

М.М. СИМОНЯН

К МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛЫ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРЕРЫВИСТОГО РЕЗАНИЯ

Рассмотрены вопросы, связанные с изучением особенностей прерывистого резания. Приведена методика динамической тарировки динамометра для определения максимальной величины динамической силы переходного периода процесса прерывистого резания с учетом влияния демпфирующей способности инструмента, зависящей как от материала державок, так и от способов крепления твердосплавной пластины.

Ключевые слова: динамометр, тарировка, переходный период, сила резания, удар, твердосплавный инструмент, демпфирующая способность.

При высоких скоростях обработки использование серийных динамометров для исследования изменения силы резания переходного периода процесса прерывистого резания невозможно из-за высокой инерционности их механических систем. Поэтому наиболее приемлемым способом изучения динамической силы резания является использование в качестве чувствительного элемента стержня резца [1].

В момент врезания инструмента в заготовку его консольная часть испытывает нагрузки, регистрацию которых можно произвести наклеенными на державку инструмента чувствительными датчиками с последовательным их включением в одно плечо мостовой схемы.

Динамическая модель такого резца-датчика с одной степенью свободы показана на рис. 1.

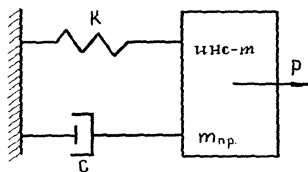


Рис.1. Динамическая модель резца-датчика (динамометра) с одной степенью свободы: K – изгибная жесткость, C – постоянная демпфирования

Статическая тарировка позволяет оценивать лишь упругую составляющую силы резания и не учитывает ее инерционную составляющую и силу вязкого демпфирования, в связи с чем она может быть применена только для определения силы резания установившегося процесса. Потому для определения величины силы удара, возникающей в момент входа инструмента в заготовку (рис.2), динамическую тарировку динамометра необходимо произвести с учетом инерционной составляющей и коэффициента вязкого демпфирования, определяемых экспериментально на специальных образцах.

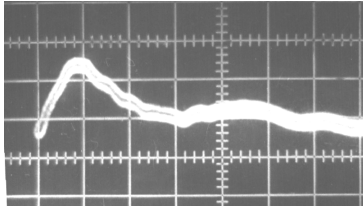


Рис.2. Осциллограмма изменения силы резания во времени при прерывистом резании

Исходя из этого, при исследовании переходных процессов прерывистого резания на основе методики тарировки акселерометров и динамометров [2] нами была разработана методика динамической тарировки динамометра, позволяющая учитывать влияние инерционной составляющей и демпфирующей способности инструмента. Тарировку производили при помощи стального шарика массой m_1 , падающего без начальной скорости на рабочую часть инструмента с определенной высоты (рис. 3). Импульс силы P , создаваемый падающим шариком в момент удара о резец, регистрировался на экране запоминающего осциллографа С8-2 (рис. 4).

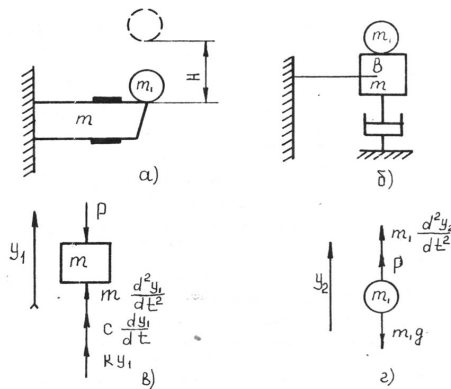


Рис. 3. Схема динамической тарировки инструмента

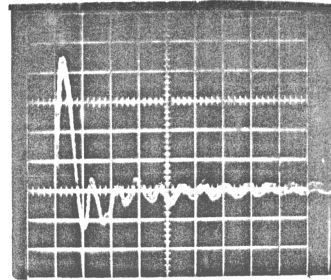


Рис. 4. Тарировочная осциллограмма динамометра (резца-датчика). 1 дел. = 25 мкс

Уравнения движения инструмента и шарика могут быть представлены в виде

$$\begin{cases} m \frac{d^2 y_1}{dt^2} + c \frac{dy_1}{dt} + k y_1 = P, \\ m_1 \frac{d^2 y_2}{dt^2} = m_1 g - P, \end{cases} \quad (1)$$

где y_1 и y_2 – смещения масс m и m_1 ; $\frac{d^2 y_1}{dt^2}$, $\frac{d^2 y_2}{dt^2}$ – ускорения масс m и m_1 ; $m \frac{d^2 y_1}{dt^2}$, $m_1 \frac{d^2 y_2}{dt^2}$ – силы инерции; $\frac{dy_1}{dt}$ – скорость массы m ; c –

коэффициент вязкого демпфирования; k – жесткость на изгиб; P – сила ударного взаимодействия.

Величина P определяется по формуле Герца [3]

$$P = \beta \alpha^{3/2} = \beta (y_2 - y_1)^{3/2}, \quad (2)$$

где α – сближение тел; β – коэффициент, зависящий от кривизны поверхностей контактирующих тел и свойств материалов, равный

$$\beta = 4\sqrt{R}/3\eta, \quad (3)$$

R – радиус шара;

$$\eta = (1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_2, \quad (4)$$

μ_1, μ_2, E_1, E_2 – соответственно коэффициенты Пуассона и модули упругости материалов инструмента и шарика.

В соответствии с [2] имеем

$$\alpha = y_2 - y_1. \quad (5)$$

На основании (2) – (5) имеем

$$P = \frac{1,33\sqrt{R}}{(1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_2} (y_2 - y_1)^{3/2}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в систему уравнений (1), получаем

$$\begin{cases} m \frac{d^2 y_1}{dt^2} + C \frac{dy_1}{dt} + ky_1 = \frac{1,33\sqrt{R}}{(1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_2} (y_2 - y_1)^{3/2}, \\ m_1 \frac{d^2 y_2}{dt^2} = m_1 g - \frac{1,33\sqrt{R}}{(1 - \mu_1^2)/E_1 + (1 - \mu_2^2)/E_2} (y_2 - y_1)^{3/2}. \end{cases} \quad (7)$$

Изгибная жесткость защемленной консольной балки определяется по формуле [4]

$$k = 3EJ/l^3, \quad (8)$$

где J – момент инерции поперечного сечения державки резца; l – вылет резца.

Для прямоугольного сечения балки получаем

$$k = 0,25 Ebh^3/l^3, \quad (9)$$

где b и h – соответственно ширина и высота сечения корпуса инструмента.

На основании приравнивания собственных частот реального инструмента (балки) $f_{инс}$ и модели f_M приведенная масса модели определяется по формуле

$$m_{np} \approx \rho kl^4/Eh^2, \quad f_M = \sqrt{\frac{1}{m_{np}}} \delta, \quad f_{инс} = \sqrt{\frac{12EJ}{ml^3}} = \frac{1}{l^2} \sqrt{\frac{12EJ}{\rho F}},$$

где $\delta = 1/k$, ρ, F – соответственно податливость, плотность материала и площадь поперечного сечения балки.

Величины коэффициента ζ определялись нами экспериментально на стенде Д-6 в Институте проблем прочности АН Украины, на основании записи виброграмм свободных затухающих колебаний специальных образцов из различных материалов. Форма и размеры образцов приведены на рис. 5 [5].

Значения коэффициентов k и ζ , а также масс m и m_1 для инструмента с напаянной твердосплавной пластиной приведены в таблице.

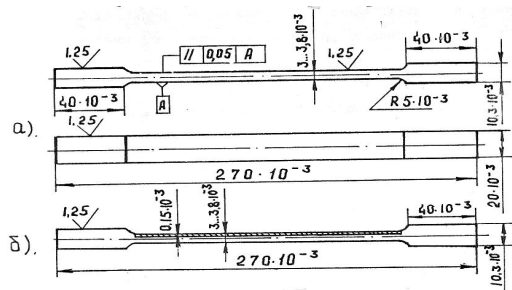


Рис. 5. Формы и размеры образцов из различных материалов:

- а) материалы- сталь 45, ВЧ50-1, СЧ15, СЧ20, СЧ24;
б) материал – сталь 45 с медным покрытием М1

Таблица

Жесткость на изгиб инструмента- k , Н/м	64×10^6
Коэффициент демпфирования инструмента- ζ , Н.с/м	522
Приведенная масса инструмента- $m_{пр}$, Н.с ² /м	$0,46 \times 10^{-1}$
Масса шарика - m_1 , Н.с ² /м	$0,41 \times 10^{-2}$

Начальные условия:

$$y_1=0, y_2=0, dy_1/dt=0, dy_2/dt=\sqrt{2gH}=V_0.$$

Решая систему дифференциальных уравнений (7), находим значения силы удара, скорости и перемещения в зависимости от времени (рис.6). Тарировка производилась путем сравнения пиковых значений расчетной динамической силы (рис.6) и экспериментально определенного перемещения инструмента (рис.4). На основании этого был получен масштаб силы в мВ/Н, позволивший по данным осциллографирования определять величины ударных сил.

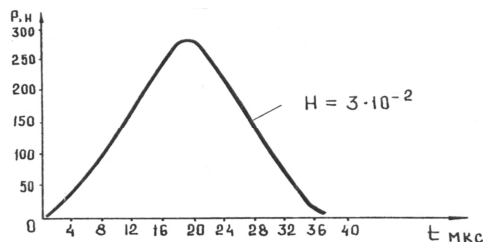


Рис.6. Зависимость динамической силы P от времени

На основании результатов проведенных экспериментов были построены графические зависимости логарифмических декрементов затухания от напряжений, возникающих в образцах из различных материалов (рис. 7).

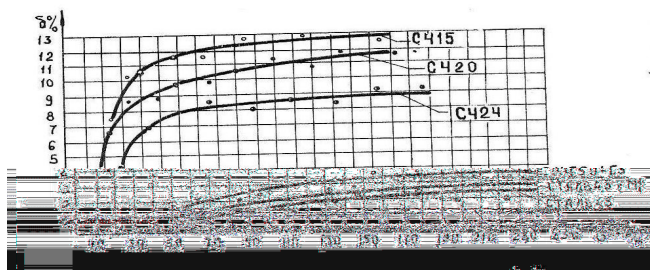


Рис. 7. Графические зависимости
 $\delta = f(\sigma)$

Эксперименты позволили установить, что при одних и тех же напряжениях значения декремента затухания колебаний, а следовательно, и демпфирующая способность у серых чугунов значительно выше, чем у остальных материалов. Сравнение демпфирующих способностей инструментов с различными способами крепления твердосплавных пластин к державке показало, что влияние методов крепления на демпфирующую способность инструмента примерно одинаково, и при применении в качестве корпуса державок серых чугунов это влияние незначительно, и им можно пренебречь [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Симонян М.М.** Исследование динамики силового и теплового воздействий на твердосплавный инструмент при прерывистом резании // Вестник машиностроения. - 2004. - №12. - С.54-56.
2. **Верезуб Н.В.** Исследование процесса резания полимерных композиционных материалов алмазными торцовыми фрезами: Дис.... канд.техн.наук. - Харьков, 1979. - 192 с.
3. Инженерные методы исследования ударных процессов / **Г.С. Батуев, Ю.В. Голубков, А.К. Ефремов и др.** - М.: Машиностроение, 1977. - 240 с.
4. **Фесик С.П.** Справочник по сопротивлению материалов. - Киев: Будивельник, 1982. - 279 с.
5. **Симонян М.М., Наджарян М.Е., Посвятенко Э.К.** Об эффективности использования режущих инструментов с чугунными державками // Сверхтвердые материалы. - 1987.- С. 41-44.

Ванадзорский филиал ГИУА.Материал поступил в редакцию 12.02.2005.

Մ.Մ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ

ԸՆԴՀԱՆ ԿՏՐՄԱՆ ԱՆՑՈՒՄԱՅԻՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ ԴԻՆԱՄԻԿԱԿԱՆ ՈՒԺԻ ՀԵՏԱԶՈՏՄԱՆ
ՄԵԹՈԴԻԿԱՅԻ ՎԵՐԱԲԵՐՑԱԼ

Դիտարկված են ընդհատ կտրման յուրահատկությունների հետ կապված հարցեր և բերված է ուժաչափի չափորոշման մեթոդիկա՝ ընդհատ կտրման գործընթացի անցումային պարբերությունում դինամիկական ուժի առավելագույն մեծության որոշման համար, գործիքի թրթռամարման ունակության հաշվառումով, կախված իրանի նյութից և կարծր համաձուլվածքից պատրաստված թիթեղի ամրացման եղանակից:

Առանցքային բառեր. ուժաչափ, չափորոշում, անցումային շրջան, կտրման ուժ, հարված, կարծր համաձուլվածքային գործիք, հարվածամեղմող ունակություն:

M.M. SIMONYAN

METHODOLOGY OF DYNAMIC FORCE INVESTIGATION IN THE INTERRUPTED CUTTING
TRANSITION PROCESS

The peculiarities of interrupting cutting are observed. Methods of dynamic calibration of torque indicator are given. The transition period of interrupting cutting, which depends on the material of holders and means of sintered-carbide tip fastening is determined.

Keywords: dynamic calibration, transition period, cutting force, stroke, sintered-carbide tool, damping ability.