

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОДА НА ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ КУЛАЧКОВ МУФТ

Науменко А.А., к.т.н., Тихонов А.В., к.т.н., Мартыненко А.Д., к.т.н.,
Бурда В.С., студент

(Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства)

Предложена конструкция составного формирующего электрода, подобран материал его элементов, обоснована геометрия рельефа торца электрода.

Расчетным способом оценены параметры режима восстановления.

Способ восстановления боковых поверхностей кулачков и других рельефных деталей машин электроконтактной приваркой пластин с одновременной формирующей осадкой позволяет значительно сократить расход присадочного материала и уменьшить трудоемкость механической обработки. Однако этот способ становится менее эффективным в производстве за счет несовершенства конструкции формирующего электрода.

Первоначально (рис.1.а) для восстановления рельефных поверхностей использовали электрод с развитой рабочей поверхностью, сходный по своим конструктивным решениям с известными электродами [1, 2]. Однако указанные электроды в процессе восстановления характеризуются недостатком - быстрый износ поверхности выемки, формирующей рельеф. Это вызывает необходимость замены всего электрода и обуславливает значительный расход дорогостоящего цветного материала (бронзы, меди и др.), не обладающего достаточной жесткостью. Кроме того, из-за низкой прочности, а также значительных усилий, действующих на боковые поверхности выемки происходит, искажение выемки электрода в процессе восстановления. Указанный недостаток не позволяет обеспечивать требуемую точность геометрической поверхности восстанавливаемого рельефа. В процессе восстановления, цельным электродом с развитой рабочей поверхностью, электрический ток проходит не только через присадочный материал, но и через контакт формирующие боковые поверхности выемки электрода - восстанавливаемый рельеф". Это уменьшает плотность тока, проходящего через присадочный материал и рельеф, увеличивает теплоотвод в электрод через насадку, вследствие чего ухудшается качество сцепления присадочного материала, происходит значительный нагрев основания (корня) восстанавливаемого рельефа, что значительно затрудняет формообразование исходной геометрии.

Широко применяемые для контактной сварки электроды с цилиндрической или сферической рабочей поверхностью имеют [10, 11, 12, 13] значительный недостаток. Они не позволяют получать заданные формы изношенных боковых поверхностей (см. рис.1.б, в).

В тоже время указанные электроды легко поддаются ремонту методом шлифования торцевой рабочей поверхности. Для улучшения обжатия сварочно-

го ядра и снижения деформации материала со стороны электрода, предложено их изготавливать с насадкой (см. рис.1.г) [3]. Известные электроды невозможно применить при восстановлении рельефной поверхности.

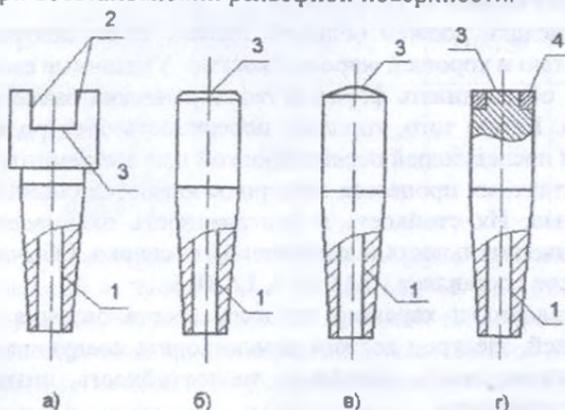


Рис. 1. Конструкции электродов для электроконтактной сварки: а - электрод с развитой рабочей поверхностью; б - с цилиндрической рабочей поверхностью; в - со сферической рабочей поверхностью; г - с насадкой из материала, имеющего низкую теплопроводность; 1 - охлаждающий канал; 2 - формообразующая поверхность; 3 - рабочая поверхность; 4 - насадка

Учитывая преимущества и недостатки рассмотренных конструкций электродов, в работе была предложена конструкция их изготовления для восстановления изношенных рельефных поверхностей [4,9]. Такая конструкция включает электрод и насадку, выполненную из материала с низкой теплоэлектропроводностью и имеющую на своей торцевой поверхности углубление, соответствующее форме исходной геометрии восстанавливаемого рельефа детали и охватывающее его боковые поверхности (рис.2).

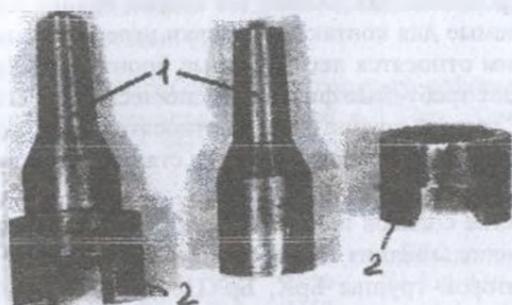


Рис. 2. Электрод для восстановления изношенных рельефных поверхностей деталей: 1 - электрод; 2 - насадка

Во время восстановления электрический ток проходит через электрод 1, присадочный материал и восстанавливаемый рельеф, вследствие чего обеспечивается приварка присадочного материала к вершине рельефа и нагрев с од-

современной формообразующей осадкой. Осаженный материал формируется с помощью охватывающих его боковых поверхностей насадки 2 на определенный размер, ограниченный ее геометрией.

Материал насадки должен обладать низкой теплоэлектропроводностью, высокой твердостью и хорошей жаростойкостью. Указанные свойства в первую очередь должны обеспечивать форму и геометрические размеры восстанавливаемого рельефа. Кроме того, торцевая поверхность электрода должна легко ремонтироваться последующей перешлифовкой при его ремонте.

Во всех контактных процессах электроды являются сменной, быстроизнашиваемой деталью. Их стойкость и долговечность оказывает существенное влияние на производительность и экономичность сварки. Обычно средний срок службы электродов составляет 10-15ч [13, 12. 10].

Учитывая условия и характер процесса восстановления рельефных поверхностей деталей, электрод должен удовлетворять следующим требованиям: высокая электропроводность, твердость, теплостойкость, низкая стоимость и хорошая обрабатываемость.

Торцы электродов при восстановлении нагреваются до 500 - 800 °С. Кроме того, они подвергаются воздействию интенсивных магнитных полей, усилиям сжатия и осадки, ударным нагрузкам при резком увеличении объема сварочного ядра.

В машиностроении обычно используют электроды из сплавов меди или бронзы с добавками легирующих элементов (кадмия, хрома, бериллия, циркония, никеля, титана). При этом электродные материалы должны отвечать требованиям ГОСТ 14 111 - 77, согласно которому все электродные материалы разбиты на три группы сплавов и имеют свое условное обозначение. К первой группе относятся сплавы: МК (медь кадмиевая), МСр (медь с серебром) и БрХЦр 0,3 - 0,09 (хромциркониевая бронза). Эти сплавы обычно используются для точечной, шовной и стыковой сварки легких сплавов и обеспечивают свои свойства в деформированном состоянии. Ко второй группе сплавов относятся материалы, применяемые для контактной сварки углеродистых и низколегированных сталей. К ним относятся легированные бронзы БрХ, БрХЦр 0,6 - 0,05, которые обеспечивают требуемые физико-механические свойства после термической обработки. К третьей группе сплавов относятся электродные материалы, используемые для сварки коррозионностойких сталей, жаропрочных и титановых сплавов [13, 4].

Учитывая свойства сплавов применительно к восстановлению рельефных поверхностей, для использования в данном случае можно рекомендовать следующие сплавы: второй группы БрХ, БрХЦр 0,6 - 0,05 и третьей группы БрНБТ (табл.1).

Для насадки электрода в процессе разработки конструкции и лабораторных испытаний были определены следующие требования: низкая тепло- и электропроводность материала, высокая твердость, жаростойкость, высокая сопротивляемость термической усталости.

Таблица 1. Характеристика электродных материалов для восстановления рельефных поверхностей деталей

Наименование материала	Легирующие элементы, %	Электропроводность по отношению к меди	Твердость, НВ	Температура разупрочнения,
БрХ Хромовая бронза	0,4-1 Cr	70-80	110-130	350-450
БрХЦр0,6-0,05 Хромоникелевая бронза	0,4-1Cr 0,03-0,08Zr	80-85	120-130	480-500
БрНТБ Никельберилевая бронза	1,4-1,5Ni 0,2-0,4Be 0,05-0,15Ti	45-55	170-230	500-550

Известно, что для электроконтактной сварки можно применять электроды с насадками и вставками из молибдена и вольфрама, т.е. материалов, обладающих высокой твердостью, жаростойкостью и низкой теплопроводностью. Однако эти материалы отличаются дороговизной и выпускаются в ограниченном количестве [4]. Поэтому их нельзя широко рекомендовать для применения при восстановлении деталей в ремонтном производстве.

Для изготовления насадки следует использовать менее дорогие и дефицитные сплавы, а именно стали для горячего деформирования, инструментальные применяемые в изготовлении тяжело нагруженных деталей. При этом необходимо учитывать, что тепло- и электропроводность сталей снижается с увеличением содержания углерода и различных легирующих добавок. К их числу относятся хром, никель, вольфрам, алюминий, кремний и марганец [5]. В тоже время для обеспечения жаропрочности в сплавы вводят хром и алюминий [6].

Стали для горячего должны отличаться высоким сопротивлением термической усталости и высокой коррозионной стойкостью. Наиболее высокая теплоустойчивость и жаропрочность достигается в сталях с пониженным содержанием углерода, легированных кобальтом и содержащих вольфрам и молибден с суммарным количеством около 9-10% [5,6]. Для изготовления насадки электрода из этих сталей можно рекомендовать: 3Х2В8Ф, 5Х3В3МФС, 2Х6В8М2К8, обладающих следующими свойствами (табл.2).

Таблица 2. Состав и свойства сталей для горячего деформирования.

Сталь	Содержание элементов, %					Температура заковки, °С	Твердость после закалки, HRC	Температура отпуска, °С	Твердость после отпуска, HRC	Теплостойкость, °С
	C	Cr	W	Mo	V					
3Х2В8Ф	0,3-0,4	2,2-2,7	7,5-8,5	-	0,2-0,5	1130-1150	53-55	630-650	42-47	660
5Х3В3МФС	0,45-0,52	2,5-3,2	3,0-3,6	0,8-1,1	1,5-1,8	1130-1150	54-58	650-660	44-47	685
2Х6В8М2К8	0,22-0,30	6,5-7,0	7,0-8,0	1,8-2,3	0,1-0,25	1180-1200	52-54	670-690	48-52	730

Из инструментальных сталей наиболее подходят для изготовления насадки быстрорежущие стали, которые обладают высокой теплостойкостью, красно-

стойкостью (600-700⁰С), высокой твердостью и износостойкостью. В тоже время эти стали из-за значительного содержания в их составе вольфрама обладают большой дефицитностью. Для изготовления насадки можно использовать быстрорежущие стали P18 и P6M5 (табл.3), которые имеют низкую теплопроводность по сравнению с конструкционными сталями [9].

Таблица 3. Состав и некоторые свойства быстрорежущих сталей

Марка стали	Содержание элементов, %					Температура закали, °С	Температура отпуска, °С	Твердость после термообработки, HRC	Красностойкость, °С
	C	Cr	W	Mo	V				
P18	0,7-0,8	3,8-4,4	17,0-18,5	1,0	1,0-1,4	1270-1290	550-570	62	620
P5M5	0,85-0,90	3,8-4,4	5,5-6,5	5,0-5,5	1,7-2,1	1219-1230	540-560	64	620

Кроме перечисленных для изготовления насадки электрода можно применять машиностроительные стали, используемые для изготовления тяжело нагруженных деталей, а именно стали 50, 55, 40ХН, 50ХН. Эти стали обладают высокой конструктивной прочностью в сочетании с малой склонностью к хрупким разрушениям. Наличие в сталях 40ХН, 50ХН в их составе таких легирующих элементов как, марганец (0,50-0,80%), хром (0,25-0,75%) а также никеля (1,00-1,40%), позволяет сделать вывод о низкой тепло и электропроводности данных сталей.

К недостаткам сталей рассмотренных сталей можно отнести относительно невысокую твердость. После отжига она не превышает 207-217 НВ [5].

Широкое распространение этих сталей в машиностроении указывает на доступность их применения при изготовлении насадок электродов при восстановлении деталей электроконтактной приваркой с одновременной формообразующей осадкой.

В результате проведенного анализа установлено, что для изготовления формирующего электрода рекомендуются следующие материалы: для электрода – бронза БрХ, для насадки – сталь 40ХН.

Как известно, электроды являются ответственными частями сварочных машин и значительно влияют на качество восстановительных работ. [13, 14]. Особенно их влияние возрастает при восстановлении рельефных поверхностей электроконтактной сваркой с одновременной осадкой, где совмещены следующие операции: приварка присадочного материала; нагрев присадочного материала и восстанавливаемого рельефа; пластическая деформация рельефа до необходимой геометрии.

Всдушим процессом восстановления боковых поверхностей кулачков является приварка присадочного материала. В процессе экспериментального исследования и разработки параметров предложенного способа восстановления было замечено, что присадочный материал проплавляется на малую глубину и незначительно деформируется. Это указывает на подтверждение общих закономерностей сварки материала различной толщины: значительный отвод тепла в тело электрода со стороны тонкой детали; специфическое распределение тока

в обеих деталях.

Указанные недостатки устранялись перераспределением плотности тока, путем создания на торцевой поверхности осаживающего электрода выемки.

В процессе приварки присадочного материала в основном участвует электрод, так как насадка не контактирует с боковыми поверхностями рельефа из-за счет наличия зазора.

Применение выемки на поверхности электрода позволяет увеличить плотность тока в начальный период приварки присадочного материала (рис. 3).

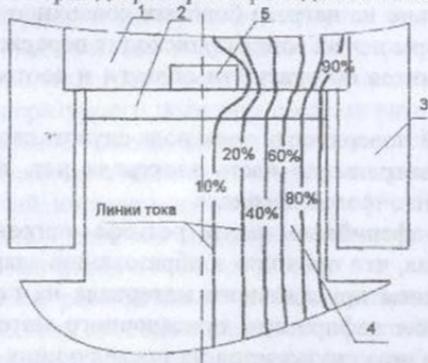


Рис. 3. Характер электрического поля в восстанавливаемом рельефе детали: 1 - электрод с выемкой; 2 - присадочный материал; 3 - насадка; 4 - восстанавливаемый рельеф; 5 - выемка

Проведенные исследования распределения плотности тока на плоских металлических моделях подтвердили его снижение в центральной части рельефа и повышение - на периферии. Особенно это хорошо видно в верхней части рельефа [8], где плотность тока существенно возрастает (см. рис. 3).

У электрода с плоской поверхностью плотность тока в зоне контакта (рис. 4, а) распределена относительно равномерно по ширине рельефа. Разность плотности тока в крайних точках составляет 6А на мм².

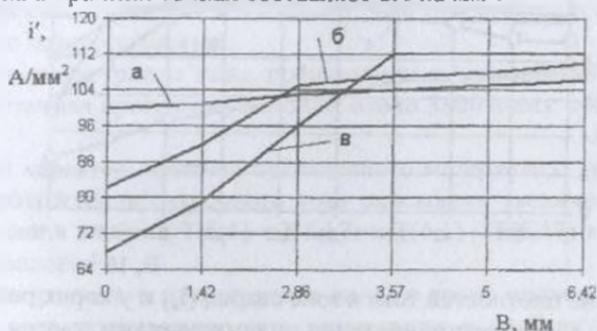


Рис. 4. Плотность тока в зоне контакта присадочный материал - вершина рельефа. (Ввиду симметричности относительно оси поля рассмотрена его половина): а - электрод с цилиндрической поверхностью; б - электрод с выемкой шириной 3 мм; в - электрод с выемкой шириной 4 мм

Применение электрода с выемкой на рабочей поверхности существенно увеличивают перепады плотности. Так, для электрода с выемкой $B_1=3\text{мм}$ они составляет 27А/мм^2 , а для $B_1=4\text{мм}$, достигает 48А/мм^2 (см. рис. 5 б, в). Такой характер распределения тока, когда плотность его в центре рельефа падает, а на периферии возрастает, что наблюдается на глубине соответствующей 4 мм. для восстанавливаемого рельефа. То есть в месте образования сварного соединения между присадочным материалом и рельефом.

Возрастание плотности тока на периферии восстанавливаемого рельефа сказывается положительно на нагреве боковых поверхностей. В то же время с увеличением температуры в этих зонах происходит перераспределение плотности тока, т.е. ток стремится обтекать эти области и соответственно его плотность падает.

Выемка на рабочей поверхности электрода служит своеобразным изолятором. Теплоотвода в центральную часть электрода нет, и это положительно влияет на прогрев присадочного материала.

В результате периферийные части рельефа нагреваются значительно больше, чем центральная, что приводит к образованию сварочного ядра со значительным проплавлением присадочного материала на периферии. При этом происходит значительная деформация присадочного материала и рельефа по боковым поверхностям, что сказывается на последующих этапах восстановления.

Применение конструкции электрода с выемкой на рабочей поверхности практически не влияет на распределение плотности тока по высоте рельефа, а также на нагрев корня восстанавливаемого рельефа. Особенно это хорошо иллюстрируется сравнением соотношения плотности тока в зоне контакта присадочный материал - рельеф и корня рельефа (рис.5.). При равенстве плотностей это соотношение равно единице, при большей плотности в зоне сварки >1 , при большей плотности в зоне корня рельефа <1 .

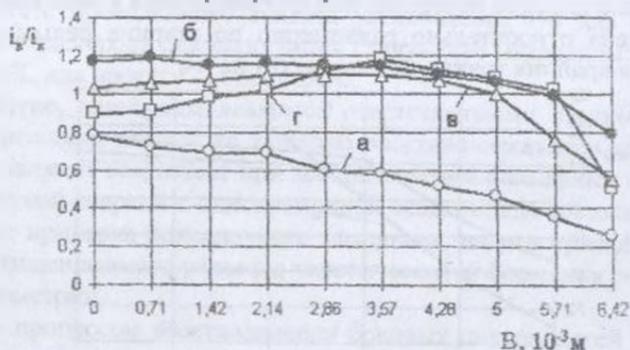


Рис. 5. Отношение плотностей тока в зоне сварки (i_c) и у корня рельефа (i_k) по ширине кулачка: а - при восстановлении цилиндрическим электродом с наличием контакта рельеф-насадка; б - при восстановлении цилиндрическим электродом без контакта рельеф-насадка; в - при восстановлении электродом с выемкой шириной $B=3\text{мм}$; г - при восстановлении электродом с выемкой шириной $B=4\text{мм}$

Как видно (см. рис. 5.) при наличии контакта рельеф-насадка плотность тока у корня рельефа больше, чем в зоне сварки, что приводит к перегреву корня рельефа и распаду нитридных фаз.

Такие соотношения плотностей наиболее характерны для конца прохождения подогревающего импульса тока под действием ковочного усилия, когда образуется контакт рельеф - насадка.

Для восстановления изношенных кулачков муфты блокировки дифференциала можно рекомендовать электрод с выемкой шириной 4мм и глубиной 1,5мм. При такой конструкции электрода достигается оптимальное распределение плотности тока, оказывающее решающее значение на процесс приварки присадочного материала, подогрев и последующую осадку рельефа.

Определение температурного поля при восстановлении кулачков сцепных муфт основана на расчетном методе, так как измерение температур сопряжено с рядом трудностей, связанных с малыми размерами нагреваемых областей и коротким временем стадий процесса восстановления [7]. При исследовании использовали приближенное решение дифференциального уравнения теплопроводности численными методами с помощью ЭВМ.

Температурное поле рассчитывали для восстановления кулачка муфты блокировки дифференциала способом электроконтактной приварки присадочного материала толщиной 2мм с одновременной формообразующей осадкой по следующим параметрам: длина контакта формирующего электрода с деталью - 13,6мм; ширина выемки на вершине формирующего электрода - 4мм и глубина - 1,5мм; длина контакта подводящего электрода - 20,8мм; высота восстанавливаемой детали с присадочным материалом - 58,8мм; усилие на электродах при прохождении сварочного импульса тока - 3000Н; усилие на электродах при формообразующей осадке - 6000Н; сила сварочного и подогревающего импульсов тока - 16000А.

Для расчета поле восстанавливаемой детали разбивали на ячейки размером $\delta_x = 0,4$ мм, а поле электродов - размером $\delta_y = 0,8$ мм. Интервал времени выбирали из условия устойчивости разностной схемы и он составил 0,005с.

Учитывая симметричность теплового поля относительно оси, расчет проводили для его одной половины.

Расчет температурного поля производили с применением современных ЭВМ. Разработанная программа занимает около 3800 ячеек нулевого блока памяти.

Сетчатый характер контакта присадочного материала с деталью в первые интервалы прохождения сварочного тока описывали увеличенной в два раза плотностью тока в ячейках T(5,1) - T(5,17) и T(6,1) - T(6,17) в течении десяти первых интервалов.

Окончание расчета температурного поля во время прохождения сварочного импульса тока происходило при достижении в ячейках T(3,1), T(8,1) и T(6,16) температуры $\geq 1535^\circ\text{C}$.

Расчет промежуточной паузы завершался по достижении в ячейках T(3,1), T(8,1) и T(6,16) температуры $\leq 300^\circ\text{C}$.

Время расчета температурного поля при прохождении подогревающего

импульса тока ограничивалось увеличение температур в ячейках $T(3,1) \leq 1000^{\circ}\text{C}$ и $T(22,1) \leq 900^{\circ}\text{C}$.

По результатам расчета строили изотермы температур, в теле восстанавливаемой детали, описывающие конечные фазы прохождения соответствующих стадий восстановления: приварки присадочного материала, промежуточной паузы и подогрева рельефа с одновременным формообразованием (рис.6.).

Как видно (см. рис. 6.) температурное поле на момент окончания приварки присадочного материала формируется за 1,8с при этом в зоне контакта присадочного материала и вершины восстанавливаемого кулачка достаточная для образования металлических связей в жидкой фазе металла и получения прочного соединения.

Выравнивание температур в теле кулачка и обеспечение кристаллизации металла в зоне соединения происходит за 1,71с, что соответствует времени промежуточной паузы.

Оптимальная температура для формообразования при прохождении подогревающего импульса тока образуется за 1,53с.

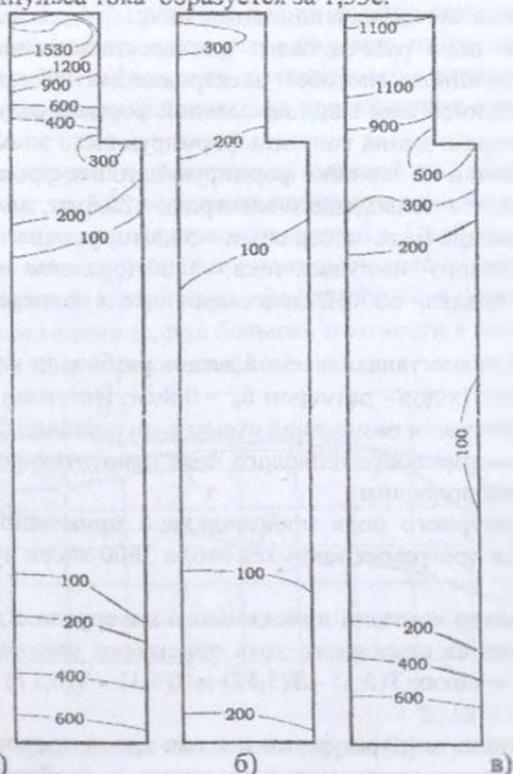


Рис.6. Расчетные изотермы температур в теле детали на различных стадиях восстановления: а - стадия окончания приварки присадочного материала; б - стадия окончания промежуточной паузы; в - стадия окончания подогрева рельефа

Выводы.

1. Для обеспечения качественного процесса приварки пластины, компенсирующей изношенный слой, разработали специальную конструкцию электрода, которая позволяет уменьшить плотность тока у корня кулачка и способствует его концентрации в зоне приварки пластины. Одновременно предложенная конструкция электрода обеспечивает формирование заданной геометрии кулачка при удовлетворительной свариваемости материала.

2. Рекомендуется осаживающий электрод изготавливать из бронзы марки БрХ, которая обеспечивает высокую электропроводность, теплостойкость, хорошую обрабатываемость и относительно низкую стоимость процесса восстановления.

Предложено осаживающий электрод изготавливать с выемкой шириной 4,0 и глубиной 1,5мм на осаживающей торцевой рабочей поверхности, при восстановлении кулачков муфты блокировки дифференциала трактора типа МТЗ.

Для получения заданной геометрии восстанавливаемого кулачка предложен материал и конструкция формирующей насадки. Эффективным материалом для изготовления насадки является сталь 40ХН. Насадка выполнена с копирующим углублением геометрии кулачка на торцевой поверхности.

3. Выполнен расчет температурных полей, формируемых в теле восстанавливаемой детали, который позволил выявить и оценить особенности нагрева и определить параметры режима по времени прохождения сварочного тока, промежуточной паузы и подогревающего импульса тока, которые соответственно равны 1,8с, 1,71с и 1,53с.

Список литературы

1. Патент 3092715(США). Способ получения сплавленных соединений Harry H. Hallas. - Оpubл. в "Official gazette", 1963, №4.
2. Патент 2071556(Франция). Электрод для контактной сварки /H.Korohn. - Оpubл. в "Bulletin officiel de la proprieta industrielle" 1971, №39 - 42.
3. А.с.354956 (СССР). Электрод для контактной точечной сварки Н.И.Тарасов, Н.А.Воруха, И.М.Цехмистер. - Оpubл. в Б.И., 1972, №31.
4. Тихонов А.В. Электрод для восстановления изношенных рельефных поверхностей деталей // Методы восстановления изношенных деталей сельскохозяйственных машин. Сб. науч. тр. МИИСП. - М.: - 1986. - С.72 - 74.
5. Николаев А.К., Розенберг В.М. Сплавы для электродов контактной сварки. - М.: Металлургия, 1978. -95с.
5. Позняк Л.А., Скрынченко Ю.М., Тишаев С.И. Штамповые стали. - М.: Металлургия, 1980. - 244с.
6. Гольдштейн М.Н., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. - М.: Металлургия, 1985. -408с.
7. Тарасов Н.М., Цехмистер И.М., Подвойский Ю.А. Расчет на ЭЦВМ температурных полей в деталях при точечной электросварке с обжатием // Новая технология, комплексная механизация и автоматизация сварочного производства. - К.: Техніка, - 1977. - С. 6 - 11.

8. Тихонов А.В., Бантковский В.А. Исследование поля тока при восстановлении рельефных поверхностей деталей электроконтактной сваркой с одновременной осадкой // Вопросы механизации сельского хозяйства. Сб. науч. тр. ХГТУСХ. - Харьков. - 1996. - С.158 -162.

9. А.с. 1429484(СССР). Способ восстановления изношенных деталей с рельефной поверхностью / Н.С.Пилипенко, А.В.Тихонов. - Оpubл. в Б.И., 1988, №37.

10. Балковец К.В., Орлов Б.Д., Чулошников П.Л. Точечная и роликовая сварка специальных сталей и сплавов. - М.: Оборонгиз, 1957. - 430с.

11. Гуляев А.И. Технология точечной и рельефной сварки сталей. -М.: Машиностроение, 1978. - 246с.

12. Гуляев А.И. Технология и оборудование контактной сварки. -М.: Машиностроение, 1985. - 256с.

13 Сварка в машиностроении: Справочник в 4 -х т./ Редкол.: Г.А. Николаев (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978. - Т.1. /Под ред. Н.А. Ольшанского. 1978. - 504с.

14 Журавлев В.Н., Николаев О.И. Машиностроительные стали. Справочник. - М.: Машиностроение, 1981. - 391с.

Анотація

Дослідження впливу конструкції електроду на процес відновлення кулачків муфт

Представлена конструкція складового формуючого електроду, підібраний матеріал його елементів, обґрунтована геометрія рельєфу торця електроду. Розрахунковим способом оцінені параметри режиму відновлення.

Abstract

Research of influencing of construction of electrode on the process of renewal of fists of muffs

The presented construction of component forming electrode, neat material of his elements, the grounded geometry of relief of butt end of electrode.

By a computation method the appraised parameters of the mode of renewal.