

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

С. Л. Леонов, А. А. Ситников, М. Е. Татаркин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

Наплавка широко используется для изготовления, ремонта и восстановления деталей, работающих в условиях интенсивного износа. Наплавка должна обеспечивать надежное соединение покрытия с основой и толщину покрытия, достаточную под последующую механическую обработку и эксплуатационный износ рабочей поверхности детали. Для проектирования технологий изготовления деталей и анализа отдельных этапов их жизненного цикла необходимо разрабатывать математические модели. Разработанные модели должны давать возможность рассчитывать износ, макропрофиль после наплавки, топографию и другие геометрические параметры с учетом стохастического характера явлений.

Геометрические погрешности наплавленного слоя оказывают влияние на фактическую площадь контакта взаимодействующих поверхностей, величину удельного давления, долговечность и другие важные технологические и эксплуатационные характеристики деталей и механизмов. В данном случае рассмотрен пример решения «геометрической» задачи для случая нанесения на плоскость наплавленного слоя «валиками» с перекрытием одним другим методом электродуговой наплавки.

При моделировании принят ряд допущений:

- наплавленная поверхность имеет форму одинаковых дуг окружностей радиуса  $R$ , нанесенных с шагом  $b$ ;
- «контр-тело» имеет плоскую поверхность;
- нормальная сила давления со стороны «контр-тела» постоянна в процессе износа;
- износ в результате трения поверхностей прямо пропорционален удельному давлению;
- физико-механические свойства наплавленного слоя постоянны и однородны в пределах всего его объема;
- температурные и упругие деформации,

а также погрешности установки не влияют на геометрические параметры поверхностного слоя.

В результате износа  $h$  изменяется относительная опорная длина профиля, которая определяется выражением:

$$t_p = \frac{b_y}{b} = \frac{2\sqrt{R^2 - y^2}}{b}, \quad 1)$$

где  $R$  и  $b$  – соответственно радиус и ширина наплавленного валика

Уровень  $y$  изменяется в диапазоне  $yb \leq y \leq R - h$ , а уровень  $p$  рассчитывается по формуле:

$$p = (R - h - y) / (R - h - \sqrt{R^2 - b^2 / 4}) \quad 2)$$

где  $h$  – величина линейного износа.

В результате моделирования получена серия кривых для различных величин износа  $h$  (рисунок 1).

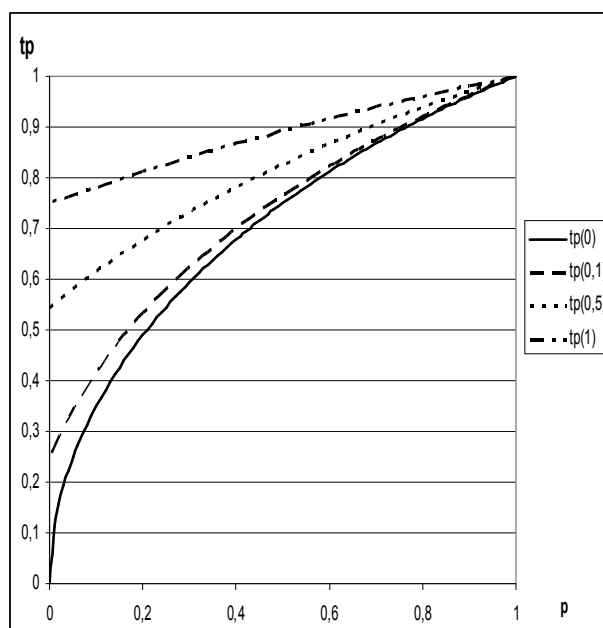


Рисунок 1 – Относительная опорная длина профиля  $t_p$  в зависимости от износа по вершинам профиля  $h$

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

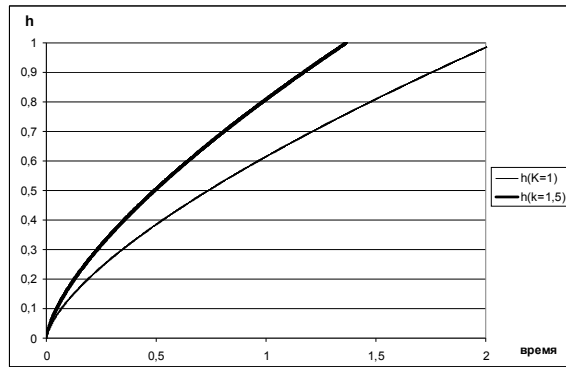
Скорость износа при постоянной силе  $F$ , действующей на поверхность, определяется зависимостью:

$$\frac{dh}{d\tau} = K_p P = K_p F / S = \frac{K}{S} \quad (3)$$

С увеличением износа (рисунок 1) площадь контакта (значение  $tp$  при  $p = 0$ ) увеличивается, а скорость износа снижается. Площадь контакта при  $y = R - h$  пропорциональна  $bu$ . Рассматривая половину ширины наплавленного валика и ее единичную длину, получено:

$$S = \sqrt{R^2 - (R - h)^2} = h \sqrt{2 \frac{R}{h} - 1} \quad (4)$$

После подстановки выражения (4) в (3),



а)

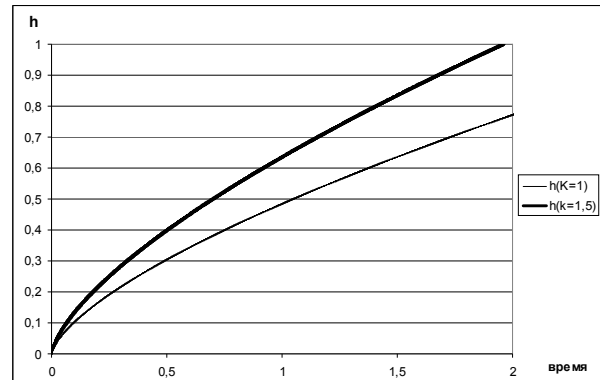
Рисунок 2 – Зависимость износа поверхности от времени при разных коэффициентах  $K$ . а)  $R = 5$  мм; б)  $R = 10$  мм.

При решении задачи стохастической оптимизации целесообразно добавить дополнительные ограничения, связанные с необходимостью обеспечения заданной формы кривой относительной опорной длины профиля. Эти условия можно также сформулировать в стохастической постановке оптимизационной

получено дифференциальное уравнение:

$$\frac{dh}{d\tau} = \frac{K}{h \sqrt{2 \frac{R}{h} - 1}} \quad (5) \quad \text{при начальных условиях: } \begin{cases} \tau = 0 \\ h = 0 \end{cases}$$

На рисунке 2а приведено численное решение уравнения (5) при  $R = 5$  мм и различных значениях  $K$ . Увеличение  $K$ , характеризующее рост силы, действующей на поверхность, увеличивает скорость износа и суммарный износ. В начальный момент времени  $h = 0$  и, следовательно, скорость износа  $dh/d\tau = \infty$  (рисунок 2). С ростом радиуса скорость износа снижается (рисунок 2б).



б)

задачи с использованием плотностей распределения. Разработанные модели имеют открытую структуру. Их уточненные версии, алгоритмы и программное обеспечение могут служить базой для дальнейшего совершенствования технологий, направленных на повышение долговечности машин..