

скоростях на формирование поверхностного слоя температура уже не оказывает вредного влияния и устраняется опасность отпуска.

Ультразвуковое упрочнение формирует поле сжимающих остаточных напряжений значительной интенсивности с глубиной проникновения до  $\Delta a = 600$  мкм, при ультразвуковом упрочнении закаленных сталей повышения микротвердости (наклепа) не обнаружено. Этому процессу сопутствует значительное улучшение чистоты поверхности на 2—3 класса.

Относительная простота ультразвуковой оснастки, формирование качественного поверхностного слоя указывают на перспективность метода ультразвукового упрочнения.

**И. Г. Жарков, Ю. А. Аблапохин**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ КОНСОЛЬНО ЗАКРЕПЛЕННОЙ ДЕТАЛИ**

Исследование проводилось на токарном станке 1К62, снабженном вариатором типа ВР-1 для бесступенчатого регулирования чисел оборотов. Запись поперечных колебаний консольно закрепленной детали в двух взаимно перпендикулярных направлениях производилось с помощью аппаратуры, работающей по методу вихревых токов, с экрана электронного осциллографа ОК 17-М специальным лентопротяжным устройством. Одновременно записывались изменения составляющих сил резания  $P_z$  и  $P_y$  в процессе колебаний.

Обработка полученных виброграмм позволила найти траекторию движения точки, принадлежащей оси детали, в плоскости  $z$ — $y$ . Эта траектория имеет форму деформированного эллипса, меняющегося во времени, и может быть выражена уравнением вида:

$$\left(\frac{z}{A(t)}\right)^2 + \left(\frac{y}{B(t)}\right)^2 = 1 + \Delta(t),$$

где постоянные  $A$  и  $B$  изменяются во времени.

Проведенные опыты позволили определить величину первичного (при работе «по чистому») и вторичного (при работе «по следу») возбуждений вибраций и получить динамическую картину нарастания (до определенного предела) интенсивности вибраций по времени при свободном точении высокопрочной нержавеющей стали ЭП-410 (ВНС-2).

Получена зависимость предельно допустимой ширины среза (длины активной части режущей кромки) от жесткости упругой системы СПИД, которая оценивалась величиной предельно допустимой амплитуды вибраций.

Определен максимально допустимый радиус при вершине для прорезных канавочных резцов при различных жесткостях системы.

Даны рекомендации по виброгашению.

**А. Н. Волков**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВИБРОГАСИТЕЛЯ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Исследование проводилось применительно к процессу дискового назового фрезерования титановых сплавов цельными и напайными фре-

зами из ВК8. Основные параметры режима резания и геометрии инструмента были следующие:  $D_{\text{фр}}=70$  мм,  $B=3$  мм,  $t=3$  мм;  $S_z=0,03 \div 0,12$  мм/зуб,  $V=82$  м/мин,  $\gamma=5^\circ$ ,  $\alpha=15^\circ$ ,  $\Psi=2^\circ$ ,  $\alpha_1=1^\circ$ .

Процесс пазового фрезерования отличается резкой неравномерностью работы, быстро изменяющимися усилиями резания и вибрациями. Доминирующей колебательной системой является оправка с фрезами, в связи с чем снижение интенсивности ее вибраций является главной задачей.

Одним из методов уменьшения вибраций фрезерной оправки является увеличение ее жесткости. При очень высокой жесткости оправки ( $j=3300$  кг/мм) вибрации имели характер вынужденных колебаний, амплитуда которых не превышала 10 мкм. По мере снижения жесткости оправки вибрации принимают характер автоколебаний, частота их несколько превышает собственную частоту оправки с фрезами, а амплитуда растет приблизительно пропорционально уменьшению жесткости оправки.

Измерения жесткости оправок в производственных условиях показали, что она находится в пределах  $j=1000-1500$  кг/мм. В этом случае снижение интенсивности вибраций может быть достигнуто за счет применения навесного виброгасителя ударного действия, ролик которого катится по оправке в непосредственной близости от фрез. Рассеиваемая им энергия при каждом соударении определяется по известной формуле:

$$\Delta E = \frac{Mm}{M+m} (1 - R^2) \frac{(v_1 - v_2)^2}{2}$$

Движение фрезерной оправки с виброгасителем может рассматриваться как колебания упругой системы, ударяющейся о подвижный ограничитель. Ввиду нелинейности системы, ее решение может быть получено введением граничных условий до и после удара. Анализ решения показывает, что демпфирующее действие ударного виброгасителя проявляется лишь при определенном значении энергии колебаний системы, ниже которого сохраняются незатухающие колебания. При низкой энергии колебаний ударные импульсы могут оказаться вредными для движения доминирующей системы.

Экспериментальное исследование работы виброгасителя, проведенное при различных условиях обработки, подтвердило теоретические выводы и показало, что его установка весьма целесообразна при возникновении автоколебаний, когда их амплитуда возрастает до  $30 \div 50$  мкм, а частота близка к собственной частоте оправки. Эффективность навесного виброгасителя ударного действия увеличивается с ростом интенсивности вибрации, что в сочетании с простотой изготовления и надежностью работы делает его наиболее пригодным для гашения вибраций при фрезеровании.

**И. Г. Жарков**

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ УПРУГОЙ СИСТЕМЫ СПИД

Экспериментальное исследование колебаний упругой системы СПИД и сил резания при фрезеровании и точении, проведенное с помощью специально разработанной аппаратуры, позволило получить одновременную запись поперечных колебаний фрезерной оправки (или детали — при точении) в двух взаимно перпендикулярных направлениях и соответствующих им составляющих силы резания в этих же направлениях.