

ЖЕСТКОСТЬ И ВИБРОУСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ СПИД

УДК 621.91.01

В.Д.Смолин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ

В основе метода расчета оптимальных режимов резания по заданной точности лежит выделение из суммарной погрешности обработки той ее части, которая зависит только от упругих перемещений ($\Delta_{\text{дин}}$) в системе СПИД [1],[2]. Экспериментально величину $\Delta_{\text{дин}}$ можно получить при точении с последующим выхаживанием^{*} обработанной поверхности.

Суммарная погрешность обработки в некотором сечении

$$\Delta_{\Sigma} = D - D_{0 \text{ min}},$$

где D - диаметр обработанной поверхности в определенном сечении по длине проточки до выхаживания;
 $D_{0 \text{ min}}$ - наименьший диаметр выхаживаемой поверхности.

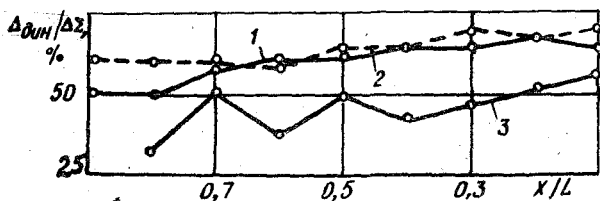
Динамическая составляющая суммарной погрешности $\Delta_{\text{дин}} = D - D_0$, где D_0 - диаметр выхаживаемой поверхности в том же сечении, в котором измерялся диаметр D .

При постановке эксперимента диаметр заготовки выбирался достаточно большим для того, чтобы прогиб детали не участвовал в образовании погрешности и $\Delta_{\text{дин}}$ образовывалась только за счет станка (ИК62).

^{*} Под выхаживанием при токарной обработке понимается несколько проходов резца без поперечной подачи.

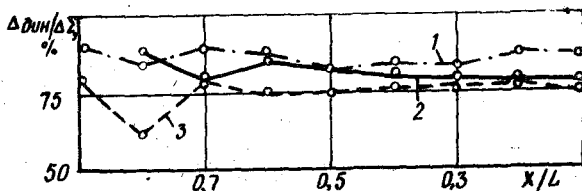
Величина $\Delta_{\text{дин}}$ будет соответствовать нижней границе диапазона изменения отношения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$. Если включить в рассмотрение и деформацию детали, то доля $\Delta_{\text{дин}}$ в Δ_{Σ} возрастает.

Изменение значения $\Delta_{\text{дин}}$ по длине обработки сравнительно небольшое (рис. 1, 2). Так, для $S = 0,26$ мм/об, $t = 1,0$ мм в



Р и с. 1. Изменение доли $\Delta_{\text{дин}}$ в Δ_{Σ} по длине проточки при обработке в патроне: обрабатываемый материал IX18H9T, $S = 0,26$ мм/об, $v_{\text{ср}} = 1$ м/с. 1 - $t = 1,0$ мм; 2 - $t = 1,5$ мм; 3 - $t = 0,5$ мм

диапазоне $x:L^*$ от 0,1 до 0,9 соотношение $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ меняется в пределах 50... 68%, для $S = 0,52$ мм/об и $t = 1,0$ мм диапазон изменения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma} = 62,5...80\%$. Таким образом, имеет смысл оперировать в расчете средней величиной $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ по длине проточки.



Р и с. 2. Изменение доли $\Delta_{\text{дин}}$ в Δ_{Σ} по длине проточки при обработке в патроне: обрабатываемый материал IX18H9T, $S = 0,52$ мм/об, $v_{\text{ср}} = 1$ м/с, 1 - $t = 1,5$ мм, 2 - $t = 0,5$ мм, 3 - $t = 1,0$ мм

* x - расстояние от торца обрабатываемой детали или от центра задней бабки до выбранного сечения

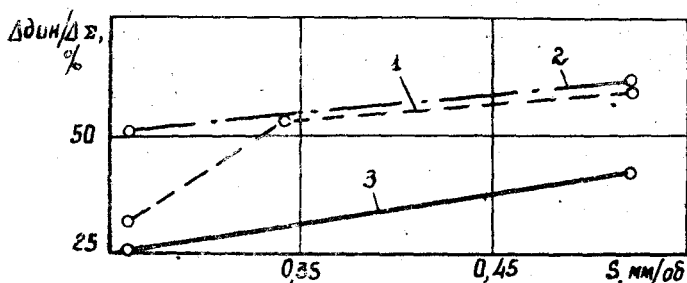
Для стали марки IX18N9T с ростом глубины и подачи доля $\Delta_{\text{дин}}$ в Δ_{Σ} несколько увеличивается. Диапазон изменения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ составляет 60...81%. Тенденцию к увеличению отношения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ можно объяснить, если рассмотреть изменение составляющих силы резания:

$$P_x = 295,5 \pm 1,07; \quad s \ 0,42 \quad v^{-0,4};$$

$$P_y = 775,9 \pm 0,83; \quad s \ 0,45 \quad v^{-0,3} \text{ с увеличением } t$$

и s

Анализ приведенных формул показывает, что P_y значительно больше составляющей P_x , причем с ростом t и s P_y растет быстрее P_x . С ростом же P_y растет поворачивающий момент в плоскости X0Y, а следовательно, растут и перемещения в радиальном направлении. Статическая составляющая суммарной погрешности $\Delta_{\text{ст}} \approx \approx \text{const } t$ [1], поэтому отношение $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ должно увеличиваться, что и подтверждается экспериментом.



Р и с. 3. Влияние подачи на среднюю величину $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ при точении в патроне: обрабатываемый материал ст. 45, $v_{\text{ср}} = 1,5$ м/с, 1 - $t = 1,0$ мм; 2 - $t = 1,5$ мм; 3 - $t = 0,5$ мм

При точении валика из стали 45 в патроне диапазон изменения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma} = 43...59,3\%$. Доля $\Delta_{\text{дин}}$ в Δ_{Σ} с увеличением глубины резания и подачи также увеличивается (рис. 3,4). Так, для $t = 1$ мм при росте подачи с 0,25 мм/об до 0,52 мм/об соотношение $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ возросло с 32,6% до 59,3%. В целом же, по сравнению с точением стали IX18N9T, границы диапазона $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ сместились в сторону уменьшения. Причина этого кроется в том, что для стали 45 характерно, что $P_x = 3130 \pm 1,0 \quad s \ 0,2 \quad v^{-0,4} > P_y \ 2430 \pm 0,9 \quad s \ 0,6 \quad v^{-0,3}$. С увеличением глубины резания P_x растет быстрее

P_y . С ростом же подачи, хотя темп роста P_y выше, всегда абсолютная величина $P_x > P_y$. При точении в патроне P_x уменьшает величину поворачивающего момента в плоскости XOY и тем больше, чем больше диаметр обточка. Рост перемещений в радиальном направлении сдерживается, что и приводит к уменьшению

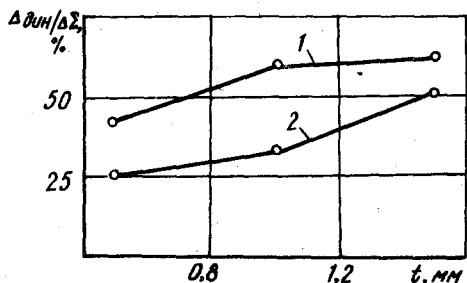
$$\Delta_{\text{гун}} : \Delta_{\Sigma}$$

При точении сплава марки ХН77ТЮР диапазон $\Delta_{\text{гун}} : \Delta_{\Sigma}$ составил 65,3%...86%.

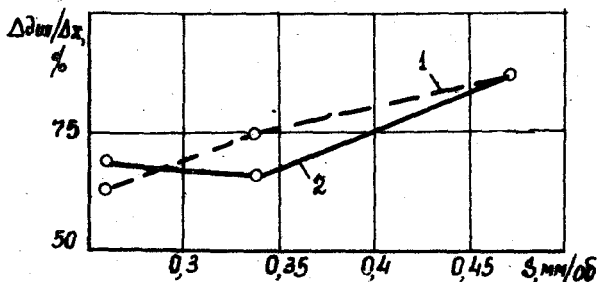
Рост подачи дает некоторое увеличение доли $\Delta_{\text{гун}}$ в Δ_{Σ} . Так, при $t = 1,0$ мм увеличение подачи с 0,26 мм/об до

0,47 мм/об дает увеличение $\Delta_{\text{гун}} : \Delta_{\Sigma}$ с 63,2% до

86% (рис. 5). Изменение глубины резания по данным эксперимента не оказывает явно выраженного влияния на $\Delta_{\text{гун}}$.



Р и с. 4. Влияние глубины резания на среднюю величину доли $\Delta_{\text{гун}}$ в Δ_{Σ} при точении в патроне: 1 - $s = 0,52$ мм/об, 2 - $s = 0,26$ мм/об



Р и с. 5. Влияние подачи на среднюю по длине проточки долю $\Delta_{\text{гун}}$ в Δ_{Σ} при точении в патроне: обрабатываемый материал ХН77ТЮР, $v_{\text{ср}} = 0,3$ м/с. 1 - $t = 1,0$ мм; 2 - $t = 0,5$ мм

Для сплава ХН77ТЮР характерно наличие больших по абсолютной величине составляющих силы резания ($P_x = 590 \pm 0,83$ § 0,25; $P_y = 1370 \pm 0,77$ § 0,5, при $v = 0,08 \dots 1,66$ м/с.

Причем $P_y > P_x$ и P_y растет с увеличением S и t быстрее, поэтому доля $\Delta_{\text{дин}}$ в Δ_{Σ} значительна.

При точении титанового сплава BT-9 диапазон изменения среднего значения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ составил 50...68,5%, т.е. наблюдается значительное смещение границ диапазона в сторону уменьшения по сравнению с точением сплава ХН77ТДР. Из анализа составляющих:

$$\begin{aligned} P_y &= 600 t^{0,74}, \quad S^{0,37} \quad v^{-0,04} \\ P_x &= 260 t^{0,7} \quad S^{0,1^*} \quad v^{-0,04} \end{aligned}$$

для BT-9 следует, что абсолютная величина сил P_x и P_y небольшая; так, даже при $t = 1,5$ мм и $S = 0,51$ мм/об $P_y = 535$ Н и $P_x = \approx 270$ Н. Небольшие силы вызывают небольшие упругие перемещения. Однако по сравнению с обработкой стали 45 интервал $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ для BT-9 находится выше. Причина этого в том, что $P_y > P_x$ и P_y растет быстрее с увеличением t и S , чем P_x .

Таким образом, при обработке четырех различных материалов в патроне интервал изменения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ составил в среднем 50-80%. Имеется тенденция к росту $\Delta_{\text{дин}}$ при интенсификации режима обработки.

Обработка экспериментальных данных для случая точения в центрах показала, что диапазон изменения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ практически такой же, как и для случая точения в патроне. Так, для стали 45 интервал изменения $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ от 43 до 59,3%, для стали Х18Н9Т 32,4...51,6%, для сплава ХН77ТДР 58.4...66,7%, для сплава BT9 49...59,7%.

Следует отметить небольшое уменьшение средней величины диапазона $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$ при точении в центрах, так как с введением дополнительной опоры суммарная жесткость системы СПИД* увеличивается.

Таким образом, при наружном точении цилиндрической поверхности на токарном станке общего назначения для предварительного расчета оптимального режима по заданной точности величину $\Delta_{\text{дин}}$ можно принять равной половине допуска на обработку. Для уточненного расчета следует в конкретных технологических условиях проточить одну-две детали с последующим выхаживанием и определить долю $\Delta_{\text{дин}} : \Delta_{\Sigma}$.

* СПИД - станок, приспособление, инструмент, деталь.

Л и т е р а т у р а

1. Т р о ш е н с к и й С.П. Расчеты точности обработки на металлорежущих станках. - М.: Машиностроение, 1964, 203 с.
2. С м о л и н В.Д. Формулировка задачи оптимизации режима резания для наружной токарной обработки. - В сб.: Исследование обрабатываемости жаропрочных и титановых сплавов. Вып. 3.-Куйбышев: КуАИ, 1976.

УДК 621.951.02

Г.Т.Авдонин, Е.В.Бурмистров,
И.Г.Жарков, Е.М.Маркушин

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИЛЫ РЕЗАНИЯ (ОТСТАВАНИЯ ОТ ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СРЕЗА) НА ИНТЕНСИВНОСТЬ АВТОКОЛЕБАНИЙ

Исследователи установили [1]- [6], что важнейшей причиной возбуждения и развития автоколебаний в технологических системах СПИД является отставание изменения силы резания от изменения толщины среза.

Впервые влияние этого фактора на интенсивность автоколебаний было установлено расчетным путем в работах [4], [6]. Расчеты выполнялись на основе разработанной авторами математической модели автоколебательного процесса с использованием дифференциально-разностных уравнений с запаздывающим аргументом. При этом величина отставания τ принималась произвольно как некоторая доля от периода колебаний. Учесть ее реальные значения, фактически имеющие место при резании, не представлялось возможным из-за отсутствия экспериментальных данных.

Для того, чтобы восполнить имеющийся пробел и получить экспериментальные данные о величине τ и ее зависимости от элементов режима резания, нами была разработана малоинерционная динамометрическая и виброизмерительная аппаратура [7] на базе использования бесконтактных вихретоковых преобразователей перемещений. Опыты, проведенные при обработке точением различных материалов: жаропрочной стали ЭП4Ю (X15H5BD), стали 45 в незакаленном и закаленном