

**Рисунок 13** – Экспериментальная партия пробивных пуансонов ИСКГ-1550-4457.037 с изменённой длиной рабочей поверхности

Для пуансона ИСКГ-1550-4457.039 длина рабочей части составила  $l = 35$  мм, 23 мм, 11 мм.

В процессе испытаний фиксировалось количество пробивок в детали «Тяга». Результаты испытаний приведены в таблице 3.

**Таблица 3** – Количество пробивок экспериментальной партии пуансонов

№ партии	ИСКГ-1550-4457.037			
	$l = 33$ мм	$l = 21$ мм	$l = 15$ мм	$l = 8$ мм
1	1380	1220	2150	2780
2	1690	1960	2350	3005
3	1455	2020	2400	2850
4	1710	1895	2250	3220
5	1420	1950	2300	2970
среднее значение	1531	1809	2290	2965

На основании полученных результатов выявлено, что рабочий ресурс пуансонов ИСКГ-1550-4457.037 для пробивки отверстий  $\varnothing 4,16$  мм увеличился:

- при  $l = 21$  мм в среднем в 1,18 раза;
- при  $l = 15$  мм в среднем в 1,49 раза;
- при  $l = 8$  мм в среднем в 1,94 раза.

Пуансоны ИСКГ-1550-4457.039 для пробивки отверстий  $\varnothing 6,2$  мм могли продолжать эксплуатироваться в данном процессе.

**Заключение.** Для повышения ресурса работы цилиндрических пуансонов при пробивке отверстий в плоских деталях, в результате проведенных экспериментальных и теоретических исследований

были получены зависимости между параметрами рабочей части пробивных пуансонов и воспринимаемой ими ударной нагрузки.

Анализ зависимостей показал, что при уменьшении длины рабочей части используемого на ОАО «Брестмаш» инструмента с  $l = 33$  мм до  $l = 8$  мм (согласно расчета) воспринимаемая нагрузка на пробивной инструмент увеличивается на 18,8% (с 16,75 кН до 20,62 кН).

В результате производственных испытаний модифицированных пуансонов установлено, что ресурс их работы увеличился в 2 раза по сравнению с используемыми ранее пуансонами. Кроме того, их использование позволило значительно уменьшить энергозатраты используемого в этом процессе оборудования.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Околович, Г.А. О сопротивлении сталей усталостному разрушению / Г.А. Околович, А.В. Семичастная, В.Ф. Моисеев // Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент. – № 6. – 1973. – 3 С.
2. Сорокин, Г.М. Виды износа при ударном контактировании поверхностей // Машиноведение. – 1974. – N 3. – С. 89–94.
3. Kuo Kehsin. Journal of the Yron and steel Ynstitute – V. 184. – Part 3. – November, 1986.
4. Виноградов, В.Н. Изнашивание при ударе / В.Н. Виноградов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1982.
5. Кильчевский, Е.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. – Киев: Наукова думка, 1976.
6. Околович, Г.А. Штамповые стали для холодного деформирования металлов: монография / Г.А. Околович; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова; изд. 2-е, переработанное, дополненное. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 202 с.
7. Пуансоны, матрицы, державки, подкладные плитки и шпонки штампов для разделительных операций: ГОСТ 16675–80. – ИПК: Издательство стандартов, 1999.
8. Листовая штамповка: справочник конструктора штампов / Под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
9. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение. М38 Технологии заготовительных производств. Т. П1-2 / И.Л. Акаро, Р.А. Андриевский, А.Ф. Аржанов [и др.]; под общ. ред. В.Ф. Мануйлова. 1996. – 736 с.
10. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов: учебник / М.Д. Подскребко. – Минск: Выш. шк., 2007. – 797 с.
11. Васильев, Д.И. Основы проектирования деформирующего инструмента. – Москва: Высшая школа, 1984 – 223 с.
12. SolidWorks 2011 на примерах / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 496 с.

Материал поступил в редакцию 17.11.2017

#### ONYSKO S.R., HVISEVICH V.M., CHEKAN N.M., PUSHKO N.N. Increase in operational properties of cylindrical punches by optimization of their geometrical parameters

Within the framework of the work, the optimization of the working part of the breakdown punch has been performed. Dependences of the change in the dimensions of the length of the working part from the acting load are obtained. It is revealed that the proposed modernization allows to increase the value of the perceived load by 18.8%, which increases the wear resistance of the tool by almost 2 times and shortens the time for repair of die equipment and re-equipment of operating equipment.

УДК 631.3.02.004.67

**Иванов В.П., Вигерина Т.В.**

### РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

**Введение.** Блоки цилиндров (БЦ) изготавливают из серого или ковкого чугуна (СЧ18, КЧ45-6 и др.), или алюминиевого (АЛ4, АЛ9 и др.) сплава, они ориентируют друг относительно друга движущиеся

детали двигателя при его работе. БЦ следует рассматривать как сборочную единицу, включающую также крышки коренных подшипников и картер сцепления, которую при изготовлении обрабатывают

**Иванов Владимир Петрович**, д.т.н., профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта УО «Полоцкий государственный университет».

**Вигерина Татьяна Владимировна**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой автомобильного транспорта УО «Полоцкий государственный университет».

Беларусь, ПГУ, 211440, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

в сборе, а при восстановлении не разукрупняют.

Точность размеров, формы и расположения отверстий под подшипники и плоских поверхностей БЦ оказывает решающее влияние на долговечность отремонтированного двигателя, поэтому эти показатели имеют малые допуски [1].

Основные повреждения БЦ: обломы приливов и фланцев; отклонения диаметра отверстий под валы или их подшипники от нормативных значений (рис. 1) и от соосности (рис. 2); износ отверстий под толкатели; износ и сколы упорных торцов под гильзы и толкатели; коробление плоскости под головку цилиндров; различные трещины; пробоины; заломы шпилек; износ и срыв резьбы. В БЦ восстанавливают цельность приливов и фланцев, прочность, герметичность и геометрическую точность элементов.

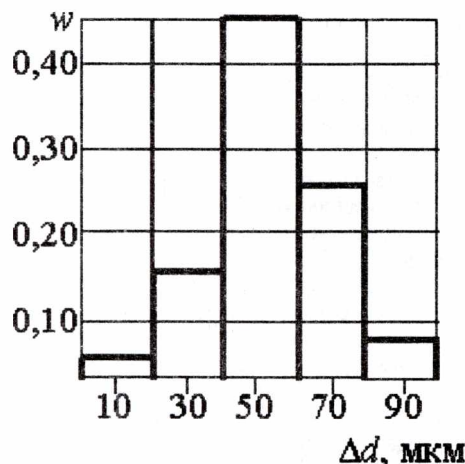


Рисунок 1 – Частота  $w$  отклонения диаметра коренных опор  $\Delta d$  блока цилиндров Д-245 от номинального значения

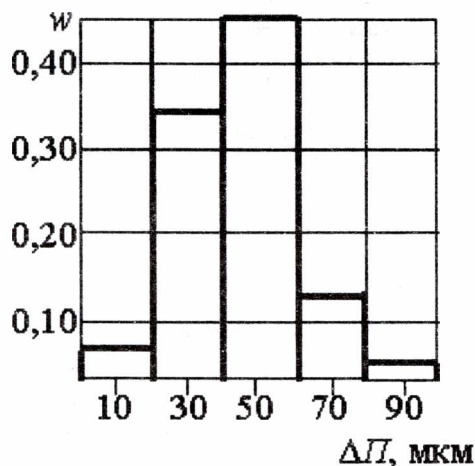


Рисунок 2 – Частота  $w$  отклонения от соосности коренных опор  $\Delta П$  блока цилиндров Д-245

Доли выбракованных БЦ по причине наличия неустраняемых повреждений по данным различных заводов составляют (%): трещины 4,5–13,5; пробоины стенок 0,2–3,0; сколы на бобышках отверстий под гильзы и толкатели 0,4–1,3; из-за проворота коренных вкладышей 2,2–3,1; прочие причины 0,5–2,2. Таким образом, общая доля выбраковки деталей, стоимость приобретения которых на заводе-изготовителе превышает стоимость капитального ремонта агрегата, превышает 20%. Сбережение ресурсов при восстановлении БЦ связано с назначением минимально необходимого объема наплавки поверхностей в зависимости от значений износов элементов деталей и оптимальных схем базирования деталей при их обработке резанием.

Цель работы заключалась в обосновании направлений сбережения ресурсов (средств на приобретение запасных частей, матери-

алов и труда) при восстановлении БЦ с обеспечением нормативных показателей качества.

Типовой технологический процесс восстановления БЦ следующий:

1. Предварительная обработка резанием поврежденных элементов и изготовление дополнительных ремонтных деталей (ДРД).
2. Сварочные (в том числе, связанные с закреплением ДРД), наплавочные работы и отжиг для снятия внутренних напряжений в материале от сварки.
3. Напыление поверхностей и нанесение полимерных покрытий.
4. Установка ДРД, закрепляемых силами упругости, клеем и штифтами.
5. Черновая обработка резанием стыков и отверстий.
6. Нарезание резьбы номинального и ремонтного размеров и установка спиральных резьбовых вставок.
7. Чистовая обработка и отделка поверхностей.
8. Очистка от технологических загрязнений и контроль восстановления.

**Устранение трещин и пробоин.** Пробоины боковых стенок БЦ возникают при разрушении шатунных болтов или заклинивания колечного вала в шатунных подшипниках. Явление завершается разрушением стенок БЦ. Трещины бобышек под шпильки возникают в основном из-за попадания загрязнений или моющей жидкости в резьбовые отверстия перед установкой шпилек. Сколы поверхностей, соприкасающихся с гильзами цилиндров, образуются при снятии «прикипевших» гильз во время ручной ударной разборки двигателей. Сколы поверхностей, соприкасающихся с толкателями, образуются при их снятии без специальных щипцов.

Возникновение трещин (особенно сквозных, выходящих на отверстия) приводит к их раскрытию, что в свою очередь вызывает искажение геометрической формы, размеров и расположения поверхностей, а также уменьшение жесткости детали. Раскрытие трещин в перемычках блока цилиндров может достигать 0,63 мм. Трещины БЦ в большинстве случаев устраняют сваркой.

Предложен следующий процесс устранения трещин на стенках водяной рубашки. Трещину кернят по ее линии через 15–20 мм, поскольку после зачистке она становится невидимой. Зачищают поверхность вокруг трещины до металлического блеска и ее снова кернят, чтобы линия была видна при сварке. Вместо кернения края трещины можно заглубить на 1,0–1,5 мм в тело детали. Трещину не разделяют, а ее концы не засверливают. Для смыкания раскрытых трещин полезно свариваемый элемент сжать накладными струбцинами, что способствует восстановлению формы отверстий, на которые выходят трещины.

Сварку ведут швами не вдоль, как обычно, а перпендикулярно трещине швами длиной 15–20 мм с перекрытием на одну треть их ширины. После наложения каждого шва ожидают остывания материала примерно до 40 °С. Концы трещины заваривают на 10–15 мм дальше видимой зоны ее распространения. Укорачивающиеся швы при охлаждении плотно смыкают поверхности трещины. При заварке длинных трещин используют обратноступенчатый способ. Сварку ведут самозащитной проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм полуавтоматами А-825М, ПДГ-305, А-547 и др. Режим сварки: напряжение 14–16 В (для толстостенных водяных рубашек напряжение повышают до 18 В), сила тока 80–140 А, скорость сварки 4–5 м/ч, полярность обратная [3].

Предложенный способ заварки трещин дает такие преимущества: исключает подогрев заготовки, разделку, засверливание концов трещин и последующую механическую обработку швов; обеспечивает наибольшую герметичность; стягивает трещину за счет повышенной продольной усадки сварных швов; придает стойкость против образования холодных и горячих трещин; создает условия для разрушения оксидной пленки с поверхности сварочной ванны движущимися положительными ионами; обеспечивает возможность заварки слабых стенок с двух сторон; допускает 2–4 кратную заварку трещин слабых стенок в одном и том же месте (с предварительной зачисткой сварного шва); обеспечивает получение соединений, равнопрочных с материалом заготовки; допускает устранение трещин длиной до 1,5 м, что в 6 раз превышает установленную их длину нормативными документами.

В том случае, когда на стенке имеется сетка трещин или трещины находятся на расстоянии 15–20 мм друг от друга, или имеется пробоина, то целесообразно устанавливать накладку из листовой стали толщиной 2–3 мм.

Сварочные работы на деталях из алюминиевого сплава выполняют прутками с помощью установки для аргонодуговой сварки, наиболее совершенные из которых – УДГ-301 и УДГ-501. Источником питания служит сварочный трансформатор с дросселем насыщения. Используют переменный ток и вольфрамовый неплавящийся электрод. Дуга горит между заготовкой и вольфрамовым электродом диаметром 3–6 мм, изготовленном из материала ВЛ-10, ВА-1А, ВП-1, ВТ-15 и др. Расход аргона, подаваемого в зону горения, составляет 5–12 л/мин. При толщине свариваемых стенок 5–6 мм диаметры электрода и прутка составляют 4–5 мм, а сила тока 170–230 А, при толщине стенок 7–8 мм значения параметров составляют 5–6 мм и 200–260 А, соответственно.

**Восстановление резьбовых отверстий.** До 35 % всех резьбовых отверстий бывают изношенными. Наиболее интенсивно изнашиваются резьбовые отверстия в деталях из алюминиевых сплавов (30–35 %), а у чугунов – 10–12 %.

Прогонка резьбы метчиком приводит к изменению ее посадки. Нарезание резьбы ремонтного размера и заварки отверстий со сверлением и нарезанием резьбы номинального размера имеют ограниченное применение. В первом случае наблюдается нарушение взаимозаменяемости деталей.

Эффективно восстановление резьбы путем установки выпускаемых промышленно спиральных резьбовых вставок из коррозионно-стойкой проволоки ромбического сечения. Способ позволяет повысить прочность резьбовых отверстий, восстанавливать резьбы в тонкостенных деталях под номинальный размер и снизить износ резьбовой поверхности при разборке и сборке агрегата. Соединения со вставками хорошо работают при динамических нагрузках. Прочность таких соединений на 35–40 % выше, а частота их отказов в 5–7 раз ниже, чем соединений без вставок. Объясняется это тем, что в спиральной вставке нагрузка на витки распределяется более равномерно по причине их большей податливости.

Восстановление отверстий под подшипники. Основные восстанавливаемые части БЦ – поверхности отверстий под подшипники. Сравнивали между собой основные способы создания припусков на поверхности коренных опор с последующей обработкой (рис. 3): установку ДРД (способ 1), газоплазменную наплавку латуни (способ 2), газотермическое напыление (способ 3), электроконтактную приварку ленты (способ 4) и использование поверхностного слоя металла на поверхностях коренных опор (способ 5) [4].

3, БВ

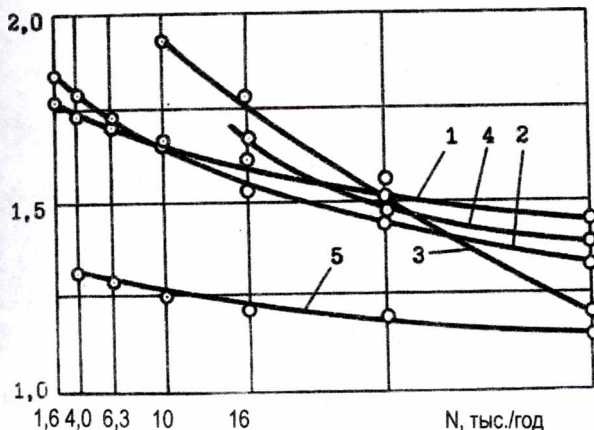


Рисунок 3 – Зависимости затрат Z в базовых величинах (БВ) от объема N на восстановление коренных опор блоков цилиндров

Затраты на восстановление элемента детали Z складываются из стоимости материалов и энергии в объеме их норм расхода, заработной платы с начислениями, затрат на работу оборудования и амортизационных отчислений

$$Z = \sum_1^k M_k C_k + \sum_1^n \mathcal{E}_n C_n + H_e \left( C_{ч.р} + C_{м-ч.о} + \frac{K_o E_o}{\Phi_{о.о}} \right),$$

где  $M_k$  и  $C_k$  – норма расхода и цена материала  $k$ -го вида, соответственно;  $\mathcal{E}_n$  и  $C_n$  – норма расхода и стоимость энергии  $n$ -го вида, соответственно;  $H_e$  – норма времени;  $C_{ч.р}$  – часовая ставка рабочего,  $C_{м-ч.о}$  – стоимость машино-часа работы оборудования;  $K_o$  – капиталовложения в оборудование;  $E_o$  – коэффициент эффективности капиталовложений;  $\Phi_{о.о}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования.

Наименьшие затраты связаны с использованием в качестве припуска поверхностного слоя металла (способ 5). Это реализуется также приданием специальной формы поверхностям, образованным смыканием пар деталей после механической обработки стыков (например, «блок цилиндров – крышка коренного подшипника»). Целесообразно введение дополнительных ремонтных размеров, в том числе на деталях, на которые они не предусмотрены, и применение точного металлорежущего (шлифовального) оборудования. Способ эффективен для деталей, поступающих в ремонт первый или второй раз.

С ростом объемов ремонта изделий повышается эффективность нанесения газотермических покрытий и электроконтактной приварки металлического слоя, обеспечивающих высокую производительность процессов, хотя и использующих более дорогие материалы.

**Обработка резанием детали.** Определена следующая последовательность обработки резанием и базирования детали, обеспечивающая нормативные параметры расположения поверхностей, обработанных ранее при изготовлении детали и восстановленных при ремонте агрегата.

БЦ в конце восстановления собирают со втулками распределительного вала и с картером сцепления, на поверхности отверстия которого под коробку передач создан припуск под растачивание.

Коренные опоры и отверстия во втулках распределительного вала предварительно растачивают в одном установе с базированием по стыковой плоскости к головке цилиндров и крайним отверстиям под гильзы цилиндров. Затем их растачивают окончательно с прежним базированием. Торцы первой коренной опоры подрезают с базированием по обработанным коренным опорам и поверхности отверстия под гильзу первого цилиндра. Торец картера сцепления подрезают с базированием по коренным опорам и обрабатываемой поверхности. Последняя база обеспечивает снятие припуска наименьшей толщины.

Значения параметров расположения осей цилиндров и оси коренных опор зависят от точности обработки гильз цилиндров, которые восстанавливают отдельно. Гильзы цилиндров собирают с блоком, имея припуск на окончательное растачивание и хонингование. Гильзы жестко фиксируют в отверстиях блока с помощью прижимов. Отверстия в гильзах растачивают с базированием блока цилиндров по обработанным коренным опорам, переднему торцу первой коренной опоры и поверхности под головку цилиндров. Применяют позиционное растачивание с принудительным перемещением детали во время вспомогательного перехода на величину расстояния между осями цилиндров. Гильзы хонингуют также в сборе их с блоком цилиндров. Гильзы не только не разукрупняют с блоком цилиндров, но и не изменяют их положения, приданного при первоначальной установке.

**Контрольная операция** включает проверку герметичности стенок, измерение размеров геометрических элементов и их взаимного расположения, шероховатости поверхностей. Герметичность стенок водяной рубашки проверяют гидравлическим опрессовыванием под давлением воды 0,3–0,4 МПа.

**Заключение.** Предложены ресурсосберегающие способы устранения трещин в стенках БЦ, позволяющие уменьшить долю потребных запасных частей в 2,5–3,0 раза.

Рекомендуемый процесс обработки БЦ допускает нанесение покрытий в два раза меньшей толщины, чем при традиционных процессах восстановления, с достижением точности взаимного расположения поверхностей (как обрабатываемых, так и необрабатываемых при восстановлении), установленной заводом-изготовителем.

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Технология автомобилестроения: учебник / А.Л. Карунин [и др.]; под ред. А.И. Дашенко. – Москва: Академический проект: Трикста, 2005. – 624 с.
2. Усков, В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей / В.П. Усков. – Брянск, 1998. – 589 с.

3. Какуевичий, В.А. Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей / В.А. Какуевичий. – Москва: Транспорт, 1993. – 176 с.
4. Иванов, В.П. Технология и оборудование восстановления деталей машин: учебник / В.П. Иванов. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 458 с.

Материал поступил в редакцию 16.10.2017

**IVANOV V.P., VIGERINA T.V. Resursosberegajushchaja technology recovery cylinder blocks of automotive engines**

The proportion of rejected blocks in the repair of engines can reach 20% due to the presence of various cracks, holes of walls, chips in the lugs holes and the wear of the bearings. The proposal resource processes to eliminate cracks, which allows to reduce the consumption of spare parts in 2–3 times, consumption of materials for coating – 2 times and labor costs for the normative quality restoration parts.

УДК 621.791.72

**Калиниченко А.С., Мешкова В.В., Девойно О.Г.**

**ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ИЗ САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ НИКЕЛЬХРОМОВЫХ ПОРОШКОВ, СОДЕРЖАЩИХ КЕРАМИЧЕСКУЮ ФАЗУ**

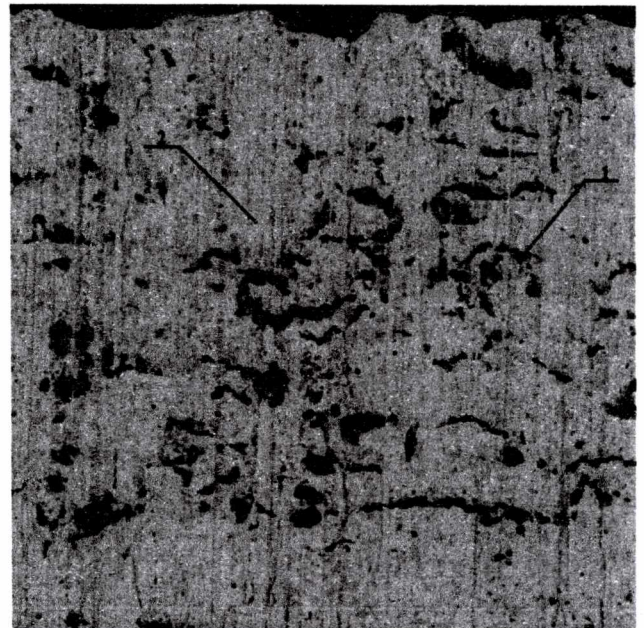
**Введение.** Повышение эксплуатационных характеристик поверхностей деталей, работающих в условиях трения, является важной задачей современной науки и промышленности [1]. Одним из процессов, позволяющих эффективно восстанавливать изношенные поверхности, а также создавать износостойкие покрытия на новых деталях, является технология плазменного напыления. Для обеспечения стойкости деталей протяжных устройств в процессе эксплуатации требуется разработка технологии создания износостойких покрытий на рабочих поверхностях роликов, так как они подвергаются высоким удельным давлениям. Было предложено использовать технологию плазменного напыления покрытий, а в качестве материала покрытий использовалась механическая смесь порошков самофлюсующегося никелевого сплава ПГ-ХН80СР4 (системы Ni-Fe-Cr-Si-B-C) с нейтральной оксидной керамикой Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Покрытия из самофлюсующихся сплавов рекомендуется применять для защиты поверхностей от износа при одновременном воздействии коррозионной среды и высоких температур с умеренными ударными нагрузками. Самофлюсующиеся сплавы обладают высокими эксплуатационными характеристиками, однако применение их ограничено высокой стоимостью. Для снижения стоимости обработки, а также для снижения схватывания медного провода с никелевой матрицей самофлюсующегося покрытия предложено использовать добавку нейтральной оксидной керамики Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в количестве 15–30 %. Толщина покрытия после плазменного напыления составила 0,8...1,1 мм.

Для плазменного напыления использовалась установка УПУ-3Д с плазмотроном ПП-25. В качестве плазмообразующего и транспортирующего газа применялся азот. Расход газа – 3 м<sup>3</sup>/ч. Напряжение дуги 80 В, сила тока 410 А, объемный расход плазмообразующего газа (N<sub>2</sub>) G = 40...50 л/мин. Оксидная керамика Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> добавлялась в количестве 15, 20, 25 и 30%. Предварительно для повышения адгезии покрытия образцы грунтовались тонким слоем самофлюса. Покрытие наносилось в режиме наплавки (заготовка предварительно нагревалась до 800 °С) с оплавлением.

Ранее было установлено, что при содержании в смеси 25–30% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в покрытии наблюдается пористость и значительно повышается риск трещинообразования, что снижает физико-механические свойства, в частности, микротвердость [2]. Для повышения качества нанесенных слоев были отработаны технологические режимы, обеспечивающие формирование слоев без пористости и трещин.

Были проведены исследования химического состава получен-

ных покрытий. При получении покрытия с помощью вышеуказанной технологии существовала опасность «всплывания» частиц Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на поверхность покрытия из-за значительной разницы удельных плотностей оксидной керамики и никелевой матрицы самофлюсующегося покрытия. Однако исследования структуры материала посредством СЭМ показали, что частицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> достаточно равномерно распределены в толще покрытия (рисунки 1, 2). Для детального рассмотрения структуры и последующего исследования фаз в покрытии проводился элементный анализ. Все покрытия имеют сходную структуру: темные участки – частицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, светло-серые – никелевая эвтектика; темно-серые участки – соединения хрома.



SEM HV: 20.00 kV WD: 15.0000 mm View field: 601.0 µm Det: BSE Detector SEM MAG: 330 x Date(m/d/y): 11/16/15 VEGAII TESCAN

1 – частица Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2 – матрица.

**Рисунок 1** – Структура покрытия с содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в смеси порошков 15%, ×330

**Калиниченко Александр Сергеевич**, д.т.н., доцент, заместитель проректора по научной работе Белорусского национального технического университета.

**Девойно Олег Георгиевич**, д.т.н., профессор, зав. НИИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

**Мешкова Вера Валерьевна**, мл. науч. сотр. НИИЛ плазменных и лазерных технологий Белорусского национального технического университета.

Беларусь, 220013, г. Минск, пр-т Независимости, 65.