г10; подобрано сварочное и слесарное оборудование а так же подобрано оборудование и средства для контроля; выбраны режимы для провидения наплавки; разработана(подобрана) оснастка для модернизации технологического процесса; предусмотрены мероприятия по охране здоровья и жизни производственного персонала; произведена оценка экономической эффективности предложенного проекта.

Пояснительная записка содержит 72 стр. машинописного текста, 37 рисунков, 14 таблиц.

Для разработки данной технологии использовано новейшее сварочное оборудование для полуавтоматической сварки в среде защитных газов плавящимся электродом фирмы Fronius TPS 400i. Подобрана сварочная проволока зарубежного образца повышенного качества ITALFIL-350. Сконструирована и подобрана оснастка, для автоматизации процесса наплавки.

Для защиты производственного персонала участвующего в сварке от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Рассчитан экономический эффект от внедрения предлагаемых технических решений, который составит 1912399,83руб.

Содержание

Введение	4
1 Анализ конструкции колеса мостового электрического крана Г10.....	5
1.1 Описание конструкции колеса мостового крана.....	5
1.2 Свойства материала колеса крана.....	6
1.3 Дефекты, возникающие в процессе эксплуатации мостового крана.	7
1.4 Базовые процедуры по замене и вводе в эксплуатацию нового кранового колеса.....	11
2 Выбор сварочного оборудования и материалов для восстановления колеса мостового крана плавящимся электродом.....	15
2.1 Выбор операций по восстановлению колеса мостового крана.....	15
2.2 Выбор оборудования для восстановления колеса мостового крана	19
2.3 Выбор сварочных материалов для восстановления колеса мостового крана.....	35
3 Разработка технологии восстановления колеса мостового крана.....	42
3.1 Определение параметров механизированной наплавки плавящимся электродом.....	42
3.2 Отработка технологии восстановления колеса мостового крана.....	46
3.3 Технологический процесс восстановления колеса мостового крана.....	50
4 Безопасность и экологичность технологического процесса восстановления колеса крана.....	53
4.1 Санитарные правила и техника безопасности при наплавке металлов	55
4.2 Охрана окружающей среды.....	58
5 Экономическая эффективность предложенных решений по восстановлению колеса.....	60
Заключение.....	72
Список используемой литературы.....	73

Введение

В современном машиностроении широко используются электрические мостовые краны. Мостовые краны имеют два основных типа, по которым они рассчитаны на определённый вес: это опорные и подвесные. Для тяжёлого машиностроения используются опорные краны, так как они рассчитаны для транспортировки тяжёлых грузов, а так же являются наиболее надёжными и устойчивыми по сравнению с подвесными кранами. От максимально перемещаемого веса крана зависит, какой диаметр колёс будет использоваться. Колёса мостового крана являются его основой, они же имеют высокий процент износа, что приводит к частой замене. Для повышения долговечности колёс на мостовых кранах разрабатывались технологии по их восстановлению.

Одну из таких технологий решено было разработать для повышения долговечности и качества, используя новые материалы и оборудование.

В данной технологии восстановление колеса происходит за счёт наплавки сварочной проволоки на изношенную поверхность. Сварка является основной операцией, но также используются механическая обработка до и после проведения наплавочных работ. С помощью новых материалов и сварочного оборудования можно будет модернизировать и улучшить технологию наплавки, что в дальнейшем приведёт к ускорению и низкой себестоимости восстановлений колёс на производстве.

В связи с этим следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности, экономичности и качества сварочных и механических операций при отработке технологии по восстановлению кранового колеса.

1 Анализ конструкции колеса мостового электрического крана Г10

1.1 Описание конструкции колеса мостового крана

Колёса для мостовых кранов производятся по ГОСТ 28648-90.

По предоставленному ГОСТу колёса производятся 2-х разновидностей: К2Р – двухребордные; К1Р – одноробордные.

Колесо К2Р. Например, К2Р 450х100 обозначает: колеса крановые двухребордные с диаметром поверхности катания 450 мм и шириной поверхности катания 100 мм.

Колеса в кране бывают 2-ух видов: приводные, в которых имеется шпоночное отверстие, и ведомые, именуемые холостыми, (не имеющие шпоночное отверстие). Выпускают их в примерном соотношении 50/50. То есть приводные колеса чаще всего соединяют с основным механизмом тележки либо крана.

Помимо этого, они могут изготавливаться с разного типа ступицами. Внутренний диаметр этого компонента делают таким, чтобы иметь возможность смонтировать или полноценный вал с буксами на роликоподшипниках, или шарикоподшипниках.

Для отработки технологии используется колесо типа К2Р 450х100 (рисунок 1; таблица 1).

Таблица 1 – Технические данные колеса К2Р 450х100

Наименование параметра	Показатель
Диаметр поверхности катания, мм	400
Диаметр колеса, мм	450
Ширина поверхности катания, мм	100
Ширина обода, мм	140
Ширина ступицы, мм	150
Материал	65Г
Масса, кг	70
Твёрдость поверхности катания и реборды	320-390 НВ

6.3
√(√)

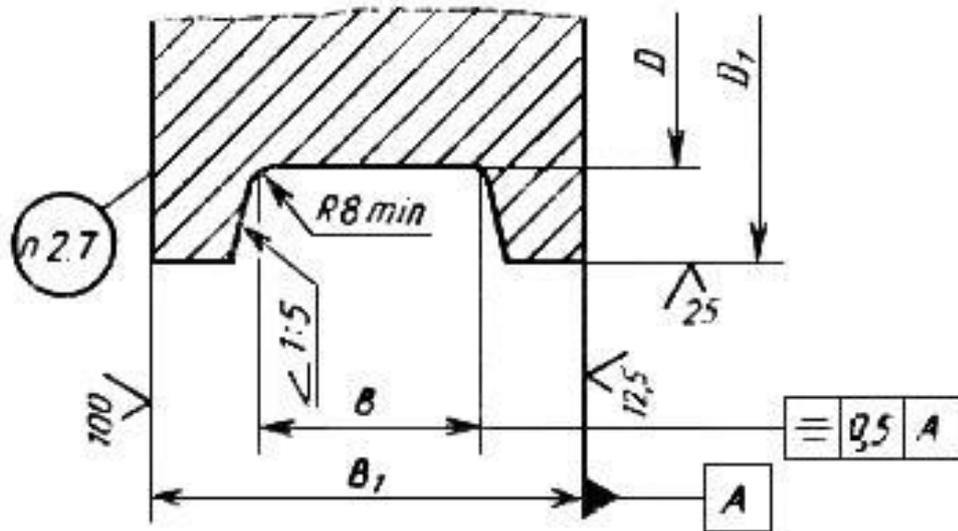


Рисунок 1 - Профиль обода колеса типа К2Р по ГОСТ 28648-90

1.2 Свойства материала колеса крана

Колесо изготовлено из стали марки 65Г по ГОСТ 14959, химический состав которой приведен в таблице 2.

Под маркой 65Г имеется в виду многокомпонентная сталь, применяемая в качестве конструкционного материала. Она используется для литья и дисрукции спиральных пружин, рессор, тормозных лент, фланцев, а ещё пружинных, листовых шайб и иных элементов. Рессорно-пружинная сталь изготавливается в соответствии с ГОСТ 14959-79.

Широкой известностью пружинная сталь 65Г пользуется при изготовлении различных пружин. Для этого металл имеет возможность поставляться в виде прутьев, проволоки, листов и кованных болванок. Не считая того, что на способ изготовления и свойства готовых деталей действует термообработка.

При изготовлении пружин из сверхпрочной патентированной проволоки составляющие необходимо подвергнуть отпуску в около

температурном режиме с 250 по 350°C. Это необходимо для того, чтобы снять созданное при изготовлении внутреннее напряжение и увеличить упругость витков продукта.

Процесс отпуска имеет возможность выполняться как в селитровых ваннах, так и электрических, либо нефтяных печах. В первом случае время удерживания пружины составляет примерно 10 минут, а другом, обработка стали 65Г ведётся в течение 40 мин.

При производстве пружин из отожженного металла, может быть, потребуется не только термообработка стали 65Г, твердость ее в этом моменте будет играть самую главную роль. К примеру, при применении проволоки (более 6 мм), чтоб добавить изделию прочности нужно произвести отпуск при повышенной температуре (около 720 °C), а после произвести закалку. Что касается изделий, которые навиваются в разогретом виде, то тут непременно потребуется нормализация, выполняемая перед всеми прочими процессами.

Таблица 2 - Химический состав стали 65Г

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,62- 0,7	0,17- 0,37	0,9- 1,2	≤ 0,25	≤0,0 35	≤0,0 35	≤ 0,25	≤0,2

1.3 Дефекты, возникающие в процессе эксплуатации колеса мостового крана

Эксплуатация крана приводит к поэтапному износу и разрушению сборочных единиц и деталей. Процесс, вызывающий постепенный износ крана, называется изнашиванием. Данный процесс считается причиной старения крана и его причиной поломки. Изнашивание, возникающие под действием разных факторов (работа под открытым небом, в критериях

запыленности, погодных осадков и т.п.) при обычной эксплуатации кранов, именуется естественным, а его итог – естественным износом. Изнашивание, протекающее скоротечно и являющееся итогом плохого ухода, дефектов изготовления, именуется аварийным, а его итог – предаварийным износом и аварийным износом. По способу взаимодействия соприкасающихся поверхностей выделяют механические, молекулярно–механические и коррозионно–механические виды изнашивания кранов.

Нормативно-максимальный время работы колеса мостового крана регламентируется ТКП 45–1.03– 103–2009 (02250). Согласно требованиям данного документа проводится акт осмотра крановых колес с бальной характеристикой всех дефектов. В таблицах 3,4 представлены наиболее частые и регламентируемые дефекты. И только после проведения дефектовки всего крана проводится оформление списка следующих документов.

- Ведомость дефектов.
- Документ о виде работ, выполняемых краном.
- Копия из паспорта главных параметров крана.
- Копия указа собственника крана о проведении испытаний и обследования.
- Документ о проведении статических и динамических тестирований.
- Итоги испытания химического состава и механических свойств металла несущих частей металлоконструкций (если они проводились).
- Заключение по итогам неразрушающего контроля (если проводился) с указанием вида контроля и в каком месте проводилось.
- Заключение о состоянии кранового пути.

Таблица 3- Главные отличительные дефекты и повреждения крановых колес

Показатель дефекта, при котором дальнейшая эксплуатация не допускается	Вид контроля, применяемые средства
трещины любых размеров	осмотр
изнашивание поверхности катания 4% по диаметру	осмотр, шаблон
изнашивание реборды до толщины 15 мм в средней части по высоте	осмотр, шаблон

Таблица 4 – Допустимые нормы выбраковки

Элементы крановых колес	Дефекты, при наличии которых запчасти выбраковываются
Ходовые колеса кранов	Трещины любых размеров
	Выработка поверхности реборды до 50% от изначальной толщины
	Выработка поверхности катания, уменьшающая изначальный диаметр колеса на 2%
	Отличие диаметров колес, связанных между собой кинематически, более 0,5%*

«Изнашивание ходовых колес протекает как на рабочей поверхности катания, так и у реборд. Если единовременная выработка главных колес превосходит 3 - 4% от диаметра, либо толщина реборды, вследствие изнашивания, стала меньше 15 мм, колеса передают в ремонт, либо проводят замену на новое. Факторами выработки рабочих поверхностей катания ходовых колес считаются:

- всевозможные диаметры колес крана, приводимых от 1-го двигателя, в итоге чего происходит проскальзывание и повышенное изнашивание;
- использование литых колес вместо штампованных;
- отсутствие или неверное выполнение термических операций.

Выработка реборд ходовых колес объясняется неточностью укладки кранового пути: наличием поперечного наклона и огромных отклонений ширины колеи от изначальных размеров, а также не параллельностью осей колес. При поперечном наклоне пути кран из-за действия собственного веса двигается в сторону наклона. Из-за того, что реборды постоянно прижаты к рельсам происходит постепенный их износ. То же самое происходит и при отклонениях по ширине колеи и не параллельности осей колес, когда при движении крана колеса постоянно прижимаются к рельсам то одной, то другой ребордой.»[15]. Быстрый выход из строя ходовых колес мостовых кранов с отдельным приводом вызывает ошибочная регулировка тормозной системы механизмов передвижения, из за чего это приводит к перекосам его во время запуска и остановки крана и нарушению размеров в устройстве

подкрановых путей. На долгие годы ходовых и зубчатых колес плохо сказывается пробуксовка, которая появляется при установке на механизме передвижения двигателя повышенной мощности. Данное обстоятельство является главной причиной повышения уровня динамических нагрузок на механизм передвижения и на кран в целом. Для избавления от этого, а также для обеспечения хорошего пуска двигателя рекомендовано автоматизировать пуск мотора и двухступенчатую остановку его. В какой-то степени на надежность устройств передвижения кранов имеет влияние правильность установки подкрановых путей, которая обязана согласовываться с требованиями Правил Ростехнадзора. Когда требуется производить замену колес (рисунок 2).



Рисунок 2 – Изношенное колесо мостового крана

Определить, когда требуется заменить крановое колесо, нетрудно. Если оно исчерпало срок службы, то можно заметить такие свойства:

- выработку поверхности катания, что уменьшает изначальный диаметр колес на 2%;
- трещины на поверхности колеса;

– выработку поверхности боковых выступов на 50% и выше в сравнении с первоначальной толщиной.

Обнаружив хоть один из перечисленных признаков, необходимо в кратчайшие сроки провести замену колес. Если этого не сделать, то техника не сможет выполнять свою работу, что приведет к финансовым потерям.[15]

1.4 Базовые процедуры по замене и вводе в эксплуатацию нового кранового колеса

Согласно данным службы главного механика предприятия АО «ТЯЖМАШ» процедура замены и покупки(изготовления) колеса мостового крана происходит следующим образом:

колесо крановое изготавливается путем свободнойковки или штамповки, в результате получается стальная заготовка, заготовку подвергают механической обработке и после этого заготовка проходит сорбитизацию.

Сорбитизация поверхности ходового колеса - это требование ГОСТа при изготовлении крановых колес. Крановое колесо должно иметь твердость дорожки катания от 300 до 390НВ. Глубина закаленного слоя до 30 мм в зависимости от диаметра колеса. Сорбитизация необходима для достижения плавного перехода от закаленного металла к незакаленному металлу.[16]

«Процесс термообработки проходит в спрейерной установке с постоянным контролем параметров (температура и давление воды, скорость охлаждения). На данный момент сорбитизация крановых колес является наиболее оптимальным методом термообработки имеющая ряд значительных преимуществ по сравнению с объемной закалкой и закалкой Т.В.Ч., таких как высокая износостойкость, мягкая ступица, глубина закалки до 30 мм. Глубина закаленного слоя при сорбитизации при диаметре колеса D 710-800 - 30 мм. Предварительно обработанные ходовые колеса укладывают на выдвижную тележку или на под нагревательной печи. Колеса диаметром

320—840 мм из стали 40ГЛ нагревают в печи до температуры 700—820° С и выдерживают в течение 2 ч. После выкатки тележки из печи два колеса при помощи клещевых захватов кран-балки устанавливают на специальное устройство для прерывистой закалки (сорбитизации). При вращении закаливаемого колеса участки обода погружаются в воду периодически, вследствие чего получается процесс прерывистой закалки. Структура металла и глубина закаленного слоя зависят от режима закалки, т. е. от числа оборотов колеса, общей продолжительности закалки и режима отпуска. Для колес диаметром 500—700 мм наилучшие результаты закалки могут быть получены при вращении колеса со скоростью 23—25 об/мин, продолжительности закалки 2,5—5 мин и отпуске при температуре 490—500° С. После данной термической обработки на поверхности детали образуется структура сорбит., что повышает прочность детали на поверхности при пластичной структуре внутри колеса (рисунок 3)» [16].

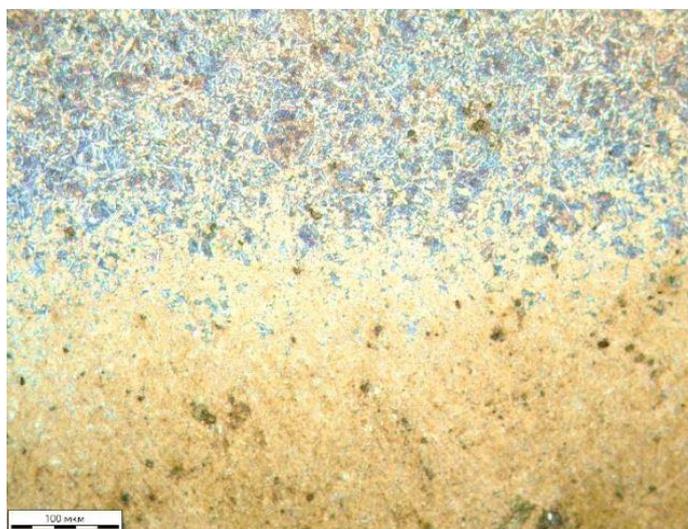


Рисунок 3 - Плавный переход структуры от центра к поверхности после сорбитизации

Схема устройства для сорбитизации ходовых колес приведена на рисунке 4.

«На раме 1 устанавливается бак 4, в который наливается закалочная жидкость (вода). Уровень жидкости задается с таким расчетом, чтобы при установке колеса на ролики 5 и 7 обод погружался на глубину, равную

половине его толщины. Приводные ролики 5 получают вращение через вал 3 от электродвигателя 2. Положение поддерживающих роликов 7 изменяется в зависимости от диаметра закаливаемого колеса при помощи винтов 6.»[16]

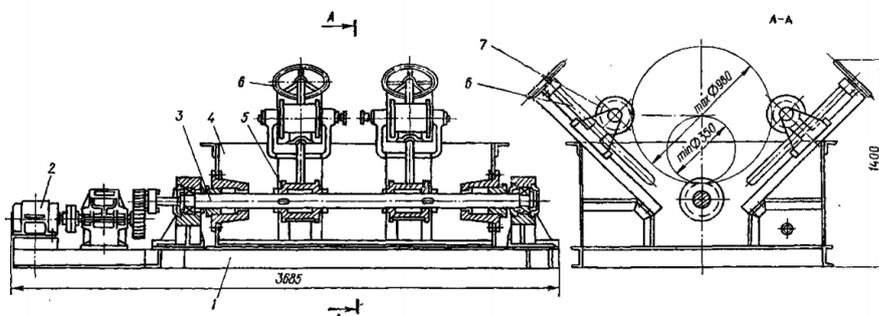


Рисунок 4 - Оборудование для сорбитизации

При этом если не выполнить окончательную процедуру, именуемую как сорбитизацией, то крановые колеса не смогут отвечать предъявляемым требованиям, а срок использования уменьшится на значительный момент времени. Такая термическая обработка помогает улучшить технические характеристики, колеса мостового крана значительно меньше подвергается трещинам и повреждениям.[17]

По базовой технологии восстановления колеса требуется:

–наплавка(восстановление) обязана выполняться на оборудовании требуемого для полуавтоматической сварки,

– размер реборды ремонтируемых крановых колес от 200 до 1000 мм,

– максимально допустимый вес кранового колеса: 2000 кг,

– главный материал: сталь 40Х, 45Х, Ст40, Ст45, 65Г,

– твердость площади трения и реборд обязана быть от 320 до 390 НВ.

Величина глубины закаленного металла обязана быть не меньше тех значений, что должны быть указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Глубина закаленного слоя колеса

Диаметр колеса, мм	200-250		400-560	630-710	800-900	1000
Глубина закаленного слоя, мм	10		20	25	30	40

– шероховатость площади катания кранового колеса обязаны быть больше Rz20.

– размер колеса изготовлен с допуском по hll, боковое биение не обязано быть больше 0,1 мм на 500 мм от размера,

– при больших износах (много больше 20% размера обода) площади катания и реборды (много больше 50% или залом) мостовых колес ремонтируются полуавтоматической сваркой, сварочной проволокой ПН-ЗОХГСА или Нп-25Х10Г10Т, с дальнейшей механической доработкой по параметрам, заданным в чертежах,

– разрешается сварка сварочной проволокой марки 12ГС (по ГОСТ 2246) при помощи защитного слоя флюса марки АН-1(по ГОСТ 9087) для крановых колес мостового крана, выполненных из материала сталей марок 40, 45 (по ГОСТ 1050) и 40Х, 45Х (по ГОСТ 4543),

– разрешается задействование иных сварочных материалов-аналогов, имеющихся у продавцов,

– ремонт мостовых колёс сваркой разрешается выполнять 3-5 раз,

– размер и кол-во наваренного слоя 10мм.

Заключение по разделу

Таким образом, проведя анализ конструкции колеса мостового электрического крана типа Г10 и дефектов, возникающих в процессе эксплуатации, на заводе ТяжМаш г. Сызрани принято решение проводить закупку заготовки для изготовления колеса. Заготовку колеса на заводе подвергают механической обработке с последующей сорбитизацией химических и механических свойств ст. 65Г. Учитывая оснащение завода современным сварочным оборудованием, руководством ТяжМаша поручено выпускникам ТГУ разработать технологический процесс наплавки колеса плавящимся электродом в среде газа.

2 Выбор сварочного оборудования и материалов для восстановления колеса механизированной сваркой плавящимся электродом

2.1 Выбор операций по восстановлению колеса мостового крана

При разработке технологии восстановления колеса мостового крана следует обозначить операции, которые будут задействованы.

2.1.1 Выбор способа сварки (наплавки)

Сварка в среде защитных газов плавящимся электродом производится сварка(наплавка) механизированной сваркой с использованием оснастки и сварочного полуавтомата в среде защитных газов плавящимся электродом на изношенной части колеса:

- при сварке(наплавке) плавящимся электродом в среде защитных газов в зону горения дуги, которая появляется между плавящимся электродом и изделием, с помощью сопла, находящегося на сварочной горелке, подаётся защитный газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от точного воздействия вредных, для сварочной ванны, газов внешней среды;

- повышенной температурой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока, в следствии чего расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуется, и по итогу этого образуется сварной шов;

- при сварке(наплавке) в защитных газах плавящимся электродом в роли электродного металла используют сварочную проволоку наиболее близкую по химическому составу к основному материалу;

- подбор защитного газа основывается на его невозможности оказывать химическое воздействие к свариваемому изделию, или его

активности, помогающей очистке от ненужных примесей материала сварочной ванны;

- для сварки цветных металлов и сплавов на их основном составе применяют не химически активные одноатомные газы (аргон, гелий и их смеси);

- для сварки меди и кобальта можно использовать азот;

- для сварки сталей разнообразных классов используют углекислый газ, но так как углекислый газ появляется в металлургических процедурах, способствуя угару легирующих элементов и компонентов - раскислителей (кремния, марганца), то сварочную проволоку необходимо подобрать с высоким их содержанием;

В некоторых случаях целесообразно использовать смесь инертных и активных газов, для того что бы увеличить стабильность дуги, повысить качество формирования шва, воздействовать на его геометрические параметры, максимально уменьшить разбрызгивание.

Сварочный полуавтомат – это электромеханическое оборудование для реализации сварочного процесса плавящимся электродом с помощью проволоки путем механической подачи её в зону сварки (сварочной ванне). Скорость подачи сварочной проволоки выбирается сварщиком на самом аппарате, а скорость и плавность скорости ведения горелки по шву зависит только от сварщика.

Способ работы сварочного полуавтомата состоит в том, что сварочная проволока автоматически входит в зону сварочной ванны, она проходит по кабелю каналу который в свою очередь находится внутри сварочной горелки, которой управляет сварщик. Сварочная проволока играет в роли токопроводящего электрода и присадочного материала. Процесс сварки выполняется в среде защитных газов, для защиты сварочной зоны от плохого воздействия внешней среды и как следствие, сварки сварного шва, производство отличного изделия отвечающего предъявляемым к нему требованиям.

– в полуавтоматической сварке применяются различные источники питания сварочного аппарата, которые работают на постоянном токе: выпрямители и инверторы. Выбор между источниками питания полуавтомата напрямую зависит от необходимых условий сварки;

– у любого полуавтомата заводом изготовителем предусмотрена регулировка сварочного напряжения, и скорости подачи проволоки. Эти регулировки могут быть как ступенчатыми, так и плавными. У многих сварочных аппаратов предусмотрена зависимость скорости подачи от напряжения. Иногда плавные регулировки бывают и у полуавтоматов инверторного типа источника сварочного тока.

2.1.2. Выбор механических операций

Обдирка кранового колеса (до наплавки):

– перед наплавкой на изношенной поверхности колеса производится проточка (обдирка) для снятия ржавчины и наклепа на токарном станке,

– подгон геометрических размеров (после наплавки) под размеры чертежа производится на токарном станке,

– токарная обработка - это механическая обработка на токарном станке срезанием наружных и внутренних поверхностей вращения.

Вращательное движение будущего изделия называют основным движением резания, а направленное вперед движение режущего инструмента — движением подачи. Подразделяют также второстепенные движения, с помощью которых можно иметь отношение непосредственно к процессу резания, но дают перенос и закрепление будущей детали на станке, его включение и изменение частоты вращения заготовки или скорости направленного вперед движения инструмента и др.

2.1.3. Выбор термических операций

Учитывая материал колеса 65Г, производится предварительный нагрев перед сваркой (наплавкой). Предварительный нагрев производится ручным резаком прямо перед началом наплавки.

Термический отпуск производится в печи. После наплавки колесо транспортируется к электрической печи для термического отпуска. Термообработка представляет собой набор операций:

- нагрева,
- охлаждения,
- и выдержки металлических твердых сплавов для получения нужных свойств с помощью замены структуры и внутреннего строения материала.

Термическая обработка используется в роли промежуточной операции для того, чтобы:

- повысить обрабатываемость резанием,
- давлением,
- либо в роли последней операции технологического процесса, которая даёт необходимый уровень свойств изделия.

Металлоизделия, требующиеся для работы в любых отраслях хозяйства должны подчиняться требованиям устойчивости к износу. Для этого применяется воздействие повышенными температурами, с помощью чего увеличиваются необходимые эксплуатационные свойства. Данный процесс называется термической обработкой.

2.1.4. Выбор контроля

После всех механических операций проводится магнитно-порошковый контроль по ГОСТ 21105-87, для обнаружения поверхностных нарушений сплошности с шириной раскрытия у поверхности 0,001 мм, глубиной 0,01 мм и обнаружения сравнительно крупных подповерхностных (внутренних) дефектов, находящихся на глубине до 1,5-2,0 мм. Измерение твёрдости наплавленного металла проводится измерением твёрдости по методу

Бринелля. Твёрдость по методу Ю.А.Бринелля определяется по диаметру отпечатка, оставляемому твердосплавным шариком, вдавливаемым в поверхность. Твёрдость вычисляется как отношение усилия, приложенного к шарик, к площади отпечатка.

Магнитографический способ проверки качества сварного шва(наплавки) нужен, чтобы найти поле рассеивания, появляющиеся там, где есть дефекты. Данный способ основывается в намагничивании поверхности изделия, после чего область полей проявляется сверху магнитной ленты, которую прижимают на поверхность швов. Весь процесс проверки изделия фиксируется с помощью дефектоскопа, а после полученная информация считывается и, данным образом, устанавливается, имеются ли на швах дефекты. Данный способ разрешает находить наличие:

- трещин,
- пор,
- непроваров,
- шлаковых включений,
- других дефектов, появляющихся в процессе сварки(наплавки).

Также с помощью магнитографического способа можно обозначить:

- присутствие на поверхности швов,
- поперечных трещин,
- широких непроваров,
- или округлых пор.

Однако с нахождением дефектов данного рода используемый метод справляется немного хуже.

2.2 Выбор оборудования для восстановления колеса мостового крана

2.2.1 Сварочное оборудование

Для выполнения наплавки механизированной сваркой плавящимся электродом выбран сварочный аппарат TPS400i (рисунок 5,6).



Рисунок 5 – Внешний вид сварочного аппарата TPS 400i

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА

ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ СВАРОЧНЫЕ СВОЙСТВА

- / Система разработана с нуля
- / Быстрая обработка данных позволяет более точно контролировать процесс сварки
- / Чрезвычайно быстрая адаптация к меняющимся условиям (например, изменение вылета электрода)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ SPEEDNET



ВЫСОКОДИНАМИЧНЫЙ ПРИВОД

Скорость подачи может регулироваться динамически
Высокая точность подачи проволоки

НОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ГОРЕЛКИ

УЛУЧШЕННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

Рисунок 6 – Реклама сварочному аппарату TPS 400i

Сварочные аппараты серии TPS/i фирмы Fronius предназначены для механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (MIG/MAG).[18]

Таблица 6 – технические данные сварочного аппарата TPS 400i

Наименование	Fronius TPS400i
Напряжение холостого хода	71V
Макс. сварочный ток	400A
Мин. сварочный ток	3A
Диапазон рабочего напряжения	10-40V
Класс защиты	IP23
Сетевой предохранитель	35A
Частота сети	50-60Hz
Сетевое напряжение	3x400V
Сварочный ток/ПВ (10 мин/40С)	360A/100%
Сварочный ток/ПВ (10 мин/40С)	430A/60%
Сварочный ток/ПВ (10мин/40С)	500A/40%
Мин. скорость под. проволоки	0,6м/мин.
Макс. скорость под. проволоки	25м/мин.
Диаметр проход. свар. проволоки	0,8мм/1,6мм
Сварка порошковой проволокой/твёрдосплавов	+/+
Сварка алюминия	+
MIG/MAG сварка	+
MMA сварка	+

2.2.2 Механическое оборудование

Перед наплавкой на изношенной поверхности колеса производится проточка (обдирка). Снимается ржавчина и наклеп на токарном станке 1К62Д (рисунок 7)

Токарно-винторезный станок 1К62Д является усовершенствованным прототипом хорошо зарекомендовавшего себя во многих странах мира станка 1К62, выпускавшегося ранее заводом "Красный пролетарий".

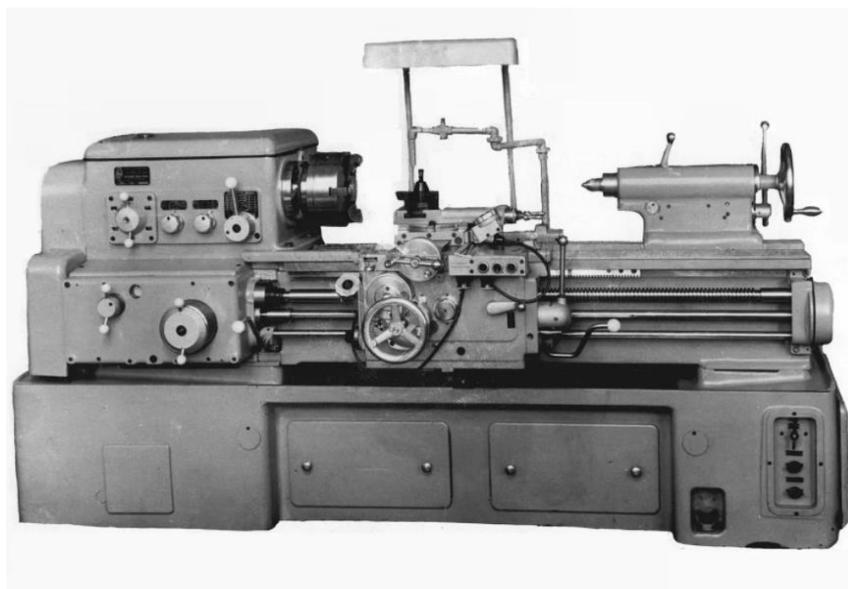


Рисунок 7 – Внешний вид токарно-винторезного станка 1К62Д

Токарный станок 1К62Д необходим для проведения токарных работ, в том числе для изготовления резьбы: метрической, дюймовой, модульной, питчевой и архимедовой спирали с шагом 3/8", 7/16", 8, 10 и 12 мм.

Основные преимущества станка 1К62Д - повышенная мощность основного привода, высокая жесткость и прочность каждого из звеньев кинематической цепи, надежность и виброустойчивость конструкции, большой диапазон частот вращения шпинделя, предназначенных на скоростное и силовое резание.[19]

На замену токарного станка 1К62Д произведён токарно-винторезный станок 1А64. Станок 1А64 встал на эксплуатационную серию в 1953 году и вытеснил в производстве более старший токарный станок 164. Станок 1А64 необходим для обработки черных и цветных металлов с высокими скоростями резания резцами из быстрорежущей стали и твердых сплавов. Так как станок 1А64 может обрабатывать изделия массой до 5 тонн, то его лучше использовать в условиях единичного и мелкосерийного производства, в ремонтных и



Рисунок 8- Внешний вид токарно-винторезного станка 1А64

инструментальных цехах заводов и промышленных предприятий. На станке 1А64 есть возможность выполнять всяческие токарные работы, включая точение конусов, а также нарезание метрической, модульной и дюймовой резьб. Изменение значения оборотов шпинделя и скорости подач суппорта выполняется переключением зубчатых колес коробки скоростей и коробки подач с использованием рукояток. Для продольного и поперечного передвижения суппорта имеется ручной и механический привод. Для быстрого хода суппорта используется отдельный электродвигатель. Техническая характеристика и жесткость станков разрешают полноценно использовать возможности быстрорежущего и твердосплавного инструментов при обработке черных и цветных металлов. Класс точности станка Н. Шероховатость обработанной поверхности V 6.[19]

Наплавка изношенного колеса производится с использованием вращателя универсального Ø500мм (рисунок 9).



Рисунок 9 – Внешний вид универсального вращателя

2.2.3 Газорезательное оборудование

Для ручной резки металла, горючим топливом которого является пропан, применяется резак Джет РЗП (рисунок 10,11).



Рисунок 10 - Внешний вид резака пропанового типа Джет РЗП

Резак пропановый Джет РЗП-предназначен для ручной разделительной кислородной резки низкоуглеродистых и низколегированных сталей с применением в качестве горючего пропан-бутана и кислорода чистотой не ниже 99,7% по ГОСТ 5583.

Пропановый резак — это простое оборудование для ручной резки металла. Процесс резания заключается в сгорании металла подаваемым кислородом, но перед этим хорошо разогретой поверхностью металла до необходимой температуры воспламенения кислорода о поверхность металла. Затем следует удаление окислов из зоны резки струей пламени.

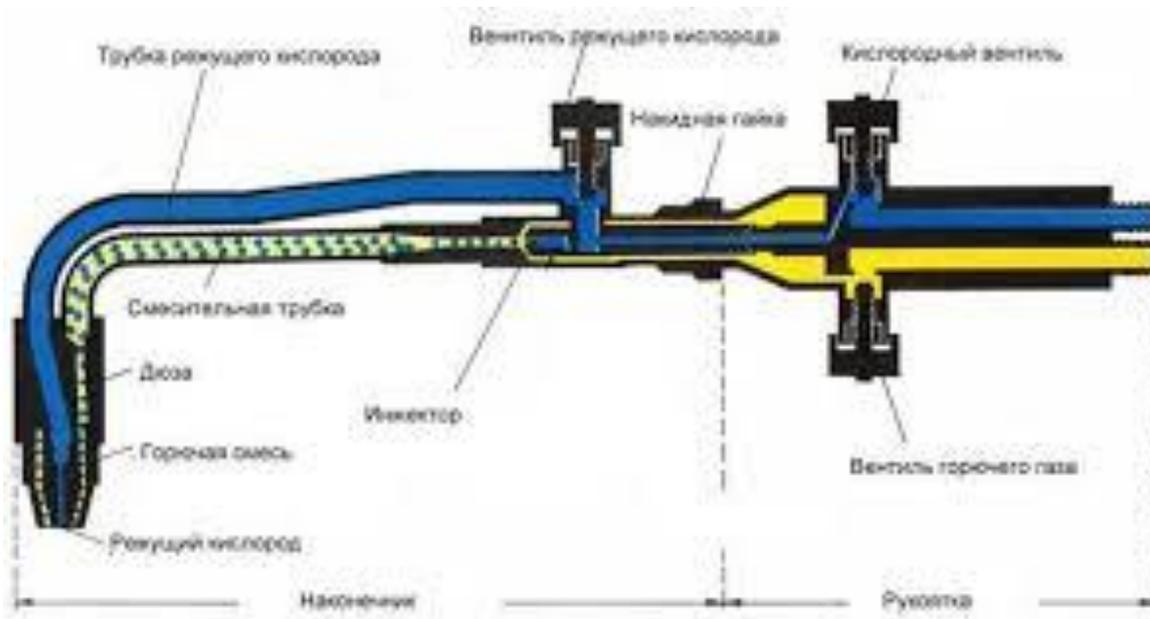


Рисунок 11- Устройство пропанового резака Джет РЗП

В настоящее время чаще используют пропановый резак универсального назначения. Они могут резать сталь толщиной от 3 до 300 мм, в произвольном направлении, имеют хорошую устойчивость к обратным ударам, мобильность в обращении. Резак кислородно-пропановый состоит из основного ствола и наконечника.

Ствол крепится к рукоятке, имеющей два ниппеля, один для кислорода, а другой для горючего газа. Немного выше ствол имеет регулировочные вентили для кислорода и газа, смесительные камеры для кислорода и газа, трубки, головка резака, имеющая внутренний и наружный мундштук, трубка подачи режущего кислорода.

Резак кислородно-пропановый качественно выполнит рез, если правильно подобрать соответствующий размер сопла, а также выбрать подходящие соотношения давления подачи газа к толщине металла. Недостаток подачи кислорода сказывается на неполном окислении металла и слабом удалении

окислов, а избыток кислорода приводит к ненужному охлаждению и удалению тепла из зоны резки. Чем чище кислород, тем чище качество кромок реза и меньше шлака, который трудно потом отделить. Скорость резания должна быть оптимальной, иначе кромки будут оплаиваться или при малой скорости неполное разрезание.

Резак пропановый РЗП может также работать на ацетилене или пропан-бутане. Достаточно эффективно производит резку металла толщиной до 300 мм, малый вес 0,8 кг, длина резака 520 мм, имеет 100% стойкость к обратному удару пламени, качественные долговечные узлы, благодаря специальной смазке, которая не опасна для кислорода. Резак пропановый РЗП (2,3), Ижевской компании «ДЖЕТ», предназначен для ручной резки углеродистой стали, а также низколегированных сталей. Производит качественную резку металлов толщиной 3-300 мм. и разделку до 450 мм. Имеет массу 0,91кг, модели этих резаков работают на пропан-бутане, ацетилене и могут на природном газе. Условный проход рукавов, мм-dy9, если по специальному заказу dуб. Такие резаки имеют разный набор мундштуков, что позволяет качественно резать различную толщину стали.

Резак пропановый РЗП типа «МАЯК» также способен резать толстые стали до 300 мм. Масса резака 0,75 кг, имеется четыре номера внутреннего мундштука и один наружный. Универсальный ниппель d6/9. Резак этого типа предназначен для разделки сортового и листового металла низкоуглеродистой стали. Сопло щелевое, вентильная подача газа, высокое сопротивление обратному удару.

Резак пропановый РЗП-03М типа КРАСС работает на пропан-бутане и успешно разрезает листовой и сортовой металл из низкоуглеродистой стали. Вес резака 0,75 кг, длина 475 мм. Способен разрезать сталь толщиной от 8 до 300 мм. Резаки пропановые перечисленных типов не имеют существенных различий по качеству резки и возможностям разрезать металлы, но имеют разную длину, вес, количество прилагаемых мундштуков, иногда толщины разрезаемого металла.

2.2.4 Оборудование для термических операций

Для термообработки габаритных деталей, таких как колеса мостового крана, применяется электропечь СЗП-223 с подвижным поддоном (рисунок 12).



Рисунок 12 - Электропечь СЗП-223

Электропечи с выдвижным подом типа СЗП-223 необходимы для термообработки как крупногабаритных так мелкогабаритных изделий следующих видов:

– закалки стали - вид термообработки, с помощью которого сталь прогревается до предельно допустимой температуры и быстро опускается к изначальной низкой температуре. Длительность нагрева и выдержки решается размерами и конфигурацией изделия и способом их расположения в печи. Это необходимо для того, чтобы прошло выравнивание концентрации углерода в аустените. Обычно стандартное время нагрева и изотермической выдержки бывает 1-1,5 мин на мм максимального поперечного сечения изделия. Скорость охлаждения обязана быть больше либо равной критической, чтобы атомные структуры не были преобразованы в

промежуточные. При этом сверх ускоренное охлаждение вероятно приведёт к растрескиванию стали или короблению. Для того что бы избежать брака скорость охлаждения при приближении в 200 градусов замедляется. Цель данной обработки - увеличение твердости и прочности изделий с занижением ее пластичности. Углеродистая сталь и детали из нее прогреваются в камерных печах. Печь для закалки прогревается в общем при 800 ° С, при этом есть марки стали которые нуждаются и в более повышенных температурных режимах (1250–1300 ° С). Такие марки не могут быть подвержены растрескиванию, из этого следует что они не нуждаются в предварительном подогреве. Главное необходимо обеспечить равномерный нагрев всего изделия. Это может быть выполнено в процессе выдержки. При том что будут прогреваться несколько деталей, время нагрева увеличится, если одно - то уменьшится.

- нагрева под ковку, штамповку, прессование
- термообработки керамических изделий;
- обжига глиняных масс, обжиг - это технологический процесс, параметры которого найдены практическими испытаниями, и он должен быть проведен так, как этого требуют обжигаемые изделия;
- сушки обмоток электродвигателя;
- термообработки сварных металлоконструкций.

Термообработка представляет собой набор операций нагрева, охлаждения и выдержки металлических твердых сплавов для получения нужных свойств с помощью замены структуры и внутреннего строения материала. Термическая обработка используется в роли промежуточной операции для того, чтобы повысить обрабатываемость резанием, давлением, либо в роли последней операции технологического процесса, которая даёт необходимый уровень свойств изделия.

Электродпечь выполнена из нагревательной стационарной камеры, которая находится в сварном корпусе П-образной формы с дверным проходом в торцевой части для заезда пода и оснащена многослойной

теплоизоляцией. В огнеупорном слое применён шамот легковесный, который является идеальным диэлектриком, что, разрешает вести монтаж нагревательных частей непосредственно на стенку футеровки, сильно понижая трудоемкость установки и замены нагревателей. В теплоизоляционном слое 33 23 используются волокнистые материалы из муллитокремнезема и пенодиатом.

Нагрев деталей и изделий проводится нагревательными элементами, находящимися на трех стенках, двери, на поду и своде электропечи, что обеспечивает равномерный, всесторонний прогрев садки. Выдвижной под электропечи представляет из себя теплоизолированную, самоходную тележку, на раме которой устанавливается привод и накладывается футеровка. Садка устанавливается крановыми приспособлениями на подовые плиты, произведённые из жаропрочной, жаростойкой стали. Для повышения теплоизоляции под оборудован песочным затвором. Электропечи оснащены приводом вертикального подъема двери и приводом выкатывания пода.

Дверца этих печей выполнена на поду и перемещается вместе с ним, закрывая тем самым проем рабочей камеры).

Для выключения электронагревателей при открывании, дверца электропечей с выдвижным подом оснащена предохранительным концевым выключателем, который находится на лицевой панели печи. Управление нагревом электропечи и движением пода выполняется с приборной панели шкафа управления.

2.2.5 Оборудование и средства для проведения контроля

Инфрокрасный термометр FLUKE 62 MAX (рисунок 13, таблица 7)



Рисунок 13 - Инфракрасный термометр FLUKE 62 MAX

Таблица 7 - Технические характеристики инфракрасного термометра FLUKE 62 MAX

Диапазон измерений	От -30 до +500 °С
Точность	+/-1.5°С или +/-1.5% в большую сторону
Время реакции(95%)	<500мс (95% от показаний)

Дефектоскоп: MAGNAFLUX Y7 №001Y078 (рисунок 14, таблица 8).



Рисунок 14 - Дефектоскоп MAGNAFLUX Y7 №001Y078

Универсальный, мощный электромагнит (клещи) Y7 даёт наведение постоянного магнитного поля как переменного тока для обнаружения поверхностных дефектов, так и импульсного поля постоянного тока для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов при магнитопорошковом контроле. Дефектоскоп оснащён переключателем для переключения с переменного на постоянный ток намагничивания.

Таблица 8 - Технические характеристики дефектоскопа MAGNAFLUX Y7 №001Y078

Напряжение питания	230 В, 50/60 Гц
Ток питания в воздухе, А	2
Подъемная сила AC	4,5 кг (при расстоянии между полюсами 100 мм)
Подъемная сила DC	27 кг (при расстоянии между полюсами 100 мм)
Рабочее магнитное поле	Переменное (AC); Постоянное (DC) — импульсное
Макс. зона контроля	300 мм

Белая контрастная краска В 104 А предназначена для создания фона к чёрным магнитным суспензиям при проведении магнитопорошкового контроля.

Тяжёлый продукт с высокой укрывистостью. Аэрозоль образует очень тонкий слой после высыхания для оптимальной индикации. Краска низкотоксична и экономична в использовании. Может применяться с любым оборудованием магнитопорошкового контроля, включая генераторы электрического тока, электромагниты, постоянные магниты и т.д.

Соответствует: кодам ASME, RCC-M; стандартам ISO 9934-2, NFF 00-090; спецификации ASTM-E-1444.

Таблица 9 - Технические характеристики белой фоновой краски: В104А.

Цвет	Белый,непрозрачный
Содержание серы и галогенов	< 200 ppm
Температура хранения	От -5 до +50 °С

Чёрная магнитная суспензия В103.

Чёрная магнитная суспензия В 103 С предназначена для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов в ферромагнитных материалах при магнитопорошковом контроле.

Типичными найденными дефектами являются усадочные трещины, сварочные дефекты, шлифовочные трещины и трещины усталости. Может использоваться с любым магнитным испытательным оборудованием, включая генераторы электрического тока, электромагниты, постоянные магниты.

Соответствует: кодам ASME, RCC-M; стандартам ISO 9934-2, NFF 00-090; спецификациям AMS 3043, ASTM-E-1444.

Таблица10 -Технические характеристики чёрной магнитной суспензии: В103

Цвет	чёрный
Размер частиц	0.5 – 10 мкм (средний 1.3)
Содержание хлоридов, фторидов и бромидов	< 200 ppm
Содержание серы	< 200 ppm
Температура хранения	От 0 до +50°С
Температура вспышки	>93°С

Прибор для проверки твёрдости по методу Бринелля ТШ-2 представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 - Внешний вид твердомера ТШ-2М

Твердомер ТШ-2М необходим для измерения твёрдости металлов и сплавов по методу Бринелля согласно ГОСТу 23677-79.

Стационарный твердомер ТШ-2М может измерять твердость изделий и образцов из металлов и конструкционных пластмасс. Данный прибор имеет электромеханический привод нагружения. Смена силы нагрузки(давления) обеспечивается поворотом рукоятки. Замер твердости производится по 15 шкалам инденторами с алмазным наконечником и стальными шариками диаметрами 1.588, 3.175, 6.35, 12.7 мм. Устройство отсчета твердости - аналоговое (индикатор часового типа).

Портативный комбинированный твердомер МЕТ-УДА (рисунок 16, таблица 10).



Рисунок 16 - Переносной многофункциональный твердомер МЕТ-УДА

Переносной твердомер многофункционального измерения (ультразвуковой + динамический) МЕТ-УДА необходим для локального быстрого измерения твердости разнообразных по весу, размерам и характеристикам деталей по шкалам Бринелля (НВ), Роквелла (HRC), Виккерса (HV), Шора "D" (HSD).

Таблица 10 - Технические характеристики твердомера МЕТ-УДА

Шкала твёрдости по Бринеллю	75-650 НВ
Шкала твёрдости по Роквеллу	20-67 HRC
Шкала твёрдости по Виккерсу	75-999 HV
Шкала твёрдости по Шору	23-102 HSD

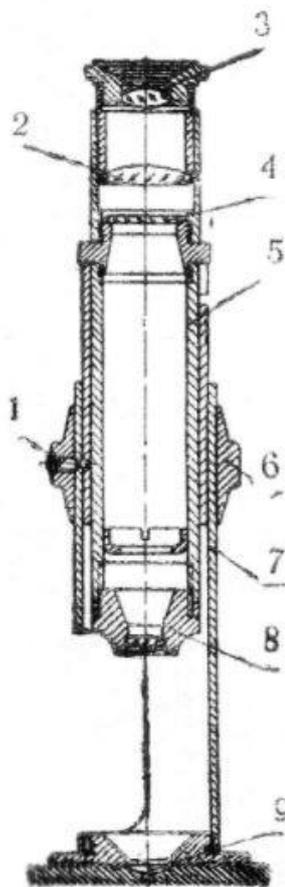
Микроскоп отсчётный МПБ-2 (рисунок 16, таблица 11).

Микроскоп отсчётный типа МПБ-2 необходим для замера линейных параметров лунки, появляющейся на поверхности исследуемого объекта от вдавливания шарика под необходимой нагрузкой (определение твердости по методу Бринеля). Метод Бринеля является одним из важных для определения твёрдости изделия.

Увеличение микроскопа нерегулируемое — 24х. Цена деления шкалы окуляра — 0,05 мм.

Таблица 11 - Технические характеристики микроскопа отсчётного МПБ-2

Максимальный диаметр измеряемого отпечатка, мм	6,5
Цена деления шкалы, мм	0,05
Поле зрения, мм, не менее	8,5
Увеличение микроскопа, крат	24 ± 5%
Основная погрешность микроскопа: на длине до 2 мм (на любом интервале шкалы), мм	±0,01
на всей длине шкалы, мм	±0,02
Оцифровка шкалы через	1 мм
Запас хода тубуса, мм, не	1
Установка окуляра, дптр	±4
Мертвый ход установочного кольца, мм, не более	1,2
габаритные размеры, мм, не более	
высота (в крайнем верхнем положении)	202
диаметр	50
Масса, кг, не более	0,480



1 — винт, 2 — окуляр, 3 — окулярное кольцо, 4 — сетка, 5 — тубус, 6 — установочное кольцо, 7 — колонка, 8 — объектив, 9 — измеряемый отпечаток.

Рисунок 16 - Устройство микроскопа МПБ-2

2.3 Выбор сварочных материалов для восстановления колеса мостового крана

Перед сварочными материалами которые могут быть использован воспринимается великий диапазон разных применяемых при сварке которые были использованы. Наверное сварочная проволока (железная, дюралевая, медная); наплавочная проволока; порошковая проволока; неплавящиеся электроды (угольные, графитовые, вольфрамовые) и плавящиеся электроды; сварочные флюсы; защитные газы; прутки; ленты; порошки, др.

Сварочная проволока – это одна из основных сварочных которые были использованы, применимы в свежайших свертехнологичных обликах автома

тической дуговой сварке в среде защитных газов. При данном методе который был использован и используется как присадочный прутки с внедрением неплавящегося электрода(проволоки), и при данном имеет возможность существовать применен как главной, который мог и был использован для производства обработанных штучных электродов, для прирученной электродуговой (наплавки и восстановления) сварки. Свароч. проволока ориентируется сообразно ряду характеристик, основные из них – структурные индивидуальности, хим. состав, диапазон внедрения на производстве.

Сообразно виду применения она делится на продукта всеобщего и особого внедрения. 1-ая используется при сварке почти всех марок сталей (в маркировке находятся буквы Св), и при данном в наплавке (Нп). 2-ая употребляется при сварке редкостных сплавов, чугуна, при выполнении сварочных дел перед водой, а еще при сварке с понудительным формированием шва.

В следующем случае химический состав присадочного материала, как обычно, полностью схож составу основного материала.

В плане механического строения детали классифицируются на три основных типа.

Непрерывная (непрерывного сечения). Обычный и обширно узнаваемы й вариант. Этот разряд проволоки, дает собой единичный калиброванный железный сердечник, получаемый с поддержкою прохладного проката. Как раз из таковой болванки при производстве электродов получают электродные стержни.

Как независимый присадочный который, был, использован используется в самодействующей и автоматической сварке в защитных газах.

Порошковая. В маркировке обозначается буквой П. Производится в виде тонкой трубки, внутри которой помещаться чистый или смешанный с металлическим порошком флюс. Доля последнего составляет 20–45% от общего веса изделия. При зажигании дуги с помощью флюса и

металлического порошка в районе сварки появляется зона из углекислого газа и шлаков – она оказывает защитную функцию наплавляемого металла от окисления. Сварочную ванну создают капли расплавленного материала проволоки, покрытые небольшим слоем шлака. Флак легко убирается после сварки.

Активированная. Тоже обладает трубчатой формой, при этом порошкообразных веществ в ней намного меньше – до 7%. Поджиг производится с помощью раскислителей: оксид титана, магния, кремния; фторид кальция; карбонаты щелочных металлов. Данные раскислители не только создают защитную среду, но и проводят ускоренный поджиг и стабильное горение дуги. Для производства обычно используется низкоуглеродистая сталь Св-08Г2С.

Защитный газ — газ, применяемый при сварке, который обеспечивает защитную зону для сварки от вторжения вредных веществ из окружающей среды, так же иногда позволяет избавляться от вредных веществ из сварочной ванны.

При сварке в расплавленном металле испаряются водород, кислород и др. вещества, находящиеся в воздухе и способные ухудшить качество сварочного шва. Для полноценной защиты зоны работы дуги и расплавленного металла задействуют:

- инертные газы (аргон, гелий) и их смеси. Инертные газы выполняют защиту дуги и свариваемого материала, без сильного влияния на металл металлургического действия. Такая смесь влияет на более сильное выделение повышенной температуры от электрической дуги;

- активные газы (углекислый газ, азот, водород). Активные газы химически взаимодействуют с материалом и растворяются в нем. По своим свойствам, активные газы подразделяются на три группы: газы с восстановительными свойствами; газы с окислительными свойствами; газы с выборочной активностью к различным материалам;

– смеси инертных и активных газов. Смеси газов выбираются для увеличения их технологических свойств - уменьшению разбрызгивания, хорошему формированию сварного шва. Поэтому применяется смесь углекислого газа (95%) и кислорода (5%). Смесь (75 % Ar + 25 % CO₂) используется для сварки стали.

Сварочная проволока: НП 30ХГСА ГОСТ 10543-98 Ø2. «Проволока НП-30ХГСА применяется для механизированной сварки и наплавки в защитных газах и под флюсом. Используется для восстановления обжимных прокатных валков, крановых колес, деталей машин, работающих с динамическими нагрузками, под слоем флюса или в среде защитных газов.»[21]

Выбор марки проволоки проводится для ст.65Г, из которой изготавливается колесо мостового крана. Сравнение химического состава стали 65Г (таблица 2) и присадочной проволоки НП 30ХГСА (таблица 12) позволяет остановить выбор на данной марке проволоки.[21]



Рисунок 17 – Присадочная проволока НП 30ХГСА ГОСТ 10543-98 Ø1.2

Таблица 12 - Химический состав проволоки НП 30ХГСА ГОСТ 10543-98, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
0,25-0,35	0,8-1,2	0,8-1,2	≤0,025	≤0,025	0,8-1,2	≤0,40

Сварочная проволока ITALFIL -350 Ø1.2 мм представлена на рисунке 18.

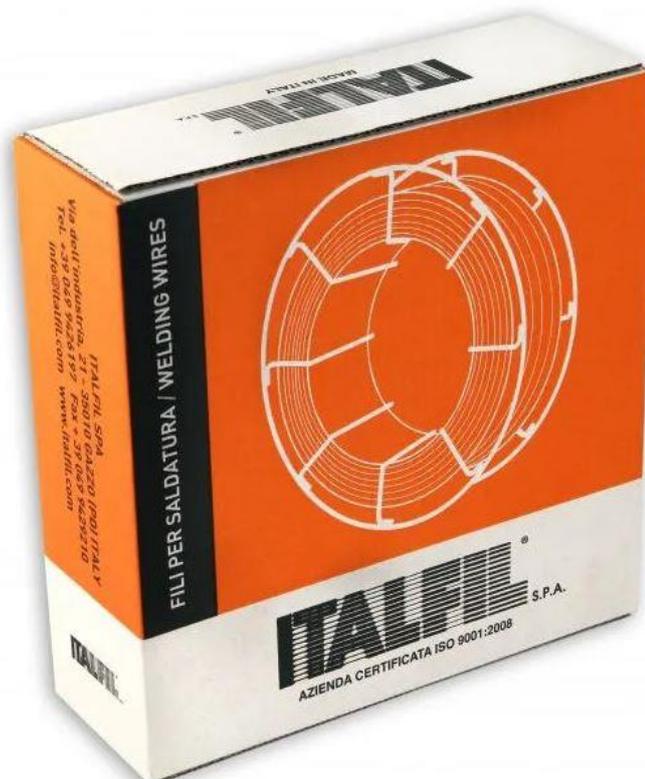


Рисунок 18 – Сварочная проволока ITALFIL -350

Итальянская проволока ITALFIL-350 Cr-Mo легированные стали (2.5%-1.0%) устойчивые к высокой температуре давлению и ударам. Хорошая устойчивость к растрескиванию и сернистой коррозии. Рекомендуется для наплавки направляющих роликов, зубьев и шестёрен, пуансонов и матриц, экскаваторов, вальцов, дробильных установок, винтов, режущих инструментов, молотов и т.д.

Таблица 13 - Химический состав проволоки ITALFIL -350, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Ti	V	
0,08	0,52	0,35	0,012	0,01	5,58	≤0,40	0,52	0.2	0,001	0,004	0,008

Защитный газ: газовая смесь Ar 97,5 % + CO₂ 2,5%(ТУ 2114-002-05015259-96) в баллонах (рисунок 19)



Рисунок 19 - Баллон газовой смеси Ar 97,5 % + CO₂ 2,5%

Таблица 13 – Химический состав газовой смеси Ar 97,5 % + CO₂ 2,5%

Наименование показателя	Норма по НД
Двуокись углерода,%	2.5
Предел допускаемого отклонения, +/- %, не более	0.3
Содержание примесей, % об., не более	
-азот	0.008
-влага	0.0015
-кислород	0.005
-углеводороды	0.0005
Аргон	остаток

«Позволяет получить мелкокапельный перенос жидкого металла, формирует более качественный шов и уменьшает потери на разбрызгивание. При помощи сочетания сварочных газов можно добиться увеличения производительности процесса сварки, увеличить глубину проплавления,

стабилизировать электрическую дугу, повысить качество сварного соединения.»[5]

Заключения по разделу

Для восстановления изношенных колес применяется механизированная сварка плавящимся электродом в защитных газах. Это один из высокопроизводительных способов сварки в настоящее время. Для этого завод ТяжМаш г. Сызрани приобрел аппараты фирмы Fronius типа TPS 400i. В качестве защитной среды выбрана газовая смесь Ar 97,5 % + CO₂ 2,5% (ТУ 2114-002-05015259-96) в баллонах, которая позволяет снизить разбрызгивание электродной проволоки марки НП 30ХГСА $d_{пр} = 1.2$ мм и ITALFIL -350 $d_{пр} = 1.2$ мм. Выбранные для наплавки марки электродных проволок совместимы по химическому составу со сталью 65Г колеса. Для наплавки используется вращатель. Механическую обработку колеса предлагается проводить, используя парк токарных станков завода – это токарные станки типа 1К62Д и 1А64. Для проведения контроля качества лаборатории завода ТяжМаш предоставляют инфракрасный термометр FLUKE 62 MAX, дефектоскоп MAGNAFLUX Y7, портативный комбинированный твердомер МЕТ-УДА, кроме этого для контроля качества лаборатории располагают твердомерами ТШ-2М и микроскопами отсчетными типа МПБ-2, которые предназначены для измерения линейных размеров лунки, образующейся на поверхности исследуемого материала от вдавливания шарика.

3 Разработка технологии восстановления колеса мостового крана

3.1 Определение параметров механизированной наплавки плавящимся электродом

Определение параметров механизированной наплавки плавящимся электродом проводится на тестовых образцах. Тестовый образец №1 изготавливается на токарном станке «1К62Д» из стали 65Г ГОСТ14959-79, Ø 74мм длиной 170 мм. Тестовый образец №1 предназначен для имитации восстановления реборды (рисунок 20).



Рисунок 20 – Тестовый образец №1

Перед наплавкой проводим предварительный подогрев 150-200 С⁰ ручным резаком (рисунок. 21). Контроль температуры образца производится на рабочем месте (рисунок 22).

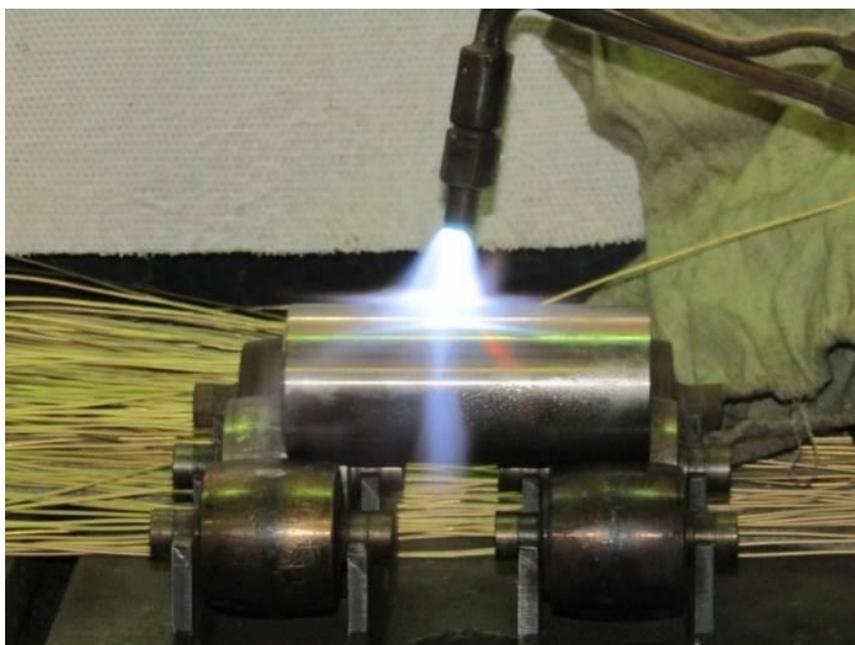


Рисунок 21 - Нагрев тестового образца №1



Рисунок 22 – Контроль температуры образца

После контроля температуры подогрева образца производится наплавка.

Параметры режима наплавки: сила тока 285А, напряжение 27,5В, скорость подачи проволоки 9,5м/мин. Температура нагрева не должна превышать 350-400С⁰. При достижении предела температуры процесс

останавливается, заготовка накрывается асбестовой тканью. Образец остужался до 100-150 С⁰.



Рисунок 23 – Контроль температуры наплавленного металла

Механическая обработка тестового образца производится на токарном станке (рисунок 24).

Термообработка(отпуск) проводится при температуре 300-350°С в течении 3-4-х часов.



Рисунок 24 – Тестовый образец после механической обработки

Контроль качества тестового образца после наплавки проводится магнитно-порошковым контролем по ГОСТ Р 56512-2015(рисунок 24)



Рисунок 24 – Проведение магнитно-порошкового контроля

Средства контроля : дефектоскоп: MAGNAFLUX Y7 №001Y078
белая фоновая краска: В104А, чёрная магнитная суспензия: В103.

В результате магнитопорошкового контроля наплавки, дефектов поверхностного характера – типа трещин, не обнаружено. Качество наплавки соответствует ГОСТ Р 56512-2015.

Далее проводится измерение твёрдости наплавленного металла по ГОСТ 9012-59. Средства контроля: прибор для измерения твёрдости по методу Бринелля ТШ-2; микроскоп отсчётный МПБ-2. В результате контроля получены следующие данные: твёрдость наплавленного металла равна 388 НВ;
твёрдость основного материала равна 255 НВ.

Исходя из проведённого испытания разработанная технология восстановления реборды изношенного кранового колеса на примере образца $\varnothing 74$ мм длиной 170 мм отвечает на требования нормативной документации.

3.2 Отработка технологии восстановления колеса мостового крана

Полученные результаты определения параметров режима механизированной наплавки на тестовом образце №1 проверяются на образце №2. Образец №2 – это изношенное крановое колесо. Наплавка образца №2 проводится проволокой 30ХГСА ГОСТ 10543-98 $\varnothing 1.2$ мм

Для проведения испытания используем изношенное колесо диаметром 450мм (рисунок 25).



Рисунок 25 - Изношенное крановое колесо диаметром 450мм

Перед наплавкой образца №2 проводится предварительный подогрев $150-200\text{ C}^0$ ручным резаком (рисунок 26) и температурный контроль (рисунок 27).



Рисунок 26 - Преварительный нагрев образца №2



Рисунок 27 – Температурный контроль

Производится наплавка проволокой 30ХГСА (рисунок 28). Температура нагрева не должна превышать 350-400С⁰. При достижении предела температуры процесс останавливался, заготовка накрывалась асбестовой тканью. Образец охлаждается до 100-150 С⁰.



Рисунок 28 – Частично наплавленное колесо

Полностью наплавленное колесо подготовлено для транспортировке в печь для снятия напряжения (рисунок 29).



Рисунок 29 – Подготовка к транспортировке колеса в печь

После термического отпуска выполняется токарная обработка в соответствии с размерами чертежа (рисунок 30,31).

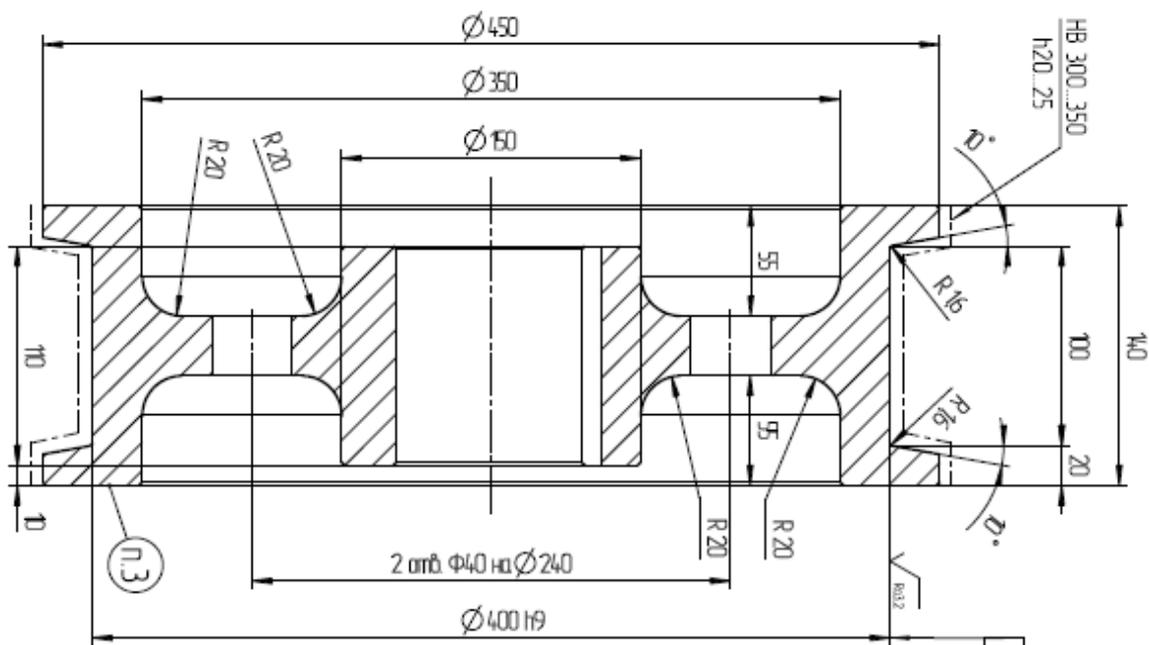


Рисунок 30 - Чертёж кранового колеса

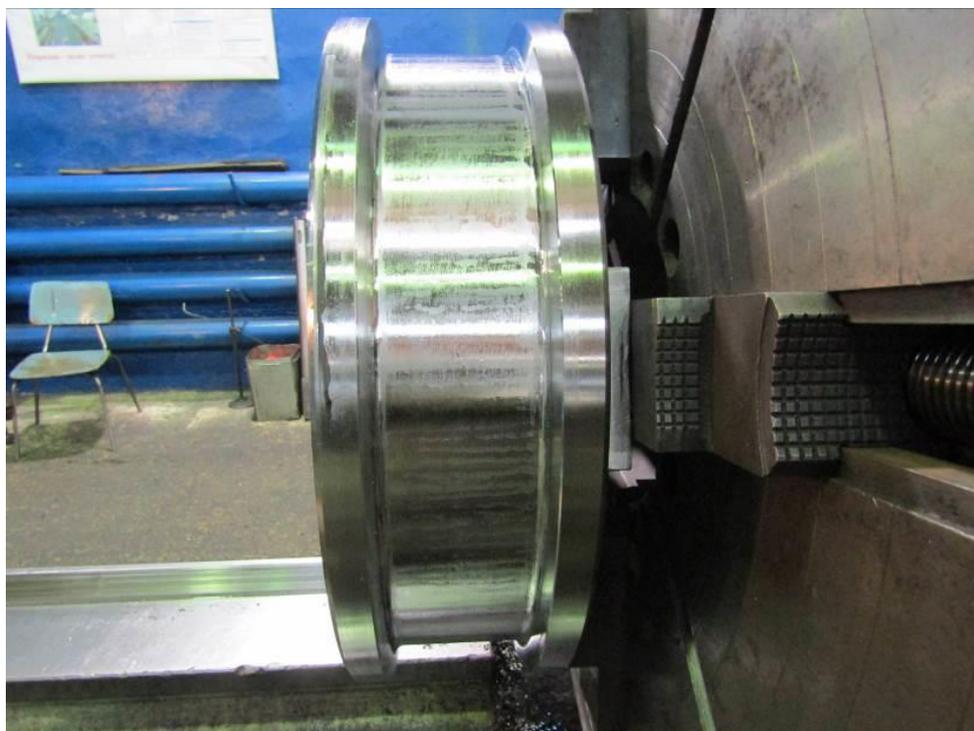


Рисунок 31 - Колесо после механической обработки на станке

Визуально- измерительным контролем выявлены поры (рисунок 32).



Рисунок 32 – Дефекты на наплавленной поверхности колеса

После механической обработки были обнаружены поры.

Образование пор произошло ввиду низкого качества сварочной проволоки и отсутствия дополнительной оснастки.

3.3 Технологический процесс восстановления колеса мостового крана

Для устранения дефектов и повышения качества наплавки заводом ТяжМаш закуплена сварочная проволока ITALFIL-250 в еврокассетах.

Для автоматизации наплавки разработана специальная оснастка. Наплавка кранового колеса выполнена с соблюдением технологии отработанной на образцах 1 и 2. Все операции технологического процесса сохранены.

Изношенное колесо после механической обработки устанавливается на вращателе перед наплавкой.

Наплавка производится механизированной сваркой плавящимся электродом в смеси газов $Ar\ 97,5\ \% + CO_2\ 2,5\ \%$ на оборудовании фирмы Fronius. На рисунке 33 показано колесо мостового крана после наплавки.



Рисунок 33 - Колесо на вращателе после наплавки



Рисунок 34- Колесо после магнитно-порошкового контроля

Проверка цветной магнитно-порошковым способом (протокол 148/9-11) выявила, что деталь соответствует требованиям чертежа.

Измерение твёрдости выполнили в 8 зонах по 4 точкам в каждой зоне (рисунок 36). Данные измерений сведены в таблицу 14.

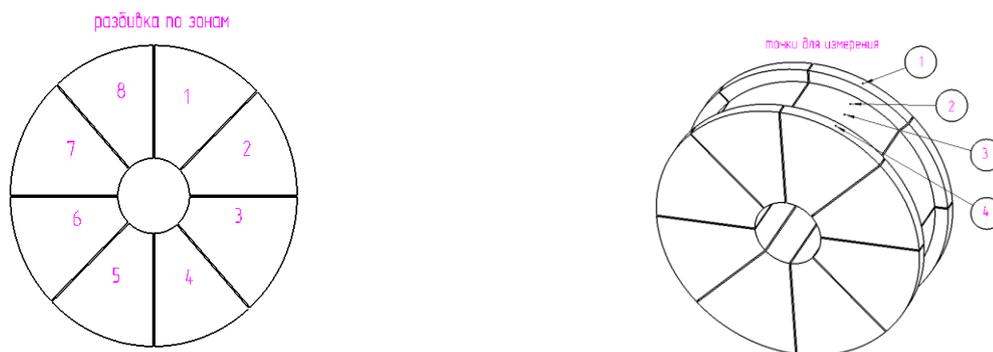


Рисунок 36 – Схема измерения твердости наплавленного металла



Рисунок 37 – Измерение твердости на поверхности катания

Таблица 14 – Результаты измерения твердости наплавленного металла

Зона	1	2	3	4	5	6	7	8
Реборда	337	318	364	347	298	322	326	318
Поверхность катания	345	349	318	325	348	359	333	340
	340	334	334	337	344	335	371	334
Реборда	360	336	335	312	343	366	312	278

Заключение по разделу

Технологический процесс восстановления колеса мостового крана разработан в 3 этапа: 1-й этап – определение параметров режима наплавки на тестовых образцах, 2-й этап – корректировка параметров режима наплавки на образцах в виде колеса, 3-й этап-устранение недостатков и отработка технологии на реальных образцах. В результате получена твердость на реборде от 312 до 360, на другой реборде от 318 до 347, на поверхности катания от 334 до 371, что позволяет рекомендовать технологию к внедрению.

4 Безопасность и экологичность технологического процесса восстановления колеса крана

Охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасности условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма составляет одну из главных забот человеческого общества. Основные действия направлены на необходимость большого спектра использования новых видов научной организации труда, уменьшения к минимуму ручного, неквалифицированного труда, создания условий, исключающие заболевания характеризующие спектру работ и производственный травматизм.

На месте проведения работ обязаны быть установлены меры защиты от вероятного воздействия опасных и вредных видов производства. Различные уровни таких факторов не могут превосходить предельных требований, обусловленными правовыми, техническими и санитарно–техническими нормами. Такие нормативные стандарты создают обязательства организации к месту проведения работ по условиям труда, при которых воздействие различных факторов на работников либо не воздействует совсем, либо воздействует но в допустимом пределе.

В ходе проведения работ сварщику нужно соблюдать нормативно допустимый режим труда и отдыха. В ином случае у рабочих, в этом случае у сварщика по наплавке кранового колеса, будут замечаться сильное напряжение на зрение вместе с возникающими жалобами на неудовлетворенность результатом по окончанию работ, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Техническое обслуживание и ремонт кранов проводят, как обычно, на месте их установки, то есть их проводят на высоте часто при работе других мостовых кранов, работающих в этом или параллельных пролетах, что сопряжено с некоторыми сложностями. Исходя из этого следует что для

качественного, планового и безопасного выполнения необходимого объема работ нужно следить за организацией ремонтной зоны. Для начала, зону нужно огородить, но при этом оставив возможный вход и выход ремонтников за пределы проводимых работ. Все существующие проходы обязаны быть закрыты (огорожены) а рабочие, где проводятся ремонтные работы и около них, должны быть предупреждены об их наличии. Нужные для проведения ремонта строительные леса и оснастка для них обязаны быть сделаны согласно установленным нормам.

Работы по техническому обслуживанию и ремонту кранов производят в подготовленных для этого местах согласно требованиями технологических норм. На всех рабочих местах проводят оснастку оборудованием, приборами и инструментом согласно указанной информации и требований в таблице технологического оснащения рабочих мест.

К проведению технического обслуживания мостовых кранов и их ремонту могут допускаются лица, которые прошли необходимое обучение и подготовку по требуемым способам работ и прошедшие инструктаж по безопасным способам проведения работ по ремонту мостовых кранов.

Вначале проведения работ необходимо на подъемно–транспортном оборудовании проверить возможность ими массы поднимаемого веса (деталей, оснастки, приспособлений), рабочее состояние подъёмных устройств. При поднятии груза необходимо удостовериться в надежности его закрепления на подъёмном механизме. Производить поднимание и опускание груза нужно только в вертикальном положении. Высокая опасность находится под поднятой деталью, при передвижении поднятой детали рабочий должен идти сзади него и следить за его перемещением. Во время опускания детали категорически запрещается устанавливать под него подкладки, работы по их установке должны проводится заблаговременно до начала самого перемещения детали. Ни в коем случае нельзя оставлять деталь в подвешенном виде при временной остановке работ. Отсоединённые от крана сборочные единицы и детали необходимо складывать на

заблаговременно выбранное место, не перегружая ими проходы на пролётах, и установить их в стабильное положение.

При снятии и установки деталей с острыми кромками необходимо пользоваться брезентовыми рукавицами или сварочными перчатками (крагами). При задействовании съёмников нужно следить, чтобы их крюки, лапы и захваты были правильно установлены на деталях. Категорически запрещено использовать съёмники и другие монтажные устройства с деформированными резьбой, стержнями, планками, болтами. При установке совпадение отверстий в устанавливаемых деталях проверяют бородком или металлическим стержнем.

4.1 Санитарные правила и техника безопасности при наплавке металлов

В многопролетных зданиях с целью предотвращения перетекания сварочного аэрозоля в помещения, где сварка не производится, пролеты вдоль линии раздела должны иметь перегородки, не доходящие до уровня пола на 2,5

Границы проходов, проездов, рабочих мест и складских помещений следует обозначать хорошо видимыми знаками (белой несмываемой краской).

Сварку и наплавку изделий с использованием хромоникелевых сварочных материалов следует производить в изолированных помещениях.

Выполнение этих работ допускается в общих помещениях при условии, когда расход хромоникелевых сварочных материалов по отношению к расходу других сварочных материалов на стационарных постах, оборудованных местными отсосами, не превышает 5% или составляет не более 0,25 кг/ч на 1000 м³ объема помещений.

Сварку, наплавку и резку мелких и средних изделий на стационарных местах следует производить в кабинах с открытым верхом.

При работе, связанной с применением защитных газов, обшивка по всему периметру не должна доходить до пола на расстояние 300 мм.

Площадь кабины должна быть достаточной для размещения сварочной установки, стола или кондуктора и изделий, подлежащих обработке. Свободная площадь в кабине на один сварочный пост должна составлять не менее 3 м².

Размещение в одной кабине двух и более сварочных постов допускается при условии разделения кабины экранами, изолирующими сварщиков друг от друга, с обеспечением при этом каждому работающему соответствующей свободной площади. При сварке и наплавке изделий с предварительным подогревом размещение нескольких сварочных постов в одной кабине не разрешается. Цветовая отделка интерьеров помещений и оборудования в сборочно-сварочных цехах должна соответствовать указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий.

Для ослабления контраста между яркостью дуги, поверхностью стен и оборудованием, последние должны окрашиваться в светлые тона с диффузным (рассеянным) отражением света.

В оборудовании, предназначенном для всех видов механизированной сварки (электроконтактной, электродуговой под флюсом, в защитных газах, порошковой проволокой и др.) следует предусматривать встроенные местные отсосы, обеспечивающие улавливание сварочного аэрозоля непосредственно у места его образования.

Сварочное оборудование, предназначенное для автоматической сварки под флюсом на стационарных постах, должно иметь:

- Приспособление для механизированной засыпки флюса в сварочную ванну;
- Флюсоотсос с бункером–накопителем для уборки неиспользованного флюса со шва.

При автоматической наплавке под флюсом на стационарных постах очистку шва от шлаковой корки с одновременным её сбором следует осуществлять механизировано с аспирацией пыли и вручную металлическими щетками–скребками при сварке полуавтоматами и 69 сварочными тракторами.

Посты стационарной автоматической сварки под флюсом следует оборудовать удлиненными (не короче 300 мм) местными отсосами с равномерным всасыванием воздуха.

При сварке под флюсом полуавтоматами и сварочными тракторами следует применять передвижные флюсоотсасывающие аппараты.

Ручная уборка флюса допускается только в случаях, когда применение флюсоотсосов не представляется возможным.

Оборудование, предназначенное для электрошлаковой сварки, должно быть обеспечено дистанционным управлением и иметь приспособления для механизированной засыпки флюса в шлаковую ванну.

На аппаратах автоматической сварки в среде защитных газов следует устанавливать (против сварочной головки со стороны сварщика) откидывающийся щиток с защитным стеклом–светофильтром требующейся плотности.

Машины для контактной сварки следует снабжать откидывающимися прозрачными щитками, предохраняющими рабочих от искр и позволяющими наблюдать за процессами сварки.

Для предварительного обезжиривания изделий не разрешается применять трихлорэтилен, дихлорэтан и другие хлорированные углеводороды, при воздействии которых с озоном возможно образование фосгена – токсичного вещества удушающего действия.

При контроле качества сварных швов следует руководствоваться действующими санитарными правилами при промышленной гамма–дефектоскопии.

На участках сварки, наплавки, резки, где систематически производится обработка изделий весом более 20 кг, должны быть предусмотрены подъемно-транспортные механизмы.

На фиксированных рабочих местах, где работа выполняется сидя, следует предусматривать удобные стулья со спинками и утепленными 70 сиденьями, с возможностью регулирования их высоты.

Для защиты от лучистой энергии рабочих, не связанных со сваркой, наплавкой или резкой металлов, сварочные посты должны ограждаться экранами из несгораемых материалов высотой не менее 1,8 м.

4.2 Охрана окружающей среды

Для поддержания охраны внешней среды от воздействия, быстро развивающегося производства обусловлена, во-первых, заботой о самом человеке, и поэтому она утверждена главным законом нашей страны – Конституции Российской Федерации и иными нормативными документами. Вначале может показаться, что изучаемые мостовые краны не оказывают существенного влияния на вид внешней среды и самочувствие рабочего персонала. На самом деле это далеко не так. Исполняя функцию одного из главных (необходимых) элементов в сети настоящего и будущего производства, мостовой кран приходится достаточно явным источником загрязнений:

- физических — твердых (отходы от износа) и жидких (вытекание материалов способствующих работе(смазка));

- энергетических – температурные выбросы (нагрев деталей и сборочных единиц вследствие постоянной работы), повышенный звук при работе и вибрация, а также электромагнитные воздействия, создаваемые работой электрооборудования.

Обязательно нужно знать, что физические загрязнения и температурные выбросы могут не только загрязнять внешнюю атмосферу но

и нарушают ее температурный баланс, но и негативное влияние на самочувствие рабочего персонала.

Повышенный звук, вибрация и электромагнитные воздействия приводят к износу здания и отрицательно влияют на живые организмы вблизи работы крана. При воздействии на организм прежде всего под поражение попадает, центральная нервная система. Так же не стоит забывать, об источниках загрязнения которые могут происходить во время других источников, имеющих на любом современном промышленном заводе.

Главные способы исключения источников загрязнения и уменьшения ступеней их воздействия подразделяются на:

– активные: верное и своевременное настройка, ремонт и калибровка крановых устройств, использование разумных и безопасных способов управления мостовым краном, верное исполнение запланированных работ по обслуживанию и ремонту мостовых кранов;

– пассивные (защитные): замкнутость и герметизация текучих материальных загрязнений (своевременное наблюдение за их состоянием и ремонт и последующей заменой запасных частей), защита энергетических источников: температурных, электромагнитных воздействий, повышенного звука и вибраций.

5 Экономическая эффективность предложенных решений по восстановлению колеса

5.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

Так как до проектной технологии наплавки кранового колеса на предприятии АО «ТЯЖМАШ» не использовалось иных технологий по наплавке на завод поставлялись готовые крановые колёса стоимостью 95 тысяч рублей (с учётом транспортировки). Исходя из этого, будет подсчитан только проектный вариант по наплавке кранового колеса.

Таблица 15

№ п/п	Показатель	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базов.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Стоимость присадочного материала:	Цэл	Руб/кг	-	700
2	Стоимость аргона	Цзг	Руб/М ³	-	100
3	Программа выпуска в год	Нпр	Шт	-	50
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	-	10
5	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	-	30
6	Цена оборудования	Цоб	Руб	-	1 190 000
7	Заданная норма амортизационных отчислений на работающее в тех. процессе оборудование	На	%	-	2
8	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	-	4,82
9	Кол-во местности занимаемое тех. оборудованием	S	М ²	-	5
10	Заданное знач. коэфф-нта, затрагивающего затраты на установку и демонтаж тех. оборудования	Кмонт	%	-	2

11	Заданное значение норм. коэфф-нта эффективности кап. вложенной стоимости	Ен	-	-	0,33
12	Сумма покупки заводских площадей	Цпл	Руб/м ²	-	1000
13	Коэф. общепроизв. расходов	Кцех	%	-	1,257
14	Коэф. общехоз. расходов	Кпроизв	%	-	1,05
15	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	-	2
16	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	-	116

5.2 Вычисление штучного момента времени на изменяющиеся способы операции тех. процесса

Штучное время наплавки определим по формуле :

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_o + t_v + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п}$$

где $t_{n-з}$ – расчётно-окончательное время, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_o [12]

$t_o = t_m$ – главное (машин.) время. [12]

t_v – вспомогательное время $t_v = 10\%$ от t_o .[12]

$t_{отл}$ – часы для отдыха и частные нужды $t_{отл} = 5\%$ от t_o ;[12]

$t_{обсл}$ – часы наладки и ремонта раб. места $t_{обсл.} = 8\%$ от t_o ;[12]

$t_{н.п}$ – часы должных остановок, планируемые тех. процессом, в нормах тех. процесса установлено 1% от t_o .[12]

Машинные часы для полуавтоматической, автоматической наплавки на 1 штуку детали рассчитываем по формуле:

$$t_o = \frac{L_{ш}}{V_{св}}$$

где $V_{св}$ – скорость при наплавке, м/час;

$L_{ш}$ – общая сумма расстояния швов , м.

Проектный вариант

$$t_{онр} = \frac{20}{6} = 3,33333333 \text{ час.}$$

$$t_{шт} = 27,6 + 0,16666666 \cdot 65 + 3,33333333 + 0,33333333 \cdot 3 + 1666666665 + 0266666664 + 0,0333333333 = 31,9$$

5.3 Конечные вложения в технологическое оборудование

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}}$$

где: $K_{\text{пр}}$ – точные суммарные вложения в сварочное и механическое оборудование, руб.;

$K_{\text{соп}}$ – совместные суммарные вложения в сварочное и механическое оборудование, руб.

Прямые суммарные вложения высчитываются по двум проверяемым способам :

$$K_{\text{ПР}} = \sum \text{Ц}_{\text{ОБ}} \cdot k_3$$

где: $\sum \text{Ц}_{\text{об}}$ – общая стоимость оборудования, руб.; [12]

k_3 – значение коэф., с помощью которого можно учитывать загрузку сварочного и механического оборудования. [12]

Для нахождения нужного кол-ва сварочного и механического оборудования, способного сделать годовую норму наплавки 50 крановых колёс, будем использовать формулу:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}}}$$

где: $N_{\text{пр}}$ – норма изготовления деталей, шт.;

$t_{\text{шт}}$ – одиночное время на произведение одной детали, час.; [12]

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд часов работы сварочного оборудования, час.

Взятое из расчетов кол-во сварочного и механического оборудования округляем до целых значений ($n_{\text{об.прин}}$).

Коэф. загрузки сварочного оборудования находится по формуле:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} ; [12]$$

Фонд времени работы сварочного оборудования :

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_v - D_n) * T_{см} * S * (1 - k_{р.н}); [12]$$

где: D_k - всего календарных дней в году;

D_v - сумма выходных дней в году;

D_n - сумма праздничных дней в году;

$T_{см}$ - длительность рабочей смены, час;

S - сумма рабочих дней;

$k_{р.н}$ - потери часов работы сварочного и механического оборудования

на ремонт и калибровку (0,06). [12]

$$\Phi_{эф.} = (365 - 104 - 14) * 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1972 \text{ час.}$$

$$n_{об.расчетн.} = \frac{50 * 31,9}{1972} = 0,80882353 \text{ шт}$$

$$k_з = \frac{0,80882353}{1} = 0,80882353$$

$$K_{IP} = 1190000 * 0,80882353 = 962500 \text{ руб.}$$

Совместно идущие суммарные вложения находятся только для проектного варианта:

$$K_{сов} = K_{монт} + K_{площ}$$

$K_{монт}$ - денежные траты на установку нового сварочного и механического оборудования;

$K_{площ}$ - денежные траты на заводские площади для нового сварочного и механического оборудования.

$$K_{монт} = \Sigma Ц_{об} * k_{монт}$$

где: $k_{монт}$ - коэффициент установки сварочного и механического оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 1190000 * 0,2 = 238000 \text{ руб}$$

Денежные траты на площадь, включительно используемую под новое сварочного и механического оборудование, находим по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_3$$

где: g – коэф., нормирующий пролёты и проезды = 3.

$$K_{\text{площ}} = 48 * 1000 * 3 * 0,87751014 = 42120,48672 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}} = 238 + 42120,48672 = 280120,48672 \text{ руб.}$$

Удельные суммарные вложения в сварочное и механическое оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}}; [12]$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПП}} = 280120,48672 / 50 = 5602,4097344 \text{ руб.}$$

5.4 Нахождение тех. Своей стоимости конечного варианта

Вычисление затрат на сварочные и др. материалы по базовому и проектному вариантам:

Финансовые траты на сварочные материалы [12]

$$Z_{\text{ПР}} = C_{\text{ЭЛ}} * N_{\text{ЭЛ}}; [12]$$

где $C_{\text{ЭЛ}}$ – стоимость сварочной проволоки, руб/кг;

$N_{\text{ЭЛ}}$ = норма траты, кг.

Норма траты сварочной проволоки

$$N_{\text{ЭЛ}} = Y * L; [12]$$

где – Y - удельная норма траты сварочной проволоки и защитного газа на длину шва, кг/м;

L – размер сварного шва, м.

$$Y = k_p * M_{\text{напл.мет}}; [12]$$

где k_p – коэф. траты сварочной проволоки и защитного газа, 1,7;

$M_{\text{напл.мет}}$ – вычисленный вес наваренного металла.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho * F_{\text{н}} * 10^{-3},$$

где ρ – плотность наваренного металла, $2,7 \text{ г/см}^3$;

F_H – размеры поперечного сечения шва, $F_H = 250 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 2,7 \cdot 250 / 1000 = 0,675$$

$$U = 1,7 \cdot 0,675 = 1,1475$$

$$H_{\text{эл}} = 1,1475 \cdot 20 = 22,95 \text{ кг}$$

$$З_{\text{пр}} = 700 \cdot 22,95 = 16065 \text{ руб.}$$

Финансовые траты на защитный газ

$$З_{\text{з.г.}} = Ц_{\text{з.г.}} \cdot H_{\text{з.г.}}$$

где $Ц_{\text{з.г.}}$ – стоимость защитного газа, руб/литр;

$H_{\text{з.г.}}$ – норма траты защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму траты защитных газов находим при наплавке:

$$H_{\text{з.г.}} = U_{\text{з.г.}} \cdot L + U_{\text{доп.}}$$

где $U_{\text{з.г.}}$ – удельная норма траты защитного газа на 1 метр шва, по нормативным документам завода, л.

$$U_{\text{з.г.}} = q_{\text{зг}} \cdot t_0$$

где $q_{\text{зг}} = 0,5 \text{ л/мин}$;

$$U_{\text{з.г.}} = 0,5 \cdot 3,33333333 = 1,66666667 \text{ л.}$$

$U_{\text{доп.}}$ – включающая трата защитного газа на подготовительно-дополнительной операции (прочистка шлангов и т.д.), м^3 .

$$U_{\text{доп.}} = t_{\text{всп}} \cdot q_{\text{зг}}$$

где $t_{\text{всп}}$ – дополнительные часы, нужные для прочистки шлангов, мин;

$D_{\text{зг}}$ – удельная норма траты защитного сварочного газа за единицу времени, $\text{м}^3/\text{мин}$.

$$U_{\text{доп.}} = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ литра.}$$

$$H_{\text{з.г.}} = U_{\text{з.г.}} \cdot L + U_{\text{доп.}} = 1,66666667 \cdot 20 + 0,025 = 33,583333 \text{ литра}$$

$$З_{\text{з.г.}} = 100 \cdot 33,583333 = 3358,33333 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{Мб}} = З_{\text{пр}} + З_{\text{зг}} = 16065 + 3358,33333 = 19423,33333 \text{ руб.}$$

Финансовые траты на электроэнергию находим отталкиваясь от полезной мощности сварочного и механического оборудования:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot Ц_{э-э}$$

где $P_{об} = I_{св} \cdot U_{\partial}$ – полезная мощность сварочного и механического оборудования КВА;

t_0 – главное (машинное) часы работы сварочного оборудования; [12]

η – к.п.д. сварочного и механического оборудования; [12]

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А; U_{∂} – напряжение на дуге, В. [12]

$$P_{об}^{пр} = 180 \cdot 17 = 3060 \text{ кВА};$$

$$Z_{э-э} пр = \frac{3060 \cdot 3,33333333}{0,9 \cdot 60} \cdot 4,82 = 914,907407 \text{ руб}$$

Затраты на обслуживание и работу сварочного и механического оборудования.

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р}$$

где $A_{об}$ – амортизационные отчисления на сварочного и механического оборудование, руб.;

$P_{т.р}$ – финансовые траты на данный ремонт сварочного и механического оборудования, руб.;

$Z_{в.тех}$ – финансовые траты на воду тех.; [12]

$Z_{сж.возд}$ – финансовые траты на сжатый воздух для продувки и др. операций.

Финансовые траты на амортизацию сварочного и механического оборудования

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * N_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100}; [12]$$

где Ц_{об} – стоимость сварочного и механического оборудования по базовому и проектному способам, руб; [12]

На_{об} – норма амортизации сварочного и механического оборудования, %;

$$A_{обпр} = \frac{1190000 \cdot 2 \cdot 31,9}{1972 \cdot 100 \cdot 60} = 6,41666667 \text{ руб}$$

Финансовые траты на данный ремонт сварочного и механического оборудования находятся по формуле:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100}$$

где $H_{т.р}$ – нормированное кол-во отчислений на данный ремонт сварочного и механического оборудования, $\approx 30\%$;

$$P_{т.р.пр} = \frac{1190000 * 30 * 0,80882353}{1972 * 100} = 146,424949 \text{ руб.}$$

Получаем, финансовые траты на сварочного и механического оборудование

$$З_{обпр} = 6,41666667 + 146,424949 = 152,841616 \text{ руб.}$$

Финансовые траты на обслуживание и работу заводских площадей

$$З_{площ} = \frac{Ц_{площ} * S_{площ} * H_{а_{площ}} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60};$$

где: $Ц_{площ}$ – стоимость 1м² заводской площади, руб.;

$H_{а_{площ}}$ – нормированное кол-во амортизационных отчислений на строения, %;

$S_{плоч}$ – площадь, на котором стоит сварочное и механическое оборудование, м²;

$$З_{плоч} = \frac{1000 * 5 * 2 * 31,9}{1972 * 100 * 60} = 0,0026960784 \text{ руб.}$$

Финансовые траты на з.п. главных заводских рабочих с отчислениями на соц. нужды.

Фонд заработной платы (ФЗП) является суммой главной з.п. и доп. з.п..

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп.}$$

Финансовые траты на главную з.п.

$$\text{ЗПЛосн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot k_{зпл}$$

где Сч – временная почасовая тарифная ставка работника, руб/час;

$t_{шт}$ – нормировано принятое единичного времени, час;

$k_{зпл}$ – заданное значение коэф., с помощью которого можно высчитывать начисления на главную з.п.

$$k_{зпл} = k_{пр} * k_{вн} * k_{у} * k_{нф} * k_{н} ; [12]$$

где $k_{пр} = 1,25$ – коэф. выдачи кол-ва примий; [12]

$k_{вн} = 1,1$ – коэф. полного закрытия норм; [12]

$k_{у} = 1,1$ – коэф., который учитывает доплаты за условия труда; [12]

$k_{нф} = 1,067$ – коэффициент, с помощью которого можно высчитывать дополнительные выплаты за проф. мастерство и стаж работника; [12]

$k_{н} = 1,133$ – коэф. выплат за время работы в поздние время. [12]

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,067 \cdot 1,133 = 1,82847789$$

$$\text{ЗПЛ}_{осн}^{пр} = 31,9 \cdot 116 \cdot 1,82847789 = 6766,09957 \text{ руб}$$

Финансовые траты на дополнительную з.п.

$$\text{ЗПЛ}_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{осн}$$

где k_d – коэф., соотношения между главной и дополнительной з.п., 10%.

$$ЗПЛ_{доп} = 6766,09957 \cdot 10 / 100 = 676,609957 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{пр} = 6766,09957 + 676,609957 = 7442,70953 \text{ руб.}$$

Причисления на соц. необходимости

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad [12]$$

где $N_{соц}$ – коэф., высчитывающий причисления на соц. необходимости, 30 %.

$$O_{CH}^{пр} = 7442,70953 \cdot 30 / 100 = 2232,81286 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

$$C_{тех} = ЗМ + Зэ-э + Зоб + Зплоч + \Phi ЗП + O_{CH} \quad [12]$$

$$\begin{aligned} C_{тех} &= 19423,3333 + 914,907407 + 152,841616 + 0,00269607 \cdot 84 + 7442,70953 + 2232,81286 \\ &= 30166,6074 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Вычисленное понятие кол-ва цеховой себестоимости выводим на основании зависимости:

$$C_{цех} = C_{тех} + R_{цех};$$

где $R_{цех}$ – общая сумма цех. финансовых трат, руб.

$$R_{цех} = ЗП_{Лосн} \cdot K_{цех}$$

где $K_{цех}$ – установленное параметр коэф., выделяющего долю цеховых финансовых трат при выполнении сварочных, механических и д.р. операций тех. процесса по базовому и проектному способам.

$$C_{цех}^{пр} = 30166,6074 + 6766,09957 \cdot 1,257 = 30166,6074 + 8504,98717 = 38671,5946 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{зав} = C_{цех} + R_{зав} = C_{цех} + K_{зав} \cdot ЗП_{Лосн}$$

где $R_{зав}$ – общее кол-во заводских финансовых трат, руб.

$K_{зав}$ – установленный параметр коэф., выделяющего долю производственных финансовых трат при выполнении сварочных,

механических и др. операций тех.процесса по базовому и проектному способам.

$$C_{\text{ПРОИЗВ}}^{\text{ПР}} = 38671,5946 + 1,05 * 6766,09957 = 38671,5946 + 7104,40455 = 45775,9992 \text{ руб.}$$

Таблица 14 – Вычисления себестоимости наплавки.

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			Базовый	Проектный
1	Материалы сварочные, доп.	ЗМ	-	19423,3333
2	Фин. траты на электроэнергию	Зэ-э	-	914,907407
3	Фонд заработной платы	ФЗП	-	7442,70953
4	Зачисления на соц. необходимости	Осн	-	2232,81286
5	Затраты на обслуживание и работу сварочного и механического оборудования	Зоб	-	152,841616
6	Фин. траты на площади	Зпл	-	0,0026960784
7	Себестоимость технологическая	Стех	-	30166,6074
8	Цеховые фин. траты	Рцех	-	8504,98717
9	Себестоимость цеховая	Сцех	-	38671,5946
10	Заводские расходы	Рзав	-	7104,40455
11	Себестоимость производственная	Сзав	-	45775,9992

5.5 Вычисление экономической эффективности

Подразумеваемая финансовая прибыль (условно-годовая экономия) от уменьшения себестоимости производства(покупки) изделия

$$Pr_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot N_{\text{пр}} \quad [12]$$

За себестоимость производственную по базовому варианту берём цену покупки готового кранового колеса мостового крана

$$C_{зав}^{\bar{b}} = 95000 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_{y.z.} = (95000 - 45775,9992) \cdot 50 = 2461200,04 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект

Для нахождения размера годового экономического эффекта от внедрения в технологический процесс нового сварочного и механического оборудования, используем формулу:

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав}^{\bar{b}} + E_H \cdot K_{уд}^{\bar{b}}) - (C_{зав}^{pp} + E_H \cdot K_{уд}^{pp})] \cdot N_{pp} \quad [12]$$

$$\mathcal{E}_Г = [95000 - (45775,9992 + 0,33 \cdot 33260,6187)] \cdot 50 = 1912399,83 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений найдём по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{общ}^{pp}}{Pr_{ож}}$$

$$T_{ок} = \frac{1438500}{2461200,04} \approx 0,6 \text{ года}$$

Заключение по разделу

Исходя из расчётов на стоимость восстановления крановых колёс, посредством наплавки изношенной части (рабочей поверхности) с помощью нового оборудования получается что разработанная технология экономичней закупки новых крановых колёс. Окупаемость данной технологии чуть больше полугода.

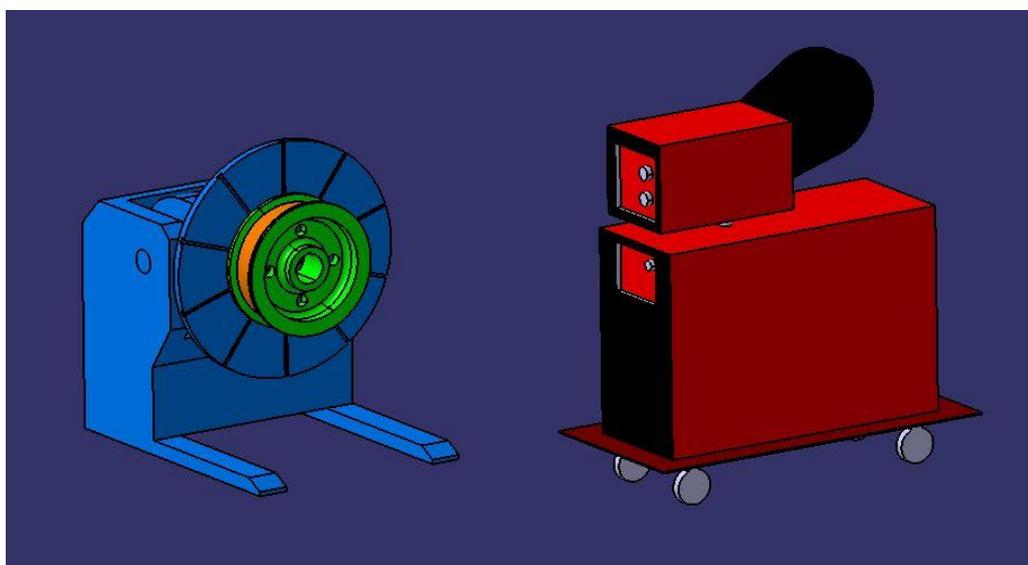
Заключение

По результатам выполненной работы сделаем следующие выводы.

1. Технологический процесс восстановления колеса мостового крана разработан в 3 этапа: 1-й этап – определение параметров режима наплавки на тестовых образцах, 2-й этап – корректировка параметров режима наплавки на образцах в виде колеса, 3-й этап - устранение недостатков и отработка технологии на реальных образцах. В результате получена твердость на одной реборде от 312 до 360 НВ, на другой реборде от 318 до 347 НВ, на поверхности катания от 334 до 371 НВ, что позволяет рекомендовать технологию к внедрению.

2. Расчёт стоимости восстановления крановых колёс, посредством наплавки изношенной части (рабочей поверхности) с помощью нового оборудования получается что разработанная технология экономичней закупки новых крановых колёс. Окупаемость данной технологии чуть больше полугода.

Исходя из выше изложенного, можно заключить, что предложенный технологический процесс соответствует предъявляемым к нему требованиям, необходимым для внедрения его на производство, а так же является экономически выгодным по сравнению с закупкой готовых крановых колёс.



Список используемой литературы

1. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
2. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
3. ГОСТ Р ИСО 14175-2010.Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов. – 1-7с.
4. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебн. пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000.– 68 с.
5. ГОСТ 28648-90 Колёса крановые технические условия. – М. : изд-во стандартов , 1990. – 1-4с.
6. ГОСТ 10543-98. Проволока стальная наплавочная. М. : изд-во стандартов , 1998. – 3 с.
7. Дзюрер Владимир Яковлевич. Теплотехника и тепловая работа печей: учебное пособие / В.Я. Дзюрер. - М. : Машиностроение, 2021. - 384 с.
8. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2012. – 38с.
9. Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
10. Недосека, А.Я. Об оценке надёжности эксплуатирующихся конструкций / А.Я. Недосека, С.А. Недосека // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2010. - №2 – 7-17 с.
11. Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки, взаимодействие металла с газами / И.К. Походня, И.Р. Явдошин, А.П. Пальцевич [и др.]. – К.: наукова думка, 1994. – 444с.
12. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

13. Потальевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах / А.Г.Потальевский. – Издание 2-е, недоработанное. – К.: Экотехнолопя, 2007. – 192 с.
14. Руководство по эксплуатации сварочного полуавтомата TPS 400i фирмы «Fronius», 2018.- 8с.
15. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки. Под ред. проф. П. Г. Петрухи. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: «Машиностроение», 1974. - 616 с.
16. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х тт.— М.: Машиностроение, 1978.
17. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
18. Сорбитизация, Большая советская энциклопедия [в 30 т.] / гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Изд-во Советская энциклопедия, 1969-1978 ,С. 191.
19. Сорбитизация, Политехнический словарь. — 3-е. — Москва : Изд-во Советская энциклопедия, 1989. - С. 494. (656 с.)
20. Санитарные правила при сварке, наплавке и резке металлов (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 5 марта 1973 г. N 1009-73) – 2 с.
21. Недосека, А.Я. Об оценке надёжности эксплуатирующихся конструкций / А.Я. Недосека, С.А. Недосека // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2010. - №2 – 7-17 с.
22. ТКП 45–1.03– 103–2009 (02250). Технические условия, 2009.- 34-38с.