

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ С ЗАДАНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ

Белорусский национальный технический университет, Минск

Авсиевич А.М., Осипович В.В.

The rules of designing for irregular thickness coating devices are subscribed. Irregular thickness coatings have be obtained by irregular part angular velocity accordingly wear value, which is measured in every point of part surface.

Исследования процесса изнашивания подвижных сопряжений свидетельствуют о том, что различные участки поверхностей трения подвержены действию факторов износа с разной интенсивностью [1]. В результате потеря работоспособности вращательных пар трения обуславливается появлением недопустимо большого зазора не по всей площади сопрягаемых поверхностей, а только в некоторых радиальных направлениях (рис. 1). Для большинства сопряжений в плоских механизмах характерно отсутствие перекосов, поэтому в осевом направлении распределение износа можно принять неизменным.

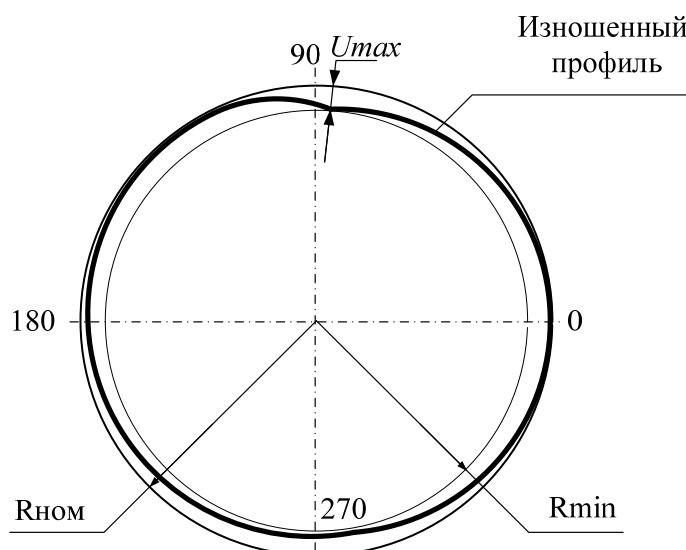


Рис. 1. Пример эпюры износа цилиндрической поверхности

Традиционно технологии восстановления изношенных поверхностей путем нанесения покрытий предполагают протачивание до размера R_{\min} , подготовку поверхности абразивно-струйной обработкой, напыление или наплавку покрытия до размера больше $R_{\text{ном}}$, возможно термообработку покрытия, финишную механическую обработку до номинального размера и шероховатости. Из приведенного рисунка видно, что при такой технологии основной объем наносимого покрытия восполняет не столько изношенную поверхность, сколько срезанный в процессе подготовки слой. Для минимизации расхода материала упрочняющих покрытий необходимо производить процесс нанесения с управляемым распределением толщины слоя соответственно эпюре износа.

При нанесении с помощью концентрированных источников энергии толщины покрытия h в пятне обработки за один проход (оборот детали) определяется

исходя из расхода наносимого материала и времени нанесения на элементарный участок восстанавливаемой поверхности

$$h = \frac{Qt}{S}, \quad (1)$$

Q – расход материала покрытия в высокоэнергетической струе;
 t – время нанесения покрытия на элементарный участок поверхности;
 S – площадь пятна обработки.

Расход материала может быть выражен как

$$Q = KV_C S, \quad (2)$$

где K – коэффициент, характеризующий размер, массу и количество частиц материала, проходящего через сечение S в единицу времени;
 V_C – скорость потока частиц.

Время t при нанесении покрытия от неподвижного источника на вращающуюся деталь можно определить по формуле

$$t = \frac{b}{V_D} = \frac{b}{\omega_D r}, \quad (3)$$

где b – размер пятна обработки в направлении относительного перемещения детали источника (плазмотрона, горелки, электрода и пр.);
 V_D – скорость относительного перемещения;
 ω_D – угловая скорость вращения детали;
 r – радиус детали.

Тогда толщина покрытия будет равна

$$h = \frac{Kb}{r} \cdot \frac{V_C}{\omega_D}. \quad (4)$$

В формуле (4) первая дробь включает величины, постоянные для конкретного процесса нанесения покрытий, а вторая дробь – параметры, которыми можно варьировать. Варьирование скорости потока частиц определяется расходом транспортирующего газа. Это может быть реализовано применением порошковых питателей с регулируемым расходом транспортирующего газа, в которых регулировка производится за счет изменения размера дроссельной щели кулачковыми механизмами. В них один оборот кулачка соответствует одному обороту упрочняемой детали, а законы движения толкателей определяют в зависимости от теоретической эпюры износа упрочняемой поверхности. Алгоритм проектирования таких кулачковых механизмов является общепринятым и описан в [2]. Углы опережения и запаздывания механизмов определяются экспериментально в зависимости от размеров детали, расстояния от нее до источника и прочих особенностей технологии. Однако, с учетом наличия этих дополнительных факторов, для большинства технологий сложно гарантировать точное управление расходом материала. Поэтому предпочтительно наносить покрытия с переменной толщиной при постоянном потоке частиц и варьировании относительной скорости перемещения детали и источника. Это может быть реализовано путем создания специальных приводов вращения детали.

Учитывая, что стандартные приводы движения деталей обеспечивают постоянную скорость вращения, приспособление для обеспечения переменной скорости вращения должно проектироваться исходя из обеспечения заданной передаточной функции

$$i = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = f(\varphi_1), \quad (5)$$

где ω_2 и $d\varphi_2$ – соответственно угловая скорость и приращение угла поворота упорочняемой детали;

ω_1 и $d\varphi_1$ – аналогичные величины для стандартного вращателя, являющиеся постоянными.

График функции $i(\varphi_1)$ должен соответствовать развертке эпюры износа. Например, для эпюры, представленной на рис. 1, график функции показан на рис. 2. Минимальное значение i соответствует точке, в которой по результатам измерений наблюдается максимальный износ U_{max} , а для каждого φ_1 величина i определяется по зависимости вида

$$i = a - kU, \quad (6)$$

где U – замеренный в данном положении износ;

a и k – некоторые коэффициенты, причем

$$a > kU_{max}. \quad (7)$$

В общем случае зависимость (5) может иметь сколь угодно сложный вид, определяемый требованиями к распределению свойств по поверхности конкретной детали и зависящий от эпюры ее изнашивания. В принципе возможно задавать детали переменное вращение с изменением направления угловой скорости.

Алгоритм проектирования передаточного механизма, обеспечивающего воспроизведение заданной зависимости $i(\varphi_1)$, предполагает разбиение графика функции (рис. 2) на несколько участков. Для каждого участка движение от вала, вращающегося с постоянной скоростью ω_1 , на вал детали, вращающийся со скоростью ω_2 , передают через отдельный кулачковый механизм. Все кулачки жестко закрепляют на валу стандартного вращателя, а толкатели – на валу детали. Профили кулачков рассчитывают по общепринятой методике [2]. Зависимость $i(\varphi_1)$ определяет закон движения. Согласованную работу кулачковых механизмов обеспечивают установкой кулачков и толкателей с соответствующими углами опережения таким образом, что после окончания передачи движения одним механизмом оно начинает передаваться следующим.

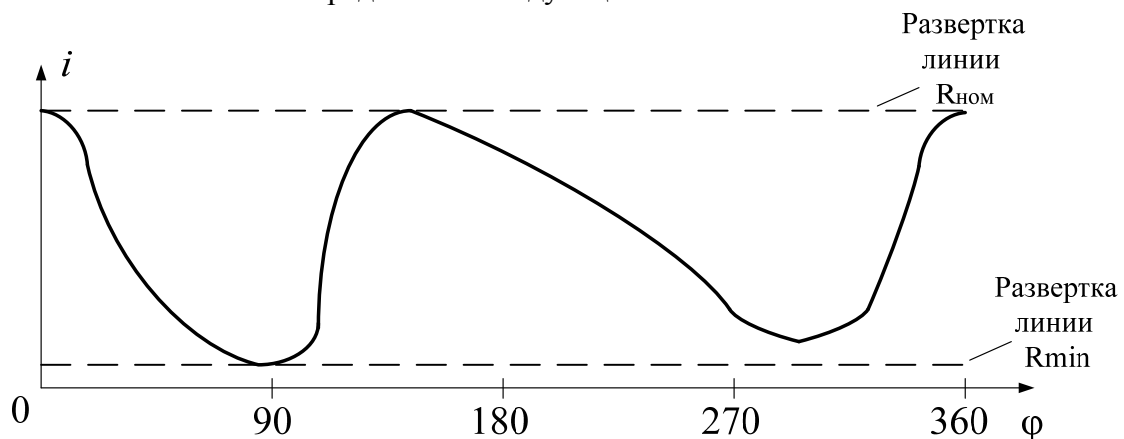


Рис. 2. Пример графика передаточной функции соответствующей эпюре износа

В ряде случаев привод вращения детали может быть выполнен на основе простых рычажных механизмов, например кулисного механизма, представленного на рис. 3.

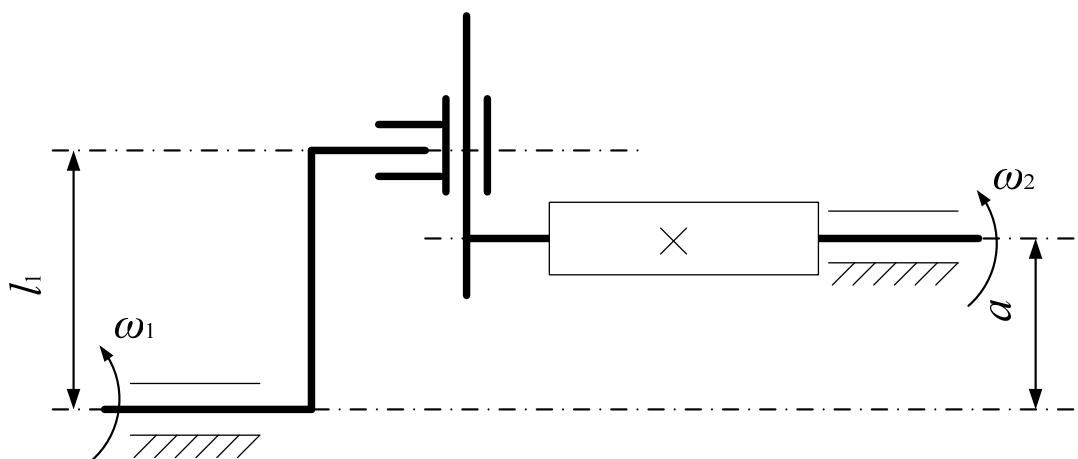


Рис. 3. Схема кулисного механизма привода вращения упрочняемой детали

При соотношении основных размеров механизма

$$\lambda = \frac{l_1}{a} > 1. \quad (8)$$

Равномерное вращение кривошипа с угловой скоростью ω_1 будет преобразовываться во вращение кулисы с переменной угловой скоростью ω_2 без изменения направления вращения. Скорость вращения будет нелинейно изменяться в диапазоне

$$\omega_1(l_1 - a) \leq \omega_2 \leq \omega_1(l_1 + a). \quad (9)$$

Формирование покрытий по всей поверхности происходит за большое количество проходов (оборотов детали), порядка десятков и сотен. Так как за один проход расход материала пропорционален относительной скорости перемещения детали и источника, варьирование скорости позволяет в конечном итоге сформировать покрытия переменной толщины с широким диапазоном варьирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмизация расчетов факторов износа кинематических пар рычажных механизмов / А.М. Авсиевич [и др.] // Машиностроение: Респ. сборник научн. трудов. – Минск: БНТУ, 2009. – Вып. 25. – С. 8–11.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.