

Таким образом, произведен расчет положения и расположения схвата робота в специальной системе координат. В результате проведенного расчета были определены значения координат положения и расположения схвата робота. Показаны пример выделения элементов общей матрицы для получения координат X , Y , Z , и углы альфа, бета, гамма, отражающие положение и расположение конечной матрицы относительно начальной.

УДК 621.791.925

ТВЕРДОСПЛАВНАЯ НАПЛАВКА ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

М. В. Невзоров

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Г. В. Петришин

Рассмотрены результаты испытаний инновационного поверхностного слоя, полученного методом газопламенной наплавки порошков из отходов металлообработки. Вышеуказанный слой представляет собой восстановительное-упрочняющее покрытие, которое характеризуется высокой абразивной износостойкостью, устойчивостью к сжимающим и ударным нагрузкам, возможностью эксплуатации при повышенных температурах. Слой был изготовлен с использованием порошка в виде промышленно выпускаемого порошка ПЖРВ и отходов чугуновой колотой дроби. Предназначен слой для поверхностей вкладышей бурового инструмента, применяемого в добывающей промышленности.

Ключевые слова: наплавка; скорость изнашивания, поверхность, отходы чугуновой колотой дроби.

CARBIDE OVERLAYING FOR PROTECTING WORKING SURFACES OF EQUIPMENT FROM ABRASIVE WEAR

M. V. Nevzorov

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Science supervisor G. V. Petrishin

The results of tests of an innovative surface layer obtained by the method of gas-flame surfacing of powders from metalworking waste are considered. The above layer, which is a restorative-strengthening coating, is characterized by high abrasive wear resistance, resistance to compressive and impact loads, and the ability to operate at elevated temperatures. The layer was made using powder in the form of commercially produced PZhRV powder and waste cast iron shot. The layer is intended for the surfaces of drilling tool inserts used in the mining industry.

Keywords: surfacing; wear rate, surface, waste of cast iron crushed shot.

Процессы, происходящие при бурении нефтяных и газовых скважин и добыче горных пород в подземных выработках, чрезвычайно сложны и трудны. Подобная ситуация обусловлена, в том числе механическими свойствами добываемого грунта или пластов горных пород, а также их неоднородным геологическим строением (обуславливающим быстрый износ бурового инструмента, используемого в добывающей про-

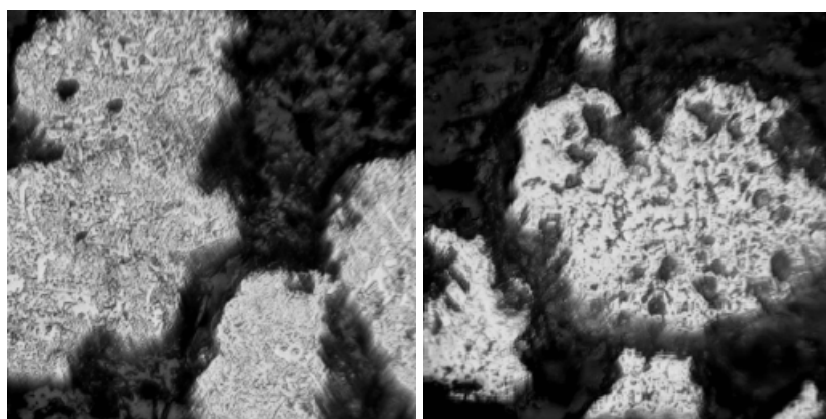
мышленности). Необходимость частой замены изношенных горных ножей (буров, бурильных коронок, конусных фрез и т. д.) существенно увеличивает затраты на добываемое сырье. Свойства конструкционных или инструментальных материалов зависят как от микроструктуры ядра данного элемента, так и от состояния его поверхностного слоя. В случае элементов, не передающих значительных нагрузок или не подвергающихся интенсивному абразивному износу в процессе эксплуатации, состояние поверхностного слоя имеет меньшее значение. Однако инструменты и элементы машин, изготовленные из стали, подвергаются истиранию в сочетании с высоким удельным давлением, ударными нагрузками, агрессивной средой и высокой рабочей температурой [1]. В частности, вышеизложенные условия эксплуатации влияют на инструменты, находящиеся в непосредственном контакте с абразивами, такими как камень, песок, глина, или другими твердыми компонентами, присутствующими помимо прочего в грунте. Существует высокий спрос на запасные части горной техники и, в частности, на буровой и геологический инструмент, которые быстро изнашиваются и, как следствие, теряют свои эксплуатационные свойства. Такие инструменты приходится очень часто заменять, что приводит к дополнительным и зачастую высоким затратам, связанным не только с приобретением или восстановлением новых инструментов, но, прежде всего, со временем, необходимым для их замены.

Проблемы, с которыми сталкивается добывающая промышленность, диктуют необходимость поиска методов, позволяющих снизить износ инструментов и деталей машин. Улучшение эксплуатационных свойств связано, прежде всего, с улучшением свойств поверхностного слоя. Увеличение твердости и абразивной износостойкости, а также обработка поверхности химическими элементами, повышающими коррозионную стойкость, позволяют продлить срок службы инструмента. Следует также отметить, что обработка поверхности относится к наиболее экономически эффективным и полезным методам, применяемым в широком смысле материаловедения. Создание слоев, обладающих новыми уникальными свойствами, может полностью изменить эксплуатационные параметры каждого основного материала [2, 3].

Указанные покрытия обычно наносятся на всю поверхность изделия, что не всегда экономически оправдано. Многие исследователи считают, что наиболее перспективные технологии, позволяющие создавать абразивные износостойкие покрытия, должны быть основаны на высокоэнергетических методах, включая плазменную или лазерную наплавку.

Материалы и методы исследования. Для создания покрытий были использованы новые порошки, полученные с помощью диффузионного легирования отходов из стали 40Х (в виде стружки, подвергнутой очистке в виде отжига и предварительному измельчению в шаровой мельнице), промышленно выпускаемого порошка ПЖРВ и отходов чугуна колотой дробью (ДЧК) (рис. 1). Для их получения использованы методы борирования, азотирования, боросилицирования и борохромирования. В качестве порошка-эталоны применялся порошок на основе никеля Т-Термо -55.

Покрытия наносились методом лазерной наплавки: мощность лазерного излучения составляла 900 Вт, скорость перемещения луча при наплавке – 1,6 мм/с, диаметр пучка лазера – 3 мм. В качестве подложки использовали сталь 40 ГОСТ 1050–88 в состоянии поставки (прокат).



а)

б)

Рис. 1. Микроструктура порошков, использованных для нанесения покрытий
 а – борированная ДЧК; б – борсилицированная ДЧК

Неразрушающие испытания – результаты визуального и дефектоскопического контроля поверхностного слоя показали, что все покрытия характеризуются незначительной пористой зоной сплавления «покрытие – подложка». Толщина наплавленного слоя находилась в пределах от $1,2 \pm 0,025$ мм (таблица). В каждом покрытии в зоне, близкой к границе раздела «покрытие – подложка», присутствуют крупные дендриты с осями первого порядка, направленными перпендикулярно зоне сплавления, т. е. ориентированными в направлении теплоотвода.

Свойства стандартных и новых покрытий

Образец	Толщина покрытия, мм	Твердость, HV	Общая пористость, %	Скорость изнашивания, мг/мин
Основа – сталь 45	–	20/236	–	50
Ni проволока	$1,2 \pm 0,025$	35/363	$15 \pm 1,25$	15
Порошок – FeBr	$1,2 \pm 0,032$	45/446	$7 \pm 1,15$	7
Порошок = NiBr	$1,2 \pm 0,025$	48/485	$8,5 \pm 0,55$	8,5

Наплавленный слой характеризовался относительно невысокой шероховатостью (среднее значение $Ra = 14$ мкм), однородной поверхностью. Результаты исследований физико-механических свойств показали достаточно высокую сплошность, однородность и хорошие механические свойства, которые должны обеспечить отличную стойкость и износостойкость покрытий [4]. Все это позволяет сделать предположение, что использование диффузионно-легированных порошков на основе отходов стали 40X может быть эффективно для нанесения износостойких покрытий на поверхности элементов бурового оборудования с точки зрения обеспечения высокой износостойкости, и исследование свойств этих покрытий в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания является актуальной научной и производственной задачей.

Таким образом, анализ нанесения износостойких покрытий из различных материалов показал, что наряду с технологией хардбендинга для упрочняющей наплавки замков бурильных труб с применением проволоки НВ-56 из углеродистой и низко-

легированной стали и НВ-64 с равномерно распределенными малыми первичными карбидами в мартенситной матрице для нанесения износостойких покрытий на детали бурильного оборудования могут быть использованы диффузионно-легированные порошки из отходов металлообработки. Низкая себестоимость их изготовления обеспечивает возможность широкого использования таких порошков для создания защитных покрытий, а также возможность масштабирования лабораторной технологии в производственных условиях.

Л и т е р а т у р а

1. Магнитно-абразивная обработка труднообрабатываемых материалов новыми диффузионно-легированными материалами / Ю. Ольт, В. В. Максаров, Г. В. Петришин [и др.] // СТИН. – 2023. – № 1. – С. 22–26.
2. Fast Magnetic Abrasive Finishing with Diffusionally Alloyed Powder / F. I. Panteleenko [et al.] // Russian Engineering Research. – 2023. – Vol. 43, N 4. – P. 470–473.
3. Технология формирования износостойких покрытий на железной основе методами лазерной обработки / О. Г. Девойно [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – 280 с.

УДК 531.133.1

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СОЧЛЕНЕНИЙ РОБОТА

В. А. Пракопович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Проведен анализ точности перемещений сочленений робота. В результате были определены значения перемещений и поворотов сочленений, координаты положения и расположения схвата робота, а также методика анализа путем решения прямой и обратной задач кинематики.

Ключевые слова: стационарный робот, задача кинематики, точность перемещений и поворотов, положение и расположение схвата.

ACCURACY ANALYSIS OF MOVED JOINTED ROBOT

V. A. Prakopovich

Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus

Science supervisor M. I. Mikhailov

The accuracy of movement of the robot joints was analyzed. As a result of the analysis, the values of the movable and rotary joints, the coordinates of the positions and the location of the robot's gripper, as well as the determination of the analysis method by solving direct and inverse kinematics problems were lost.

Keywords: stationary robot, kinematics problems, accuracy of movements and turns, gripper position and position.

В настоящее время на производстве широко применяются робототехнические комплексы (РТК), содержащие шестизвенные манипуляторы. В производственном процессе такие комплексы способны выполнять основные и вспомогательные технологические операции. К основным технологическим операциям относятся операции непосредственного выполнения формообразования, изменения линейных размеров