

лее износостойкой и надежной оказалась радиальная опора, изготовленная методом спекания по технологии БашНИИ НП. Но при этом необходимо отметить технологическую сложность получения защитного покрытия.

Скорость изнашивания радиальных опор, изготовленных по технологии БПИ, незначительно уступает скорости изнашивания опор, изготовленных по технологии БашНИИ НП. В процессе испытания на двух опорах наблюдалось отслаивание покрытия, что является следствием неполного его оплавления.

Радиальные опоры ПФ ВНИИ БТ по износостойкости уступают опорам с твердосплавным покрытием.

Испытания опытных опор в целом показали, что работы, проводимые в области создания термостойких радиальных опор, перспективны. На базе использования композиционных материалов и передовой технологии созданы термостойкие опоры скольжения забойного двигателя, ресурс работы которых в сверхглубокой скважине превышает ресурс работы серийных радиальных опор. В целях повышения надежности опор, исключения случаев отслаивания твердого покрытия от металлической основы необходимо провести дополнительную работу, направленную на оптимизацию режимов формирования покрытий и создание на основе ПСТС новых композиционных сплавов, более износостойких по сравнению с испытанными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пары трения с твердосплавным контактом / Н.Ф. Кагарманов, Ш.Х. Хамзин и др. // Тр. БашНИИ Нефти. – Уфа, 1974. – Вып. 36. – С. 169–171.
2. Электронная микроскопия в металловедении / А.В. Смирнова, Г.А. Кокорин, С.М. Полонская и др. – М., Металлургия, 1985. – 192 с.
3. Тененбаум М.М., Аронов Э.Л. Установка ПВ-12 для исследования износостойкости материалов при гидроабразивном изнашивании // Завод. лаборатория. – 1967. – № 6. – С. 764.
4. Золотарь А.И., Аронов Э.Л., Леонидов Л.Д. О систематизации установок для исследования гидроабразивного износа материалов // Тр. ВНИИ гидромаша. Гидромашиностроение. – М.: Энергия, 1972. – Вып. 43. – С. 146–155.
5. Шамшур А.С., Чеблук М.А., Петросян М.М. Исследование кавитационной стойкости самофлюсующихся твердых сплавов // Машиностроение. – Мн.: Выш. шк., 1981. – Вып. 6. – С. 106–111.
6. Сташевская Е.Н. Износостойкость сплавов на никелевой основе при повышенных температурах // Машиностроение. – Мн.: Выш. шк., 1979. – Вып. 2. – С. 30. – 33.

УДК 621.822

И.И. ДЯКОВ, Г.М. ЮМЛТЫК

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ УПРОЧНЯЕМОГО КОНЦЕВОГО ИНСТРУМЕНТА

Одним из наиболее распространенных методов упрочнения металлорежущих инструментов является КИБ (конденсация в условиях ионной бомбардировки). Процесс включает в себя ионную бомбардировку (очистку) и конденсацию покрытия. Особо важное значение имеет ионная бомбардировка, качество проведения которой влияет на дальнейшие показатели упрочненного инструмента.

Эффективность очистки инструмента зависит от угла атаки ионами обрабатываемой поверхности. Поэтому для достижения качественной очистки последней и получения равномерного покрытия на всех рабочих поверхностях инструмента необходимо перемещать его под испарителем по сложной траектории с обеспечением хотя бы кратковременного пребывания упрочняемых поверхностей под прямыми потоками ионов.

Оценка конструктивно-технологических возможностей оборудования может быть осуществлена на основе расчета толщины наносимого на всю поверхность инструмента покрытия. Для определения равномерности покрытия необходимо знать интенсивность его нанесения на каждую элементарную поверхность, а значит, закон изменения положения элементарной площадки поверхности относительно испарителя, который может быть задан уравнениями, связывающими координаты этой площадки относительно испарителя и угол между нормалью к площадке и ее радиусом-вектором.

Экспериментальным путем можно получить зависимость интенсивности нанесения покрытия от кинематических характеристик инструмента

$$U = f(\rho, \theta, \gamma), \quad (1)$$

где ρ – радиус-вектор положения элементарной площадки; θ – угол между радиусом-вектором и осью испарителя; γ – угол между нормалью к площадке и радиусом-вектором.

Данная зависимость позволяет определить оптимальное положение инструментов в статическом состоянии. Для оптимизации кинематических параметров инструмента необходимо знать изменение ρ, θ, γ .

Задачей данной работы является получение модели расчета оптимальных параметров кинематического движения инструментов под испарителем, обеспечивающих при достаточно высокой производительности оборудования хорошие качественные показатели обработанного инструмента.

Для учета большинства возможных схем технологической оснастки расчетную схему представим с учетом наклонного положения инструмента, его вращения вокруг своей оси и дополнительно вокруг оси устройства, при этом для упрощения расчетов инструмент представим в виде обобщенной детали – цилиндра (рис. 1).

Законы движения инструментов можно определить в матричном виде при разложении сложного движения на простейшие – вращательное и поступательное [1].

Осуществляя последовательный переход от системы координат, связанной с деталью, к системе координат, связанной с испарителем, путем матричного преобразования можно найти закон изменения координат любой точки поверхности детали при ее сложном движении относительно испарителя. Так, после поворота системы координат, связанной с деталью, вокруг оси на некоторый угол справедливо равенство

$$X_1 = F_1 L_0,$$

где F_1 – матрица поворота; L_0 – матрица координат элементарной площадки на поверхности детали в системе координат, связанной с ней.

При плоскопараллельном перемещении указанной системы координат получим

$$X_2 = F_1 L_0 + L_1,$$

где L_1 — матрица перемещений.

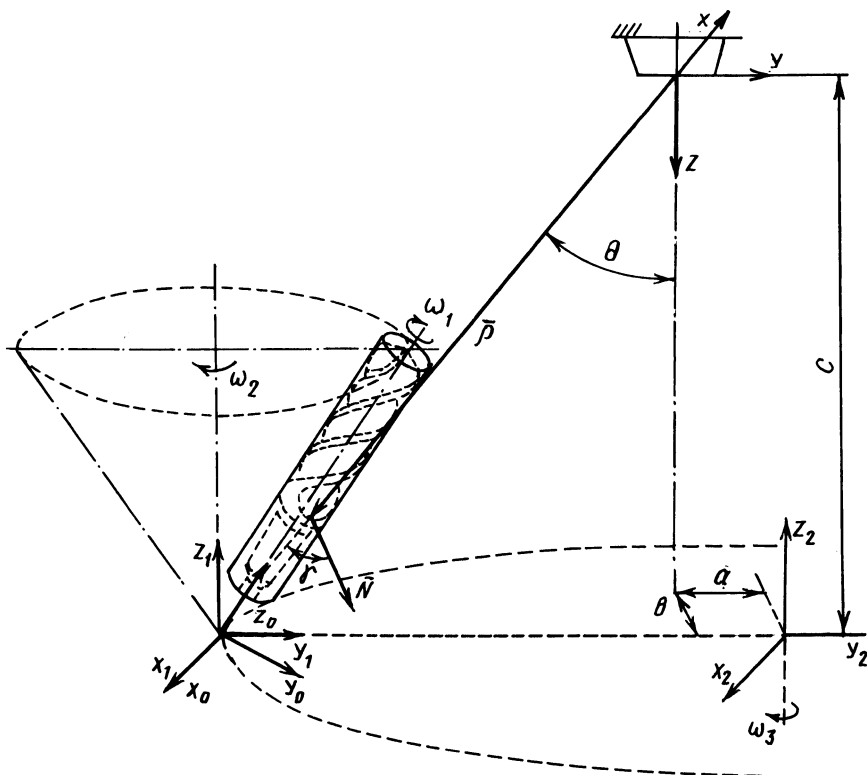


Рис. 1. К кинематическому анализу движения подложек под испарителем

Таким образом, если сложное движение разбито на n поворотов и m перемещений, то при переходе из системы координат, связанной с деталью, к системе координат, связанной с испарителем, конечное уравнение будет иметь вид

$$X = F_n \{ F_{n-1} \{ F_{n-2} \{ \dots [F_2 (F_1 L_0 + L_1) + L_2] + \dots \} + L_{m-2} \} + L_{m-1} \} + L_m .$$

Решая уравнение, можно определить законы изменения во времени координат элементарной площадки поверхности цилиндра относительно испарителя.

Уравнение поверхности цилиндра в системе координат, связанной с испарителем, имеет вид

$$F = f(x, y, z, R),$$

где x, y, z — координаты точек поверхности цилиндра в системе координат, связанной с испарителем; R — радиус цилиндра.

Продифференцировав это уравнение по переменным x, y, z , можно определить координаты нормали к элементарной площадке поверхности цилиндра: $N(F'_x(x, y, z, R), F'_y(x, y, z, R), F'_z(x, y, z, R))$. Определив длину вектора

$$|N| = \sqrt{(F'_x)^2 + (F'_y)^2 + (F'_z)^2} \quad (2)$$

и длину радиуса-вектора, проведенного из начала системы координат, связанной с испарителем, к данной элементарной площадке:

$$|\rho| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad (3)$$

можно найти закон изменения угла между нормалью к площадке и радиусом-вектором:

$$\gamma = \arccos \frac{(\bar{N}, \rho)}{|N| |\rho|}. \quad (4)$$

Угол между радиусом-вектором, проведенным к элементарной площадке, и осью испарителя можно определить из следующей зависимости:

$$\theta = \arccos(z/\rho). \quad (5)$$

Подставив выражения (2)...(5) в уравнение (1), можно рассчитать интенсивность нанесения покрытия на каждую элементарную площадку инструмента при сложном движении детали и изменение толщины покрытия по всей его поверхности.

Применяя вышеизложенный метод, можно произвести оптимизацию кинематических параметров движения инструмента под испарителем с целью достижения высокого качества покрытия на всех рабочих поверхностях. Такое математическое моделирование процесса нанесения покрытия позволяет не только оценить конструктивное исполнение внутрикамерных устройств, но и на стадии разработки эскизного проекта определить необходимые движения инструментов, расположение и количество испарителей, а также обеспечить оптимизацию конструктивных и технологических параметров оснастки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Х а л ф м а н Р.И. Динамика: Пер. с англ. — М.: Наука, 1972. — 568 с.