

V.M. Shapovalov // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2014. – Vol. 87, Issue 7. – P. 966–973.

3. Лин, Д.Г. Эффективность ингибирования полиэтилена при введении в него металлооксидных наполнителей / Д.Г. Лин, Е.В. Воробьева, В.М. Шаповалов // Материалы, технологии, инструменты. – 2015. – № 1, Т. 20 – С.70–77.

УДК 621.941.1

Данильчик С.С.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЛАЧКА, ЗАДАЮЩЕГО ТОКАРНОМУ РЕЗЦУ КОЛЕБАНИЯ С АСИММЕТРИЧНЫМ ЦИКЛОМ**

*БНТУ, Минск*

При точении с асимметричными колебаниями инструмента, которые дополнительно накладываются на его подачу с целью дробления сливной стружки, форма и размеры элементов стружки зависят от режимов резания, частоты и амплитуды колебаний, а также от соотношения периодов движения инструмента в направлении подачи (врезание) и обратном направлении (отвод) в течение цикла колебаний [1]. Заданные параметры колебательного движения инструмента можно обеспечить кулачком. С целью определения оптимальных размеров и профиля кулачка для сообщения колебаний, целесообразно проанализировать силы, действующие в процессе обработки на инструмент.

Рассмотрим угловые колебания инструмента вокруг оси  $Y$ , расположенной в горизонтальной плоскости ниже опорной поверхности резца перпендикулярно оси вращения заготовки. Кинематика процесса резания с такими колебаниями не отличается от кинематики резания с осевыми колебаниями даже при малых значениях диаметра обрабатываемых деталей и радиуса колебаний. Врезание инструмента в заготовку в течение цикла колебаний обеспечим внешней возмущающей силой, создаваемой кулачковым механизмом, а отвод инструмента осуществляется пружинами. Колебательное движение инструмента вокруг оси  $Y$  можно описать уравнением

$$J_y \ddot{\varphi} + M_{\text{тр}} + M_{\text{упр}} + M_x = M_b,$$

где  $J_y$  – момент инерции относительно оси  $Y$ ,  $\varphi$  – угол поворота резца,  $M_{\text{тр}}$  – момент сил трения,  $M_{\text{упр}}$  – момент сил упругости возвратных пружин,  $M_x$  – момент силы резания  $P_x$ ,  $M_b$  – момент возмущающей силы  $P_b$ .

Момент инерции определяется конструкцией и массой подвижной части резцедержателя с резцом, совершающей угловые колебания. Поэтому величина первого слагаемого уравнения зависит от углового ускорения  $\ddot{\varphi}$ . Момент сил трения пропорционален скорости углового движения подвижной части резцедержателя. Величина момента упругости определяется исходя из жесткости возвратных пружин. Рассмотрим изменение сил  $P_b$  и  $P_x$ , создающих моменты  $M_b$  и  $M_x$ . В результате колебательного движения инструмента толщина срезаемого слоя изменяется от нуля до максимального значения, после чего его значение сохраняется в течение некоторой части цикла колебаний, а затем она вновь уменьшается до нуля. В этот момент происходит отделение элемента стружки. Изменение толщины стружки приведет к соответствующему изменению силы резания  $P_x$ . Поэтому силу резания  $P_x$  можно рассматривать как периодическую функцию с периодом  $2\pi$  (рисунок 1). При этом  $2\pi$  принимается равным сумме частей периода  $x_1$  и  $x_2$ , приходящихся на движение инструмента в направлении подачи и обратном направлении в течение цикла колебаний, то есть на врезание и отвод.

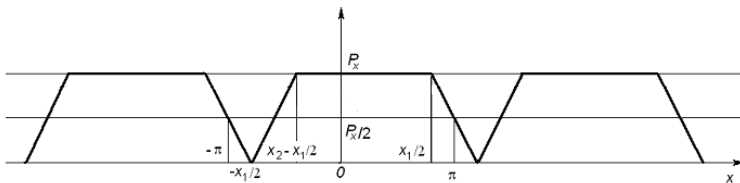


Рисунок 1 – График силы резания  $P_x$

Возмущающая силой  $P_b$  также изменяется периодически. График функции  $P_b(x)$  обусловлен характером изменения сил упругости пружин  $P_{\text{упр}}$  и резания  $P_x$ . Сила упругости на этапе врезания изменяется линейно в зависимости от величины удлинения пружин.

Сила резания  $P_x$ , как показано на рисунке 1, возрастает до максимальной величины и остается постоянной до начала отвода инструмента. Поэтому и возмущающую силу  $P_v$  можно рассматривать как периодическую функцию  $P_v(x)$  с периодом  $2\pi$ . Установлено, что для обеспечения асимметричных колебаний сила  $P_v$  должна изменяться согласно графику, представленному на рисунке 2. Таким образом сила  $P_v$  изменяется от нулевого значения до  $P'_v$ , далее до максимального значения  $P_v$  и снова до нуля. Сила  $P'_v$  соответствует моменту, когда инструмент начинает резание с максимальной толщиной среза, и сила резания  $P_x$  получает максимальное значение. После этого сила  $P_x$  остается неизменной, а сила упругости возрастает до своего максимального значения. Этому моменту соответствует максимальное значение возмущающей силы  $P_v$ .

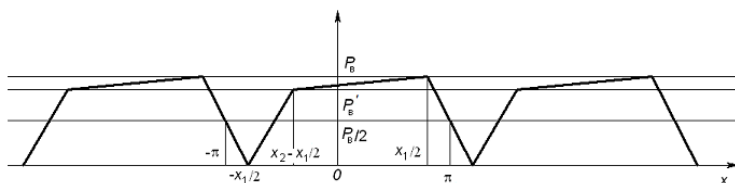


Рисунок 2 – График возмущающей силы  $P_v$

Используя выше приведенные доводы была получена математическая модель колебательного движения инструмента, которая устанавливает для определенных размеров резцедержателя взаимосвязь между параметрами колебаний инструмента, величиной возмущающей силы  $P_v$ , силой резания  $P_x$  и жесткостью пружин, а также соотношение между максимальной возмущающей силой  $P_v$  и соответствующей ей промежуточной силой  $P'_v$ , обеспечивающее требуемую траекторию движения инструмента с минимальной амплитудой колебаний и позволяющее спроектировать профиль кулачка, задающего эти колебания.

Профиль кулачка выполняется в виде сопряженных ветвей двух спиралей Архимеда: возрастающей с углом  $\theta_a$  и ниспадающей с углом  $\theta_b$ , угловое соотношение между которыми устанавливается

равным принятому в цикле колебаний отношению периода врезания к периоду отвода резца  $\xi$ , причем  $\theta_a + \theta_b = 360^\circ$  (рисунок 3).

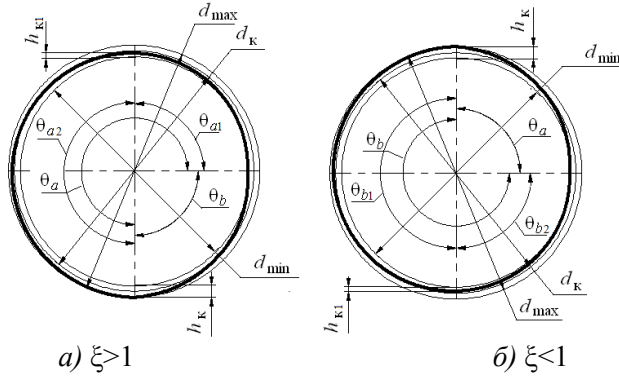


Рисунок 3 – Эскизы кулачков

При известном среднем рабочем диаметре кулачка  $d_k$  максимальный  $d_{max}$  и минимальный  $d_{min}$  его диаметры можно, согласно рисунку 3, определить по формулам:

$$d_{max} = d_k + \frac{h_k}{2}; \quad d_{min} = d_k - \frac{h_k}{2},$$

где  $h_k$  – расчетный ход кулачка.

Величина хода кулачка  $h_k$  определяется исходя из величины максимальной амплитуды колебаний инструмента и конструктивных параметров устройства для точения с вибрациями.

Скорость движения резца внутри цикла колебаний в течение периодов врезания и отвода обеспечивается возмущающей силой, которая согласно рисунку 2 изменяется неравномерно. В связи с этим рабочие поверхности кулачка, предназначенные для врезания инструмента в заготовку при  $\xi > 1$  и для отвода при  $\xi < 1$ , следует выполнять в виде двух спиралей Архимеда с углами  $\theta_{a1}$ ,  $\theta_{a2}$  и  $\theta_{b1}$ ,  $\theta_{b2}$ , соответственно. При этом величину хода кулачка в конце участка с углом  $\theta_{a1}$  принимаем равной

$$h_{k1} = h_k \sqrt{\frac{P'_B}{P_B \xi}},$$

а в конце участка с углом  $\theta_{b1}$ :

$$h_{\kappa 1} = h_{\kappa} \sqrt{\frac{P'_B \xi}{P_B}},$$

где  $P'_B$  и  $P_B$  – значения возмущающей силы.

Спроектированный по данной методике кулачок обеспечит равномерность движения врезания резца в заготовку при точении с  $\xi > 1$  и движения отвода инструмента при  $\xi < 1$ . Это позволит приблизить действительную траекторию движения инструмента в процессе обработки к теоретической.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данильчик, С.С. Кинематика точения с наложением асимметричных колебаний инструмента / С.С. Данильчик, В.К. Шелег // Наука и техника. 2013. – №4. – С. 16–21.
2. Ахметшин, Н.И. Вибрационное резание металлов / Н.И. Ахметшин, Э.М.Гоц, Н.Ф. Родиков. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 80 с.

УДК 621.311

Евтухова Т.Е.

### **ФОРМИРОВАНИЕ КАПИЛЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ АЛЮМИНИЕВОЙ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ**

*БНТУ, Минск*

При решении задачи обеспечения тепловых режимов функционирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), в том числе и космического применения, имеют большое значение разработки эффективных теплопередающих и теплообменных систем на основе тепловых труб (ТТ). В настоящее время миниатюризация различного типа устройств накладывает ряд ограничений на системы охлаждения, что приводит к увеличению перегрева поверхности и снижению интенсивности теплоотдачи. В системах охлаждения элементов РЭА используют алюминиевые плоские ТТ без капиллярной структуры (КС) (поскольку высота ТТ мала (1–7 мм)). Теплоноситель обычно ацетон. Такие ТТ могут работать в диапазоне температур 40 +100 °С при углах наклона от 0 до 90°.