

[1] удовлетворительно описывает вибрационное движение сверла. Она позволяет выявить влияние обработки " по следу" и оценить уровень интенсивности вибраций в зависимости от различных параметров режима резания и характеристик упругой системы [3].

Л и т е р а т у р а

1. Бурмистров Е.В., Маркушин Е.М., Тарасов А.В. Крутильные колебания и их влияние на стойкость сверл малых диаметров при обработке жаропрочных и титановых сплавов. Материалы симпозиума " Прогрессивные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация". Вильнюс, 1974.

2. Рубаник В.П. Колебания квазилинейных систем с запаздыванием. М., "Наука", 1969.

3. Бурмистров Е.В., Маркушин Е.М., Тарасов А.В. Исследование динамики процесса сверления отверстий малых диаметров в деталях из жаропрочных и титановых сплавов. Межвузовский сборник " Исследование обрабатываемости жаропрочных и титановых сплавов", вып.4, КуАИ, 1976.

УДК 621.951.02:534.1

Е.В.Бурмистров, Е.М. Маркушин,
Е.Н. Воронов

ВЛИЯНИЕ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СРЕЗАЕМОГО СЛОЯ

В работах [1], [2], [3] представлены математические модели автоколебательных процессов применительно к обработке деталей фрезерованием и точением. При этом основной причиной возникновения автоколебаний считается изменение толщины срезаемого слоя, вызванное поперечными колебаниями инструмента или детали.

В работе [4], где рассматриваются процессы сверления, предложена математическая модель крутильных колебаний сверл, при обработке которой учтено изменение толщины среза, связанное с крутильными колебаниями и вызванное удлинением или укорочением сверла при его угловых деформациях. Величина этих изменений определяется крутильной жесткостью сверл, углом их спирали и может характеризоваться коэффициентом деформации сверл δ .

В результате толщина среза, снимаемая режущими кромками сверла в данный момент времени, может быть выражена в виде

$$a(t) = [S_z + \delta\varphi(t) - \delta\varphi(t - \frac{T}{2})] \sin \varphi_{з.к} ,$$

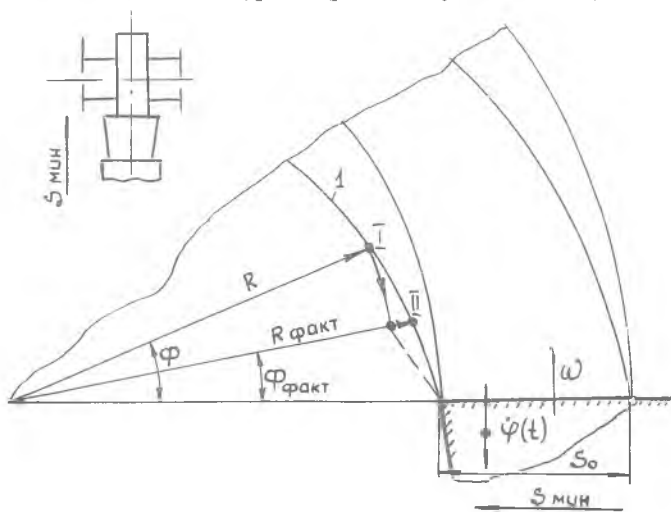
где S_z - номинальное значение подачи сверла за время его поворота на 180° ;

$\varphi(t)$ и $\varphi(t - \frac{T}{2})$ - угловые деформации сверла, вызванные его крутильными колебаниями в данный момент времени и на $\frac{T}{2}$ раньше (T - время одного оборота сверла);

δ - коэффициент деформации сверла;

$\varphi_{з.к}$ - угол заборного конуса.

Однако, как показал дальнейший анализ, влияние крутильных колебаний на толщину срезаемого слоя не исчерпывается отмеченными обстоятельствами. Дело в том, что возникновению крутильных колебаний приводит к изменению угловой скорости инструмента или обрабатываемой детали, что при постоянной скорости подачи ($S_{мин} = const$) вызывает большее или меньшее врезание режущей кромки в обрабатываемый материал. Это подтверждается схемой, представленной на рис.1. Для примера рассмотрим процесс поперечного точения кольцевого бурта. При этом будем считать, что и



Р и с.1. Изменение толщины среза при переменной скорости вращения

главное движение, и движение подачи с постоянной скоростью ($S_{\text{мин}} = \text{const}$) сообщаются резцу.

Если крутильные колебания (колебания в направлении скорости резания) отсутствуют, то траектория движения режущей кромки будет представлять собой Архимедову спираль I с шагом, равным подаче на один оборот S_0 . При этом положение режущей кромки на кривой I будет определяться углом φ и радиусом-вектором R . Так, через промежуток времени Δt с начала движения режущая кромка будет находиться в точке I, при этом

$$\varphi = \omega \Delta t, \quad (1)$$

где ω - угловая скорость вращения при отсутствии крутильных колебаний,

$$\text{а радиус} \quad R = \frac{S_0}{2\pi} [2\pi n - \varphi], \quad (2)$$

где n - любое целое число.

Если же резание происходит при наличии крутильных колебаний, то фактическая скорость вращения на промежутке времени Δt будет равна:

$$\omega + \dot{\varphi}(t)$$

и фактический угол поворота

$$\varphi_{\text{факт}} = [\omega + \dot{\varphi}(t)] \Delta t. \quad (3)$$

Тогда при условии, что скорость поступательного движения инструмента (скорость подачи) постоянна, режущая кромка инструмента окажется уже не в точке I, а, например, в точке II, если считать $\dot{\varphi}(t) < 0$. Как видно из схемы, в этом случае инструмент будет снимать толщину среза, превышающую ее номинальное значение.

Приращение толщины среза можно выразить как разность радиусов-векторов $R_{\text{факт}}$ и R . С учетом (1), (2) и (3) получим

$$\Delta a = R_{\text{факт}} - R = \frac{S_0}{2\pi} \dot{\varphi}(t) \Delta t.$$

Если $\dot{\varphi}(t) > 0$, т.е. крутильные колебания приводят к увеличению фактической угловой скорости, то толщина среза будет уменьшаться.

Принимая во внимание, что $\dot{\varphi}(t)\Delta t$ определяет угловое перемещение инструмента, вызванное его крутильными колебаниями, можно получить выражение

$$\Delta a = \frac{S_0}{2\pi} \dot{\varphi}(t),$$

а, если еще учесть влияние следа, оставленного на поверхности резания "предыдущей" режущей кромкой и обусловленного теми же

причинами, то

$$\Delta \alpha = \frac{S_0}{2\pi} [\varphi(t) - \varphi(t - \frac{T}{z})], \quad (4)$$

где T - время одного оборота инструмента;

z - число режущих зубьев.

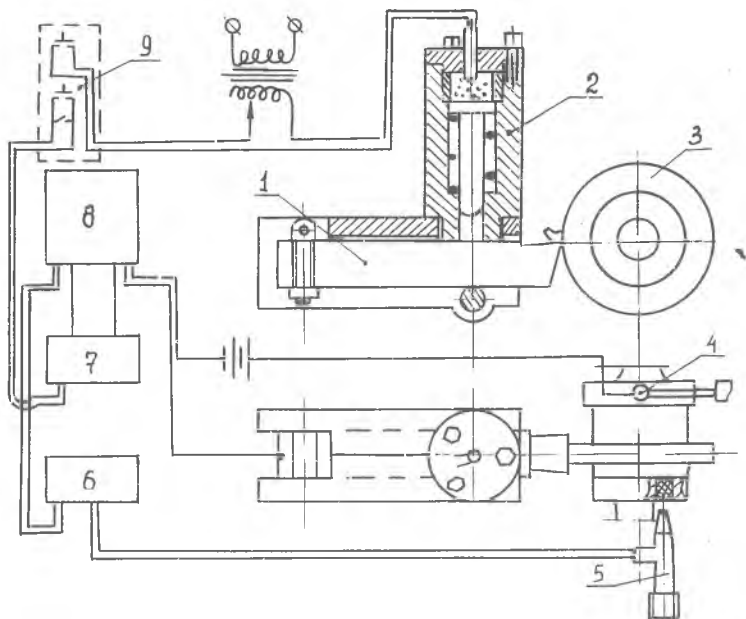
Для подтверждения были поставлены специальные опыты при поперечном тчении кольцевого бурта. Опыты проводились на станке IK62, оснащённом вариатором ВР-1, позволяющим изменять скорость вращения шпинделя. Приемный вал коробки подач приводился в движение от электродвигателя станка с помощью дополнительной ременной передачи и зубчатых колес гитары. В результате появилась возможность осуществлять резание с переменной скоростью вращения шпинделя при неизменной скорости подачи.

Для нахождения мгновенных значений толщины среза при изменении скорости вращения шпинделя, что имитировало влияние скорости крутильных колебаний, был применен метод исследования корневых стружек, которые получались с помощью приспособления типа "падающий резец", оснащенного пороховой камерой. Принцип работы приспособления пояснен на рис.2.

По микрошлифам корней стружек путем измерений на микроскопе МИМ-7 со специальной насадкой определялась толщина среза и стружки, угол скалывания и другие параметры, характеризующие процесс стружкообразования.

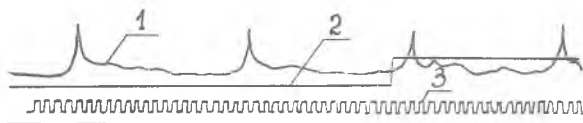
Фактическая скорость вращения образца определялась с помощью отметчика оборотов, выполненного на основе токовихревого датчика 5, сигналы от которого подавались на осциллограф СГ-18 и с помощью лентопротяжного устройства 7 записывались с его экрана на пленку (рис. 3).

Для того, чтобы зафиксировать на пленке момент прекращения процесса резания (момент получения корня стружки) и тем самым определить фактическую скорость вращения, в цепь "резец-деталь-осциллограф" подавалось напряжение 1,5 В, в результате чего на пленке записывалась прямая линия 2. В момент прекращения процесса резания, при выходе резца из контакта с обрабатываемым материалом указанная цепь размыкалась и по исчезновению сигнала фиксировалась фактическая скорость вращения. Характеристика времени определялась с помощью калиброванного сигнала 3 с частотой 50 Гц.



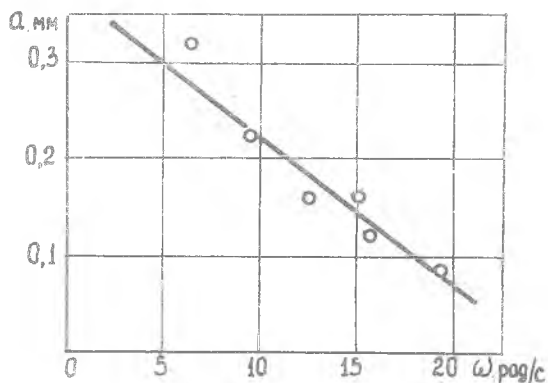
Р и с. 2. Устройство для получения корней стружек: 1 - приспособление типа "падающий резец"; 2 - пороховая камера; 3 - обрабатываемый образец; 4 - токосъемник; 5 - токовихревой датчик; 6 - усилитель; 7 - лентопротяжное устройство; 8 - осциллограф С1-18; 9 - пульт управления

Как показала проверка, описанное приспособление и система фиксации момента прекращения процесса резания характеризуются весьма малой инерционностью. Время срабатывания приспособления не превышает 10^{-4} с.



Р и с. 3. Осциллограмма сигналов: 1 - сигналы отметчика оборотов; 2 - сигнал, фиксирующий момент прекращения процесса резания; 3 - отметчик времени ($f = 50$ Гц)

На основе проведенных экспериментов была получена зависимость толщины среза от скорости вращения (рис.4), подтверждающая высказанные положения.



Р и с.4. Зависимость толщины среза от изменения угловой скорости детали

Таким образом, данное исследование показало, что влияние крутильных колебаний на изменение толщины среза носит более сложный характер, чем предполагалось ранее [4]. Результаты его позволяют уточнить математическую модель крутильных колебаний и, в частности, объяснить причину их возникновения при работе инструментами, характеризующимися низкими значениями коэффициента депланации или отсутствием спиральной части (прямозубые развертки, фрезы, перовые инструменты и др.).

Л и т е р а т у р а

1. Ж а р к о в И.Г., М а р к у ш и н Е.М. Теоретическое исследование вибраций при резании металлов. Сб.: "Исследование обрабатываемости жаропрочных и титановых сплавов", вып.1, КуАИ, 1973.
2. П р о п о в И.Г. Исследование вибраций при обработке титановых сплавов концевыми фрезами. Кандидатская диссертация. Куйбышев, 1971.
3. А б л а п о х и н Ю.А. Исследование вибраций при точении и растачивании консольно закрепленных деталей. Кандидатская диссертация. Куйбышев, 1973.

4. Бурмистров Е.В., Маркушин Е.М., Тарасов А.В. Крутильные колебания и их влияние на стойкость сверл малых диаметров при обработке жаропрочных и титановых сплавов. Материалы симпозиума "Прогрессивные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация". Вильнюс, 1974.

УДК 621.9,02:534.1.001.5

А.М. Бледных

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ УПРУГОСТИ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ

Повышение производительности труда при механической обработке неразрывно связаны с устойчивостью процесса резания. Вибрации отрицательно влияют на долговечность станка, стойкость режущего инструмента, прочностные характеристики обработанной поверхности, снижают точность и ухудшают чистоту обработки.

При всех видах механической обработки имеют место изменения силы резания, обусловленные вынужденными колебаниями, автоколебаниями [1] и неравномерностью процесса стружкообразования.

Причины появления автоколебаний недостаточно изучены из-за сложности теоретического анализа и экспериментальных исследований.

Как показано в работе [2], автоколебания могут возбуждаться и поддерживаться непосредственно силами резания и силами упругости системы СПИД. Частота автоколебаний не зависит от режимов резания, а определяется собственной частотой колебаний доминирующей системы. Так, при обработке на токарном станке доминирующей является система "деталь-опоры" [3]. При этом не всегда увеличение жесткости станка приводит к повышению его виброустойчивости [4].

Г.С. Лазарев рассматривает систему "деталь-опоры" станка как упругую систему с ориентированными осями жесткости и определенными значениями по этим осям. Устойчивость процесса резания связывается с величиной и направлением сил упругости и силы резания [5].

Целью настоящей работы являлось создание установки, позволяющей измерять величину и направление силы упругости системы "деталь-опоры" токарного станка в процессе резания.