



МРНТИ 06.81.23

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-147-2-203-218>

Научная статья

## Исследование оптимальных параметров наплавки при восстановлении валов электродвигателей

О.М. Жаркевич\*<sup>1</sup>, А.Е. Мухитова<sup>1</sup>, О.А. Нуржанова<sup>1</sup>, А.В. Бессонов<sup>2</sup>,  
Г.К. Тайманова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Караганда, Казахстан

<sup>2</sup> ТОО «Автоматические котлы», Караганда, Казахстан

<sup>3</sup> НАО «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби», Алматы, Казахстан

(E-mail: nurzhanova\_o@mail.ru)

**Аннотация.** Ремонт поврежденных или изношенных валов электродвигателей является важной частью восстановительных работ, с которыми сталкиваются многие промышленные предприятия. В производственном секторе поддержание оптимальной работы электродвигателей имеет важное значение для обеспечения бесперебойной и эффективной работы производства. Для сокращения затрат на покупку новых валов электродвигателей в случае их поломки или износа промышленные предприятия используют наплавку. Качество наплавленного слоя в том числе определяется способом наплавки и его технологическими режимами. В данной статье рассматривается проблема получения качественного слоя при восстановлении валов электродвигателей наплавкой тремя способами: ручной наплавкой, полуавтоматической наплавкой в среде защитных газов и автоматической наплавкой под флюсом. Определены преимущества и недостатки каждого способа наплавки. Установлены оптимальные технологические режимы наплавки (сила тока и напряжение сварочной дуги) различными способами на основе эксперимента с определением геометрических параметров (ширина шва, высота шва, глубина проплавления шва) и физико-механических свойств восстанавливаемых поверхностей (твердость).

**Ключевые слова:** наплавленный слой, сила тока, напряжение, глубина проплавления, твердость.

Поступила 16.02.2024 Доработана 11.05.2024 Одобрена 20.06.2024 Доступна онлайн 30.06.2024

\* автор для корреспонденции

## Введение

Валы являются ответственными деталями, передающими крутящий момент и мощность в электродвигателях [1]. Из-за знакопеременных нагрузок и функции валов, которую они выполняют, в результате эксплуатации возникают различные виды дефектов, к которым относятся: износ, вмятины, риски, задиры, трещины, смятие поверхности [2].

В этом случае валы подлежат замене или восстановлению. Однако замена вала влечет за собой существенные финансовые издержки. Для экономии средств вместо покупки нового вала часто используют восстановление наплавкой [3].

В зависимости от возможности предприятий при восстановлении валов электродвигателей используют такие методы наплавки, как ручной, полуавтоматический в среде защитных газов и автоматический [4]. Каждый из методов наплавки имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества различных методов наплавки [5]:

- простота, небольшая зона нагрева обрабатываемого материала (ручная наплавка);
- экономичность, высокое качество швов и адгезия; универсальность в плане обрабатываемых материалов и их толщины, независимость результата от пространственного положения (полуавтоматическая наплавка в среде защитных газов);

- высокая производительность, хорошее формирование валиков (автоматическая наплавка под слоем флюса).

Недостатками различных методов наплавки [6]:

- зависимость от квалификации сварщика, низкая производительность, значительное проплавление основного металла (ручная наплавка);

- повышение разбрызгивания металла на 10-12%, органическое изменение состава металла, низкая скорость формирования шва (полуавтоматическая наплавка в среде защитных газов);

- коробление из-за высокого нагрева; непригодность для наплавки мелких изделий сложной формы (автоматическая наплавка под слоем флюса).

При использовании любого из указанных способов наплавки можно регулировать параметры технологического режима (силу сварочного тока, напряжение, колебательные движения сварочной дуги, скорость колебаний и т.д.).

Выбор оптимальных режимов наплавки является одним из основных путей достижения требуемого качества восстанавливаемой поверхности валов электродвигателей. Также этот выбор позволяет влиять на такие показатели, как: дефекты наплавленного слоя, наличие остаточных изменений формы и размеров, суммарный расход наплавленного материала, удобство выполнения наплавки, общие загрязнения поверхности детали и окружающего пространства.

Целью данной статьи является выбор оптимальных режимов наплавки различными способами на основе эксперимента для получения требуемых геометрических и физико-механических свойств восстанавливаемых поверхностей валов электродвигателей.

## Методология

В качестве применяемых наплавочных материалов для осуществления ручной дуговой наплавки использовались штучные электроды марки УОНИ 13/55 СК Ø4 мм и электроды марки S – 7018G Ø2.6 мм. В качестве наплавочного материала при выполнении полуавтоматической наплавки в среде защитных газов использовались сварочные проволоки марки – Св-08Г2С Ø1.2 мм и STOODY-102G Ø1.6 мм. Для выполнения автоматической наплавки под слоем защитного флюса применялась сварочная проволока марки Св-08Г2С Ø2мм и наплавочная порошковая газозащитная сварочная проволока STOODY 102-G Ø1,2 мм. При автоматической наплавке использовался флюс Ан-348-А.

Химический состав и физико-механические свойства применяемых наплавочных материалов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Химический состав и физико-механические свойства наплавочных материалов

Марка	C, %	Si, %	Mn, %	P, %	S, %	$\sigma_r$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	KCV, Дж/см <sup>2</sup>
УОНИ 13/55 СК	0.09	0.42	1.05	0.021	0.018	410	540	29	260
S – 7018G	0.06	0.5	1.2	0.017	0.011	504	572	29.8	111
Св-08Г2С	0.05 -0.08	1.8 -1.95	0.7 -0.95	0.025	0.02	440	900	28	43

Таблица 2. Химический состав наплавочного материала при автоматической наплавке с флюсом Ан-348-А

Марка	C, %	Si, %	Mn, %	Cu, %	Mo, %	W, %	V, %	Cr, %
STOODY-102G	0.2-0.4	0.3 -1.3	1-2	5-8	0.8-1,5	0.5-1.5	0.2	8

Для ручной дуговой наплавки использовался сварочный выпрямитель ВДМ 1202С, оснащенный регулятором частоты сварочного тока марки ЧПР-315 УРАЛ (04) (рисунок 1).



Рисунок 1. Сварочный аппарат для ручной дуговой наплавки.

Для полуавтоматической наплавки применялся сварочный аппарат ПДГ-252 (рисунок 2).



Рисунок 2. Сварочный аппарат для полуавтоматической наплавки

В ходе эксперимента применялась специальная подвижная каретка «KOWELD CS-100С» (рисунок 3), установленная на направляющей шине, что позволило получить сварные швы наилучшего качества на протяжении всей длины сварного шва.

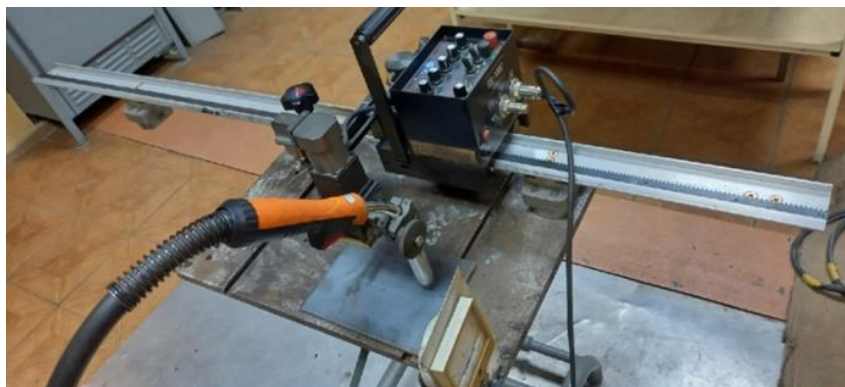


Рисунок 3. Общий вид используемой каретки с установленной сварочной горелкой

Для автоматической наплавки под слоем флюса применялся сварочный трактор АДФ-1005 УРАЛ с источником питания марки ВДУ-1205 УРАЛ (рисунок 4).



Рисунок 4. Сварочный аппарат для автоматической наплавки

## Результаты и Обсуждение

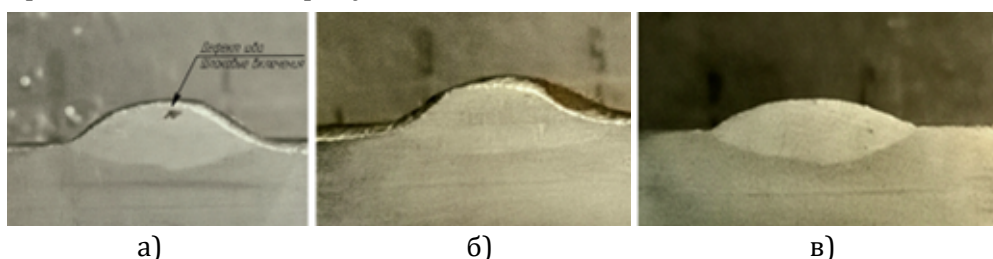
Ручная дуговая наплавка на образец осуществлялась как прямолинейным сварным швом, так и с помощью колебательных движений. При этом отмечалась плавность горения сварочного электрода и тщательное покрытие застывающей сварочной ванны шлаком.

Режимы ручной дуговой наплавки и геометрические параметры, а также твердость полученного наплавленного слоя, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Режимы ручной дуговой наплавки

Параметры режима	Марка электродов	S-7018.G			УОНИ 13/55 СК		
		Ø 2.6 мм			Ø 4 мм		
Номер наплавленного шва		I'	II'	III'	1'	2'	3'
Входные параметры							
Сила сварочного тока, А		85	95	105	110	120	130
Сварочное напряжение, В		21.2	22	22.8	26	26.5	27
Выходные параметры							
Ширина наплавленного слоя, мм		8.44	9.78	10.46	10.24	11.12	12.06
Высота наплавленного слоя, мм		2.24	2.12	1.58	1.38	2.34	3.12
Глубина проплавления, мм		1.08	1.58	1.74	2.02	2.38	2.52
Твердость наплавленного слоя, HV		316	407	446	437	472	485

Выходные параметры наплавленных швов ручной дуговой наплавкой определялись на микрошлифах, показанных на рисунке 3 и 4.



- а) поперечное сечение шва, выполненного параметрами режима № I';
- б) поперечное сечение шва, выполненного параметрами режима № II';
- в) поперечное сечение шва, выполненного параметрами режима № III'

Рисунок 3. Общий вид поперечного сечения наплавленных швов электродами марки S-7018.G Ø1,2 мм

Анализ микрошлифов швов, наплавленных электродами марки S-7018.G показал, что использование параметров режима I' вследствие заниженного значения силы сварочного тока в процессе наплавки дает уменьшенные геометрические параметры

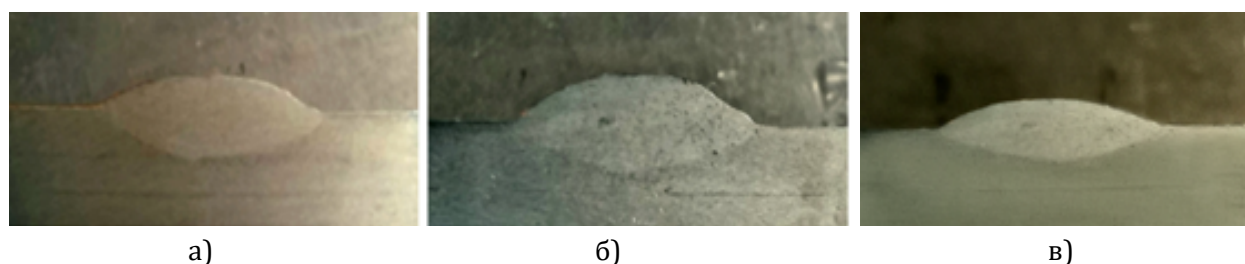


шва. Более того в образце, наплавленном на режиме I', обнаружены шлаковые включения. Наличие шлакового включения объясняется быстрым остыванием небольшого объема наплавляемого металла, вследствие этого весь шлак не успевает покинуть границы сварочной ванны.

При анализе шлифов установлено, что режим наплавки II' (95A/22B) обеспечивает наилучшее наплавление сварочного материала, при относительно меньшей глубине проплавления и, как следствие, меньших остаточных деформациях, а также имеет необходимые геометрические характеристики шва по ГОСТ 5264-80.

Для проведения сравнительного исследования использовались сварочные электроды марки УОНИ 13/55 СК с диаметром прутка 4 мм. В результате визуального наблюдения в процессе выполнения наплавки замечено значительное начальное проплавление испытуемого образца и дальнейшая наплавка образуемого сварочной дугой кратера. Горение электрода можно охарактеризовать как практически стабильное, присутствует вероятность затухания электрода и дальнейшее прилипание к основному металлу из-за неравномерности выдержки зазора между торцом электрода и основным металлом, а также склонности электродов подобных марок к прилипанию на низких режимах.

На рисунке 4 представлены поперечные сечения наплавленных швов, выполненных штучными электродами марки УОНИ 13/55 СК Ø4мм.



- а) поперечное сечение шва, выполненного параметрами режима № 1';
- б) поперечное сечение шва, выполненного параметрами режима № 2';
- в) поперечное сечение шва, выполненного параметрами режима № 3'

Рисунок 4. Общий вид поперечного сечения наплавленных швов электродами марки УОНИ 13/55 СК Ø4 мм

Согласно проведенному анализу поперечного сечения наплавленных электродами УОНИ 13/55 СК швов, наблюдается увеличение геометрических параметров наплавленных швов по высоте, ширине и глубине при увеличении режимов наплавки. При наплавке электродами УОНИ 13/55 оптимальным режимом является режим 2' (120A/26.5B), обеспечивающий стабильное горение сварочной дуги и формирование качественного наплавленного шва, при меньших тепловложениях в основной металл.

В общем, при использовании ручной дуговой наплавки не наблюдается прямой зависимости между увеличением сварочного тока/напряжения и увеличением или уменьшением геометрических параметров шва. Можно заметить, что при использовании электродов S-7018.G при увеличении технологических режимов наплавки ширина и глубина наплавленного шва возрастают, а высота наплавленного слоя уменьшается, в то время как при использовании электродов УОНИ 13/55 СК при увеличении

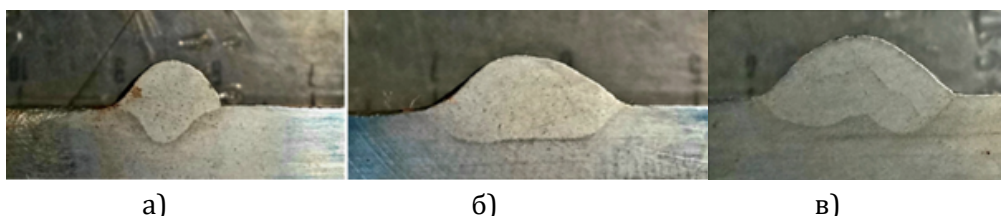
технологических режимов наплавки, все геометрические параметры наплавленного слоя увеличиваются.

При применении полуавтоматической наплавки с отсутствием/наличием поперечного перемещения сварочной головки были получены выходные параметры наплавленного шва, показанные в таблице 4.

Таблица 4. Режимы полуавтоматической наплавки в среде защитных газов

Параметры режима	Марка св. проволоки	Св-08Г2С			ESAB STOODY 102G		
		Ø 1.2 мм			Ø 1.6 мм		
Номер наплавленного шва		Г'	II'	III'	1'	2'	3'
Входные параметры							
Сила сварочного тока, А		135	160	170	200	220	260
Сварочное напряжение, В		20	20	20,5	21	20	23
Скорость перемещения сварочной горелки, см/мин		30	30	25	15	10	13
Колебания горелки		-	3	4	-	3	4
Ширина колебаний, мм		-	20	35	-	25	20
Скорость колебаний, мм/мин		-	20	25	-	25	20
Расход защитного газа, л/мин		7			10		
Расстояние от сопла до горелки, мм		10			12		
Выходные параметры							
Ширина наплавленного слоя, мм		7.44	9.74	10.48	9.04	10.08	13.42
Высота наплавленного слоя, мм		3.02	2.62	2.72	2.46	3.04	3.02
Глубина проплавления, мм		2.52	2.22	2	2.12	1.94	1.12
Твердость наплавленного слоя, HV		319	313	364	425	459	415

На рисунке 5 представлено поперечное сечение наплавленных швов, выполненных полуавтоматической наплавкой в среде защитного газа (CO<sub>2</sub> 100%) с применением сварочной проволоки марки Св-08Г2С Ø1,2 мм.

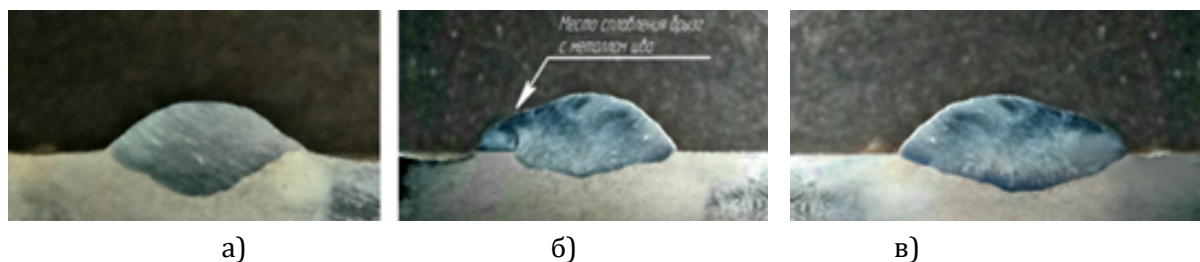


- а) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер Г'";
- б) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер II'";
- в) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер III'";

Рисунок 4 – Общий вид поперечного сечения выполненных наплавленных швов с применением сварочной проволоки Св-08Г2С

Как видно из рисунка 5, при использовании режимов, указанных в таблице 2, режим I'' формирует шов с завышенной высотой валика, при относительно низкой глубине проплавления. Плавный переход от основного металла к металлу шва обеспечивает снижение вероятности образования концентраторов напряжения. Оптимальным является режим II'' (160А/20В), т.к. глубина проплавления однородна по всей ширине шва.

На рисунке 6 представлено поперечное сечение наплавленных швов, выполненных полуавтоматической с применением сварочной проволоки марки ESAB STOODY 102G Ø1.6 мм.



- а) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 1'';
- б) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 2'';
- в) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 3''

Рисунок 6 – Общий вид поперечного сечения наплавленных швов с применением сварочной проволоки ESAB STOODY 102G Ø1.6 мм

Из рисунка 6 видно, что на режиме 2'' образовался подрез зоны сплавления брызг с металлом шва, т.е. дефект в виде углубления по линии сварного шва с основным металлом. Следовательно, оптимальным режимом при использовании проволоки ESAB STOODY 102G для полуавтоматической наплавки является режим 3'' (260А/23В), т.к. при нем отсутствуют дефекты и глубина проплавления является наименьшей.

Автоматическая наплавка под слоем флюса требует ряд предварительных, подготовительных операций [7]. По окончании подготовительных работ в зону зажигания дуги предварительно высыпается сварочный флюс через флюсопитатель [8].

Выбранные режимы автоматической наплавки под слоем флюса сведены в таблицу 5.

Таблица 5. Параметры автоматической наплавки под слоем флюса

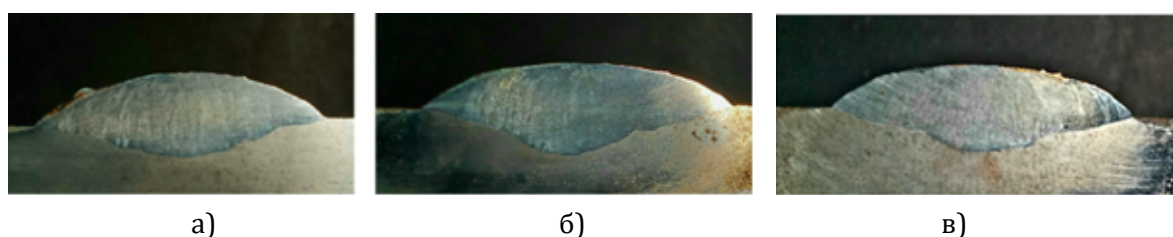
Параметры режима	Марка св. проволоки	Св-08Г2С			ESAB STOODY 102G		
		Ø 2 мм			Ø 1.6 мм		
Номер наплавленного шва		1*	2*	3*	1**	2**	3**
Входные параметры							
Сила сварочного тока, А		200	220	250	230	240	250
Сварочное напряжение, V		32	33	34	32	33	34
Расстояние от сварочной головки до основного металла, мм		40			40		



Выходные параметры						
Ширина наплавленного слоя, мм	20.58	23.08	24.82	24.15	24.65	24.90
Высота наплавленного слоя, мм	3.32	3.02	3.04	3.2	3.03	3.06
Глубина проплавления, мм	2.56	3.12	3.02	3.1	3.03	3.05
Твердость наплавленного слоя, HV	555	748	826	752	805	850

Процесс горения сварочной дуги характеризуется высокими скоростями подачи проволоки и показателями режимов наплавки.

На рисунке 7 представлено поперечное сечение образцов, выполненных автоматической наплавкой под слоем флюса сварочной проволокой Св-08Г2С.



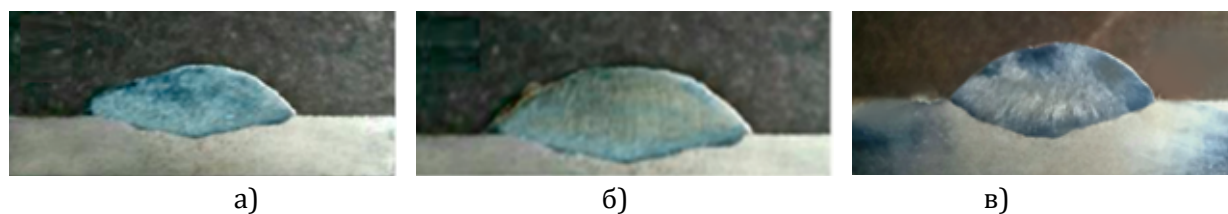
- а) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 1\*;
- б) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 2\*;
- в) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 3\*

Рисунок.7 – Общий вид поперечного сечения образцов, наплавленных автоматической наплавкой под слоем флюса с применения проволоки Св-08Г2С Ø 2 мм

Как и следует ожидать от повышенных режимов, при автоматической наплавке образцы демонстрируют значительное увеличение геометрических параметров наплавленных швов по сравнению с полуавтоматической и ручной наплавкой.

Оптимальным режимом автоматической наплавки проволокой Св-08Г2С Ø 2 мм является режим 2\* (220А/33В), т.к. глубина проплавления является минимальной и достаточной.

На рисунке 8 показаны поперечные сечения образцов, выполненных автоматической наплавкой под слоем флюса сварочной проволокой ESAB STOODY 102G.



- а) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 1\*\*;
- б) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 2\*\*;
- в) поперечное сечение наплавленного шва, выполненного согласно режиму номер 3\*\*

Рисунок 8 – Общий вид поперечного сечения образцов, наплавленных автоматической наплавкой под слоем флюса с применения проволоки ESAB STOODY 102G Ø1.6 мм

Из рисунка 8 видно, что картина распределения наплавленного шва аналогична образцам из проволок Св-08-Г2С. Все геометрические характеристики шва увеличены по сравнению со швами, выполненными другими способами наплавки. Распределение шва является равномерным.

Оптимальным режимом автоматической наплавки проволокой ESAB STOODY 102G Ø1.6 мм является режим 2\*\* (240А/33В), т.к. глубина проплавления является минимальной.

Установлено, что твердость наплавленных швов при автоматической наплавке имеет высокие значения (555 – 850 НВ), что в дальнейшем трудно поддается механической обработке.

Наглядно распределение выходных параметров (геометрии наплавленного шва и твердости) в зависимости от входных параметров (технологических режимов) представлены на рисунках 9-12.

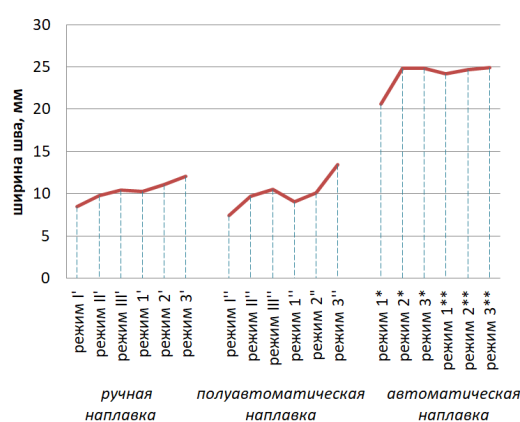


Рисунок 9 – Распределение ширины наплавленного слоя в зависимости от режимов наплавки различными способами

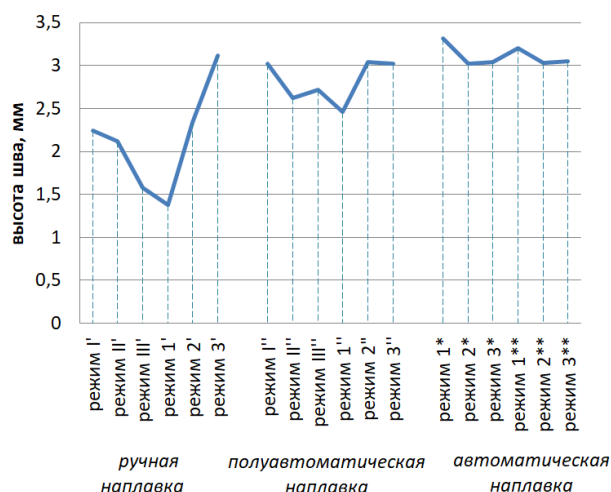


Рисунок 10 – Распределение высоты наплавленного слоя в зависимости от режимов наплавки различными способами

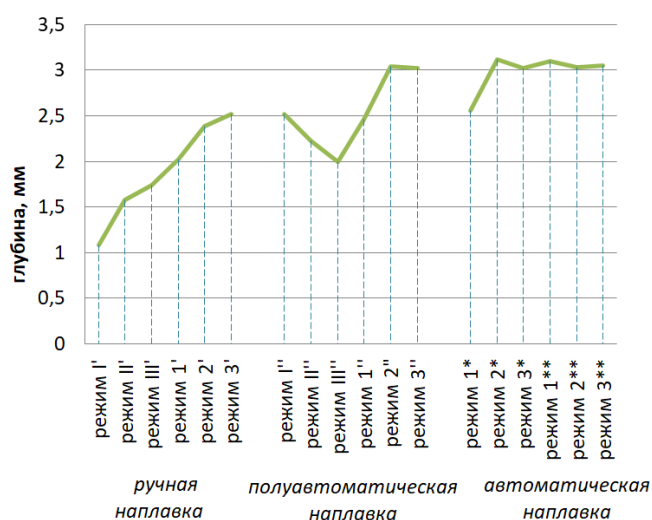


Рисунок 11 – Распределение глубины проплавления слоя в зависимости от режимов наплавки различными способами

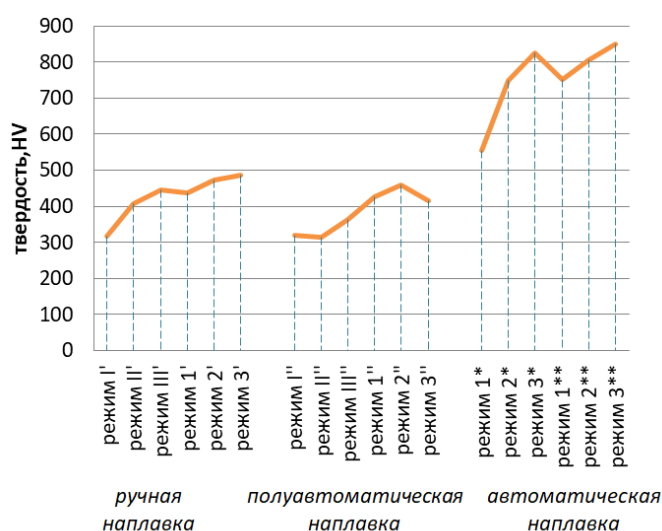


Рисунок 12 – Распределение твердости наплавленного слоя в зависимости от режимов наплавки различными способами

Из рисунка 9 видно, что наибольшей шириной полученных швов обладает автоматическая наплавка под слоем флюса, в то время как ручная и полуавтоматическая наплавка отличаются относительно одинаковыми результатами. Значительное увеличение ширины шва на режиме 3'' полуавтоматической наплавки объясняется применением колебательных движений в процессе наплавки, а также увеличением тока и напряжения дуги.

Из рисунка 10 видно, что при использовании ручной дуговой наплавки штучным электродом достигнута самая наименьшая высота валика наплавленного шва.

Относительно меньшая высота валика наплавляемого шва может способствовать необходимости выполнения повторной наплавки, т.к. привести к многослойной наплавке. Подобные технические решения негативно сказываются на качестве восстанавливаемой детали, а также значительно увеличивают время затраты на ремонт деталей [9].

Как видно из рисунка 11, при использовании колебательных движений в процессе полуавтоматической наплавки глубина проплавления значительно снижается на режиме III", что позволяет уменьшить количество остаточных деформаций. В то же время снижение глубины проплавления увеличивает риск несплавления наплавленного металла с основным [10].

Анализируя данные рисунка 12, можно отметить, что применение полуавтоматической наплавки обеспечивает относительно одинаковые с основным металлом показатели твердости HV. Твердость при использовании автоматической наплавки является максимальной.

## Заключение

При восстановлении валов электродвигателей должно быть обеспечено соотношение хорошего сплавления наплавленного слоя с подложкой, при этом глубина проплавления должна быть минимальной, но достаточной.

Однако, чтобы получить не только минимальную глубину проплавления, но и меньшие тепловложения, равномерное распределения наплавленного металла, отсутствие дефектов в наплавленном слое, рекомендуется использовать следующие технологические режимы:

- ручная наплавка – (95А/22В – S- 7018.G; 120А/26.5В - УОНИ 13/55 СК);
- полуавтоматическая наплавка – (160А/20В – Св-08Г2С; 260А/23В – ESAB STOODY-102G);
- автоматическая наплавка – (220А/33В - Св-08Г2С; 240А/33В – ESAB STOODY-102G).

Указанные режимы обеспечивают сплавление наплавленного металла с основным, а также снижают вероятность возникновения внутренних дефектов из-за быстрого остывания.

Твердость наплавленного слоя колеблется в пределах:

- ручная наплавка – ((319 ÷ 446) – S- 7018.G; (437 ÷ 485) - УОНИ 13/55 СК);
- полуавтоматическая наплавка – ((319 ÷ 364) - Св-08Г2С; (415 ÷ 459) – ESAB STOODY-102G);
- автоматическая наплавка – ((555 ÷ 826) – Св-08Г2С; (752 ÷ 850) – ESAB STOODY-102G).

Величины твердости наплавленного слоя соответствуют и превосходят твердость основного металла (Ст 45).

В дальнейшем исследования будут расширены в вопросах нахождения взаимосвязи качества наплавленного слоя в зависимости от изменения химического состава наплавляемого материала, а также диаметрами проволок/ электродов и регулирования газодинамического воздействия защитного газа.

**Вклад авторов:**

**О.М. Жаркевич, А.Е. Мухитова, О.А. Нуржанова** – концепция, методология, ресурсы, сбор данных, тестирование.

**А.В. Бессонов, Г.К. Тайманова** – моделирование, анализ, визуализация, интерпретация, написание, редактирование.

**Список литературы**

1. Зуев А.А. Технология машиностроения. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Изд-во "Лань", 2003. - 496 с.
2. Жаркевич О.М., Тайманова Г.К., Мукушева А.Е. Электр қозғалтқыштарының біліктерінің ақауларын талдау және оларды қалпына келтіру әдістері //Труды университета, №4, 2023. – С. 3-8.
3. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин. – Тольятти: изд-во ТГУ, 2015. - 335 с.
4. Tomerlin D. Repair welding of a rotating electrical machine's broken shaft // Welding and Cutting, 18, 2019, No. 3. – P. 198 – 203.
5. Lewandowski J.J., Seifi M. Metal additive manufacturing: a review of mechanical properties //Annu Rev Mater Res, 46, 2016. - P. 151-153.
6. Ельцов В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 176 с.
7. Стеблев А.А., Стеблев М.А. Способы восстановления рабочих поверхностей валов // Инновационная наука, №9, 2020. – С. 24 - 29.
8. Головки В. Сварка под флюсом пульсирующей дугой //Sciences of Europe, 101, 2022. – С.62 – 72.
9. Малушин Н.Н., Валуев Д.В., Осетковский В.Л., Валуева А.В., Серикбол А.С. Критерии выбора параметров термического цикла при наплавке теплостойкими сталями высокой твердости деталей металлургического оборудования //Современные проблемы науки и образования, № 1(часть 1), 2015. – С. 1 – 8.
10. Овчинников В.В. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 224 с.



**О.М.Жаркевич<sup>\*1</sup>, А.Е.Мухитова<sup>1</sup>, О.А.Нуржанова<sup>1</sup>, А.В. Бессонов<sup>2</sup>, Г.К.Тайманова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,  
Караганда, Казахстан

<sup>2</sup>ТОО «Автоматические котлы», Караганда, Казахстан

<sup>3</sup>НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан  
(E-mail: <sup>1</sup>zharkevich82@mail.ru)

### **Электр қозғалтқыштарының біліктерін қалпына келтіру кезінде бетінің оңтайлы параметрлерін зерттеу**

**Аңдатпа.** Зақымдалған немесе тозған электр қозғалтқышының біліктерін жөндеу көптеген өнеркәсіптік кәсіпорындарда кездесетін қалпына келтіру жұмыстарының маңызды бөлігі болып табылады. Өндірістік секторда электр қозғалтқыштарының оңтайлы жұмысын қамтамасыз ету өндірістің үздіксіз және тиімді жұмысын қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Электр қозғалтқыштарының жаңа біліктерін сатып алу шығындарын азайту үшін, егер олар сынған немесе тозған болса, өнеркәсіптік кәсіпорындар беткі қабатты пайдаланады. Балқытылған қабаттың сапасы, оның ішінде балқыту әдісімен және оның технологиялық режимдерімен анықталады.

Бұл мақалада электр қозғалтқыштарының біліктерін үш жолмен қалпына келтіру кезінде сапалы қабат алу мәселесі қарастырылады: қолмен балқыту, қорғаныс газдарының ортасында жартылай автоматты балқыту және ағынның астында автоматты балқыту. Әр балқыту әдісінің артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды. Геометриялық параметрлерді (тігістің ені, тігістің биіктігі, тігістің балқу тереңдігі) және қалпына келтірілетін беттердің физика-механикалық қасиеттерін (қаттылық) анықтай отырып, эксперимент негізінде әр түрлі тәсілдермен балқытудың оңтайлы технологиялық режимдері (дәнекерлеу доғасының ток күші мен кернеуі) орнатылды.

**Түйін сөздер:** Балқытылған қабат, ток күші, кернеу, балқу тереңдігі, қаттылық.

**Zharkevich O.M.<sup>1</sup>, Muchitova A.E.<sup>1</sup>, Nurzhanova O.A.<sup>1</sup>, Bessonov A.V.<sup>2</sup>, Taimanova G.K.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Karaganda Technical University named after Abylka Saginov", Karaganda, Kazakhstan

<sup>2</sup>TOO "Automatic boilers", Karaganda, Kazakhstan

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

### **Study of optimal hardfacing parameters when restoring electric motor shafts**

**Abstract.** Repairing damaged or worn motor shafts is an important part of the restoration work faced by many industrial plants. In the manufacturing sector, keeping electric motors running optimally is essential to keeping production running smoothly and efficiently. To reduce the cost of purchasing new electric motor shafts in the event of their breakdown or wear, industrial enterprises use surfacing. The quality of the deposited layer is determined, among other things, by the surfacing method and its technological modes.

This article discusses the problem of obtaining a high-quality layer when restoring electric motor shafts by surfacing in three ways: manual surfacing, semi-automatic surfacing in a protective gas

environment and automatic submerged surfacing. The advantages and disadvantages of each surfacing method are determined. Optimal technological modes of surfacing (current strength and welding arc voltage) were established using various methods based on an experiment with determination of geometric parameters (weld width, weld height, weld penetration depth) and physical and mechanical properties of restored surfaces (hardness).

**Key words:** deposited layer, current strength, voltage, penetration depth, hardness.

### References

1. Zuev A.A. Tekhnologiya mashinostroeniya. - 2-e izd., ispr. i dop. - SPb.: Izd-vo "Lan", 2003. - 496 s.
2. ZHarkevich O.M., Tajmanova G.K, Mukusheva A.E. Elektr qozfaltqyshtarynuñ bilikteriniñ aqaularyn taldau zhәне olardy qalpyna keltiru әdisteri //Trudy universiteta, №4, 2023. – S. 3 – 8.
3. El'cov V.V. Vosstanovlenie i uprochnenie detalej mashin. – Tol'yatti: izd-vo TGU, 2015. - 335 s.
4. Tomerlin D. Repair welding of a rotating electrical machine's broken shaft // Welding and Cutting, 18, 2019, No. 3. – P. 198 – 203.
5. Lewandowski J.J., Seifi M. Metal additive manufacturing: a review of mechanical properties //Annu Rev Mater Res, 46, 2016. - P. 151-153.
6. El'cov V.V. Remontnaya svarka i naplavka detalej mashin i mekhanizmov. – Tol'yatti: Izd-vo TGU, 2012. – 176 s. Karaganda. Karagandinskaia oblast: Entsiklopediia [Karaganda. Karaganda region: Encyclopedia] [Alma-Ata, 1986, 608 p.] [in Russian]
7. Steblev A.A., Steblem M.A. Sposoby vosstanovleniya rabochihpoverhnostej valov //Innovacionnaya nauka, №9, 2020. – S. 24 - 29.
8. Golovko V. Svarka pod flyusom pul'siruyushchej dugoj //Sciences of Europe, 101, 2022. – С.62 – 72
9. Malushin N.N., Valuev D.V., Osetkovskij V.L., Valueva A.V., Serikbol A.S. Kriterii vybora parametrov termicheskogo cikla pri naplavke teplostojkimi stalyami vysokoj tverdosti detalej metallurgicheskogo oborudovaniya //Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya, № 1(chast' 1), 2015. – С. 1 – 8.
10. Malushin N.N., Valuev D.V., Osetkovskij V.L., Valueva A.V., Serikbol A.S. Kriterii vybora parametrov termicheskogo cikla pri naplavke teplostojkimi stalyami vysokoj tverdosti detalej metallurgicheskogo oborudovaniya //Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya, № 1(chast' 1), 2015. - С. 1-8

### Сведения об авторах:

**Жаркевич О.М.** – к.т.н., профессор кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан, тел.: +7 – 701-741-26-64, e-mail: zharkevich82@mail.ru.

**Мухитова А.Е.** – докторант кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан, тел.: +7-778-742-57-07, e-mail: adeliemukusheva@gmail.com

**Нуржанова О.А.** – магистр, ст.преподаватель кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан, тел.: +7 – 707-557-67-45, e-mail: nurzhanova\_o@mail.ru.

**Бессонов А.В.** – магистр, оператор сварочного робота ТОО «Автоматические котлы», Молокова, 82, Караганда, Казахстан, тел.: +7-708-616-34-12, e-mail: bessonov.alex.99@mail.ru

**Тайманова Г.К.** – к.т.н., доцент кафедры теплофизики и технической физики, НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан, тел: +7-708-30-0960, e-mail: gtaimanova@mail.ru

**Zharkevich O.M.** – candidate of technical sciences, professor of the department “Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization”, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, 56 N. Nazarbayev Ave., Karaganda, Kazakhstan, tel.: +7-701-741-26-64, e-mail: zharkevich82@mail.ru.

**Mukhitova A.E.** – doctoral student of the department “Technological equipment, mechanical engineering and standardization” of Abylkas Saginov Karaganda Technical University, N. Nazarbayev Ave., 56, Karaganda, Kazakhstan, tel: +7-778-742-57-07, e-mail: adeliemukusheva@gmail.com

**Nurzhanova O.A.** – master, senior teacher of the department “Technological equipment, mechanical engineering and standardization” of Abylkas Saginov Karaganda Technical University, N. Nazarbayev Ave., 56, Karaganda, Kazakhstan, tel.: +7 – 707-557-67-45, e-mail: nurzhanova\_o@mail.ru.

**Bessonov A.V.** – master, welding robot operator of Automatic Boilers LLP, 82 Molokova Ave., Karaganda, Kazakhstan, tel.: +7-708-616-34-12, e-mail: bessonov.alex.99@mail.ru

**Taimanova G.K.** – candidate of technical sciences, associate professor of the Department “Thermophysics and Technical Physics”, NJSC “Al-Farabi Kazakh National University”, 71 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, tel: +7-708-30-0960, e-mail: gtaimanova@mail.ru

**Жаркевич О.М.** – т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының профессоры, Н. Назарбаев даңғылы 56, Қарағанды, Қазақстан, тел.: +7 – 701-741-26-64, e-mail: zharkevich82@mail.ru.

**Мухитова А.Е.** – «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының докторанты, Н. Назарбаев даңғылы 56, Қарағанды, Қазақстан, тел: +7-778-742-57-07, e-mail: adeliemukusheva@gmail.com

**Нуржанова О.А.** – аға оқытушы «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының магистрі, Н. Назарбаев даңғылы 56, Қарағанды, Қазақстан, тел.: +7 – 707-557-67-45, e-mail: nurzhanova\_o@mail.ru.

**Бессонов А.В.** – магистр, «Автоматты қазандықтар» ЖШС дәнекерлеу роботының операторы, Молокова 82, Қарағанды, Қазақстан, тел.: +7-708-616-34-12, e-mail: bessonov.alex.99@mail.ru

**Тайманова Г.К.** – т.ғ.к., «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КЕАҚ жылу физикасы және техникалық физика кафедрасының доценті, Аль-Фараби даңғылы 71, Алматы, Қазақстан, тел: +7-708-30-0960, e-mail: gtaimanova@mail.ru



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).