

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АБРАЗИВНОГО БРУСКА ПРИ СУПЕРФИНИШИРОВАНИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Г.И. Беляева, С.В. Самосюк

Белорусский национальный технический университет, Минск

Суперфиниширование является одним из наиболее совершенных производительных процессов обработки деталей и благодаря получению очень малой шероховатости $Ra = 0,063-0,008$ мкм применяется для финишной обработки поверхностей после шлифования с целью существенного увеличения эксплуатационных свойств. Суперфиниширование происходит при вращательном движении детали и поступательном смещении брусков с наложением колебательных движений. Амплитуда движения брусков составляет 1,5–6 мм, а частота 400–1200 колебаний в минуту. Контакт детали и инструмента осуществляется по поверхности, бруски придавливаются к детали с давлением $(0,3-3) \cdot 10^5$ Па, что обеспечивает микрорезание одновременно большим количеством абразивных зерен. В ходе обработки изменяются глубина и вид микронеровностей, поверхность приобретает сетчатый рельеф, обеспечивающий хорошие условия смазки при эксплуатации. Особенностью суперфиниширования является снижение интенсивности удаления материала после снятия гребешков исходной шероховатости с детали.

Достоинствами суперфиниширования являются:

- 1) простота применяемого оборудования;
- 2) возможность использования универсальных (токарных, шлифовальных) станков для проведения операции;
- 3) высокая производительность;
- 4) высокое качество получаемых поверхностей $Ra = 0,063-0,008$ мкм ;
- 5) большая фактическая опорная площадь поверхности (до 90 % от всей поверхности).

Суперфиниширование не устраняет погрешности формы (волнистость, конусность, овальность), полученные на предшествующей обработке. Это является единственным недостатком этого процесса.

Для суперфиниширования применяются головки с пневматическим, электромагнитным и механическим приводом осциллирования. Суперфинишные головки используются как на специальных, так и на универсальных станках. На схеме (рис. 1) показана электромагнитная головка, применяемая для обработки цилиндрических деталей. Она состоит из плоской пружины 1 жесткостью c , находящейся под воздействием включаемых попеременно электромагнитов 2, расположенных по обеим сторонам пружины. Установленному на конце пружины держателю абразивного бруска 3 массы m головка сообщает гармонические колебания под воздействием силы упругости, пропорциональной расстоянию от положения равновесия.

Определение движения бруска 3 производится для горизонтального расположения головки (сила тяжести не влияет на движение) и при условии, что другой конец плоской пружины совершает прямолинейные гармонические колебания с частотой электрической сети ν и амплитудой a .

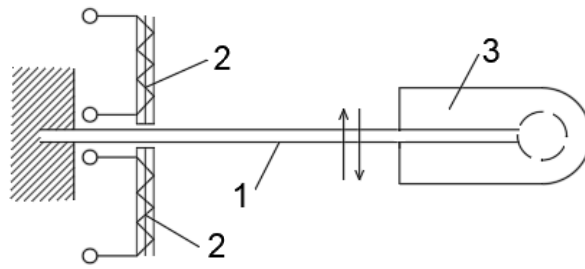


Рис. 1. Электромагнитная головка

Рассмотрим движение бруска как сложное движение точки. Дифференциальное уравнение движения точки по отношению к подвижной оси x_r (рис. 2):

$$m\ddot{x}_r = \sum F_{kx} + \Phi_{e_{x_r}};$$

$$\sum F_{kx} = -F = -x_r c,$$

где F сила упругости плоской пружины.

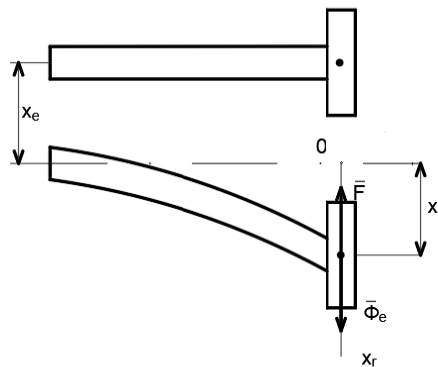


Рис. 2. Дифференциальное уравнение движения точки по отношению к подвижной оси x_r

Сила инерции в переносном движении

$$\Phi_{e_{x_r}} = ma_e; \quad a_e = \ddot{x}_e;$$

$$x_e = a \sin pt;$$

$$a_e = -ap^2 \sin pt;$$

$$\Phi_{e_{x_r}} = -map^2 \sin pt.$$

Подставим значения сил в дифференциальное уравнение:

$$m\ddot{x}_r = -cx_r + map^2 \sin pt$$

$$\text{или } \ddot{x}_r + \frac{c}{m}x_r = ap^2 \sin pt.$$

Введем обозначения: $k^2 = \frac{c}{m}$; $h = ap^2$.

Тогда дифференциальное уравнение запишем в виде:

$$\ddot{x}_r + k^2 x_r = h \sin pt.$$

Решим это уравнение.

$$x_r = x_r^* + x_r^{**},$$

где x_r^* – общее решение однородного уравнения;

x_r^{**} – частное решение неоднородного уравнения.

$$x_r^* = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt;$$

$$x_r^{**} = A_r \sin pt \text{ при условии } k \neq p, i = \sqrt{-1};$$

$$\ddot{x}_r^{**} = -A_r p^2 \sin pt;$$

$$-A_r p^2 \sin pt + k^2 A_r \sin pt = h \sin pt.$$

Откуда

$$A_r = \frac{h}{k^2 - p^2}; x_r^{**} = \frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt.$$

$$x_r = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt.$$

При начальных условиях движения

$\dot{x}_{r0} = 0$; $x_r = 0$ определим постоянные интегрирования C_1 и C_2 :

$$\dot{x}_r = -C_1 k \sin kt + C_2 k \cos kt + \frac{hp}{k^2 - p^2} \cos pt;$$

$$C_1 = 0;$$

$$C_2 = \frac{-hp}{(k^2 - p^2)k}.$$

Уравнение относительного движения бруска:

$$x_r = -\frac{hp}{(k^2 - p^2)k} \sin kt + \frac{h}{k^2 - p^2} \sin pt.$$

Определим амплитуду колебаний бруска в его абсолютном движении.

$$A = A_e + A_r = a + \frac{h}{k^2 - p^2} = a + \frac{ap^2}{\frac{c}{m} - p^2} = \frac{ac}{m(\frac{c}{m} - p^2)} = \frac{ac}{c - mp^2}.$$

С учетом частоты ν

$$T = \frac{1}{\nu}; p = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu;$$

$$A = \frac{ac}{c - m(2\pi\nu)^2}.$$

Так как производительность процесса суперфиниширования цилиндрических поверхностей зависит от частоты и амплитуды колебаний бруска, то полученная зависимость может быть использована для прогнозирования режимов резания и времени обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дальский, А.М. *Технология конструкционных материалов* / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
2. Никитин, Н.Н. *Курс теоретической механики: учебное пособие* / Н.Н. Никитин, А.В. Дубровский, Н.М. Щепина – М.: Высшая школа, 1990. – 608 с.
3. Миткевич, С.И. *Сборник специальных задач по разделу «Динамика» курса «Теоретическая механика» для студентов машиностроительных специальностей* / С.И. Миткевич, Г.И. Беляева, В.И. Глубокий – Минск: Ротапринт БПИ, 1991. – 23 с.