

У резцов с оптимальной толщиной клеевого слоя 0,06 мм коэффициент  $\sum W$  оказался минимальным, а износостойкость — максимальной.

Таким образом, по результатам исследований клеесборных инструментов методом акустической диагностики можно сделать вывод, что износостойкость клеесборных режущих инструментов при резании металлов обратно пропорциональна величине суммарного коэффициента динамического возмущения  $\sum W$  и может быть существенно повышена путем выбора толщины клеевого шва.

## Л и т е р а т у р а

1. Г р е ш н и к о в В.А., Д р о б о т Ю.Б. Акустическая эмиссия. — М.:Изд.Стандарты, 1976.
2. Б а р з о в А.А., К у л а г и н А.Ю., Т у т н о в И.А., Ш а ш у р и н В.Д., С у в о р о в а Т.Г. Определение оптимальной скорости обработки пластичных материалов методом акустической эмиссии. — Экспресс-информация "Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент". — М., 1979, № 6.

УДК 621.91.531

И.Г.Жарков, В.Б.Мездрогин, С.М.Колосков

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ДОМИНИРУЮЩЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СБОРНОГО РЕЗЦА

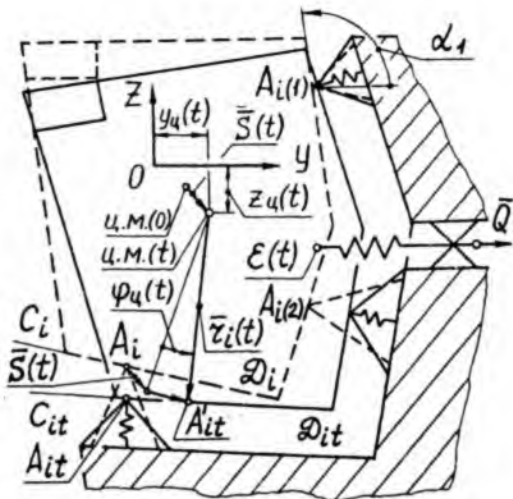
Доминирующая механическая система сборного резца включает в себя режущий блок, детали механизма его крепления, опорные площадки, расположенные на стенках гнезда корпуса. Виброустойчивость этой системы существенно зависит от величины и соотношения упругих и диссипативных свойств ее составных частей. Рассеивание энергии колебаний режущего блока происходит за счет сил трения на контактных площадках. На силы трения влияют пространственное расположение опорных площадок относительно режущего блока, величина и направление силы закрепления, а при резании — составляющие силы резания. Рассмотрим методику определения диссипативных свойств доминирующей механической системы сборного резца, которая учитывает указанные выше факторы.

Изменение величины усилия закрепления происходит настолько медленно, что учитывать динамические силы в этом процессе не обязательно. С достаточной степенью точности можно найти положение блока после закрепления, если рассматривать только его медленные кинематические движения.

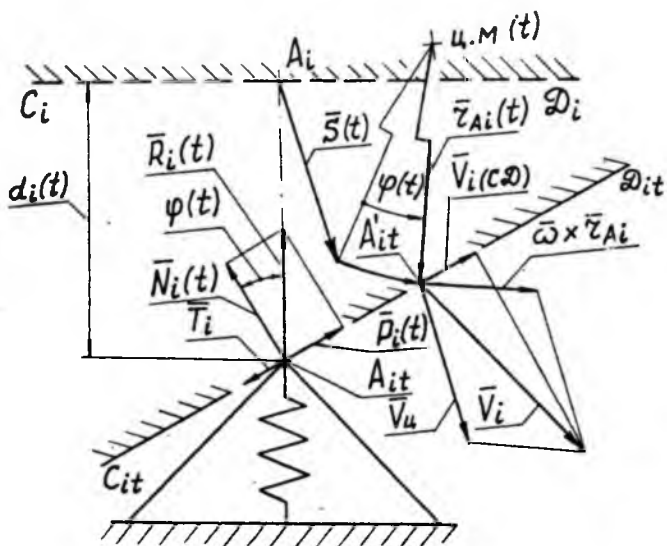
При выборе расчетной схемы прежде всего необходимо определить "главные" и "неглавные" степени свободы режущего блока. Главными возможными движениями блока можно назвать те, которые существенно влияют на относительные движения главной режущей кромки, а следовательно, и на изменение толщины среза. К ним следует отнести крутильные колебания блока в главной секущей плоскости и перемещения по нормали к главной режущей кромке. Движения блока в плоскости резания весьма мало влияют на изменение толщины среза. Можно пренебречь также поворотами блока вокруг оси, перпендикулярной основной плоскости, если возникновение этих движений, исходя из действия возможных сил резания и особенностей конструкции, маловероятно. В этом случае расчетная схема по исследованию статических и динамических состояний режущего блока может учитывать только движения блока в главной секущей плоскости.

Точное нахождение кинематических связей в задачах о равновесии тел с трением иногда затруднительно. Поэтому необходимо делать целый ряд полезных допущений, которые упрощают постановку и решение задачи, но не искажают ее физической сущности. Можно пренебречь собственными деформациями режущего блока и головки корпуса резца. Теоретический учет их весьма сложен. При этих допущениях аналитическое нахождение кинематических связей вполне реально.

На рис. I представлена расчетная схема сборного токарного резца, для которого с помощью излагаемой методики были найдены конструктивные параметры, обеспечивающие ему наилучшие диссипативные свойства. В расчетной схеме режущий блок, взаимодействующий с упругими опорами и тягой, рассматривается в главной секущей плоскости. К тяге прикладывается усилие закрепления  $Q$ . На схеме показано исходное (штриховые линии) и текущее положение блока соответственно при  $Q = 0$  и  $Q \neq 0$ . При возможных перемещениях блока его положение в неподвижной относительно корпуса системе координат  $YOZ$ , определяется координатами центра массы  $y_4(t), z_4(t)$  и углом  $\varphi(t)$  поворота блока вокруг центра массы. На блок действуют реакции  $R_i(t)$  (рис. 2), пропорциональные поджатиям  $d_i(t)$  приведенных упругих элементов -  $i$ -х опор ( $i = 1, 2, 3$ ), а также силы  $T_i$  сопротивления смещениям. Линии действия реакции  $R_i(t)$  совпадают с нормалью к площадке контакта блока в исходном положении до начала закрепления блока. По отношению к новому положению этой площадки реакция  $R_i(t)$  наклонена под углом  $\varphi(t)$ . Реакция  $R_i(t)$  разложена на нормальную и касательную составляющие:  $N_i(t) = R_i(t) \cos \varphi(t)$ ,  $P_i(t) = R_i(t) \sin \varphi(t)$ . Определение сил  $T_i$  проведено с учетом предварительных смещений, т.е. на каждом шаге  $\Delta t$  (приращение времени  $t$ ) решения задачи о



Р и с. 1. Расчетная схема сборного токарного резца



Р и с. 2. Схема действующих сил

закреплении блока проверяется условие  $\delta_i(t) < \delta_{i0}$ , в котором  $\delta_i(t) = A_{it} A'_{it}$  - смещение блока относительно  $i$ -й опоры,  $\delta_{i0}$  - предельное предварительное смещение. Если это условие выполняется, то сила сопротивления смещению  $T_i$  определяется по формуле  $T_i = n_i \delta_i N_i(t)$ , где  $n_i$  - эмпирический коэффициент, учитывающий физико-механические свойства контактируемых тел. Если  $\delta_i(t) > \delta_{i0}$ , то на данной опоре имеет место скольжение и сила сопротивления смещению равна силе трения скольжения  $F_i$ , определяемой по закону Кулона  $T_i = F_i = f_i N_i(t)$ . Здесь  $f_i$  - коэффициент трения скольжения. Направление силы  $T_i$  противоположно направлению проекции скорости точки контакта блока с опорой за время  $\Delta t$  на прямую  $C_{it} D_{it}$ . Эта проекция вектора скорости  $\bar{V}_i$  определяется по формуле  $\bar{V}_i = \dot{y}_y(t) \cos[\alpha_i + \varphi(t)] + \dot{z}_y(t) \sin[\alpha_i + \varphi(t)] + z_{Ai}(t) \dot{\varphi}(t) \sin[\alpha_i + \varphi(t) + \varphi_i(t)]$ . Здесь  $\dot{y}_y(t)$ ,  $\dot{z}_y(t)$  - скорости центра масс;  $\varphi(t)$  - угловая скорость;  $z_{Ai}$  - модуль радиус-вектора  $\bar{z}_{Ai}$ ;  $\varphi_i$  - угол между осью  $OY$  и вектором  $\bar{z}_{Ai}$ ;  $\alpha_i$  - угол наклона плоскости контакта блока с  $i$ -й опорой. При определении знака скорости  $\bar{V}_i$ , ввиду малости величины  $\Delta t$ , переменные  $\dot{y}_y(t)$ ,  $\dot{z}_y(t)$  и  $\dot{\varphi}(t)$  могут определяться по формулам:

$$\dot{y}_y(t) \approx \frac{y_y(t + \Delta t) - y_y(t)}{\Delta t};$$

$$\dot{z}_y(t) \approx \frac{z_y(t + \Delta t) - z_y(t)}{\Delta t};$$

$$\dot{\varphi}(t) \approx \frac{\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)}{\Delta t}.$$

Кроме указанных уравнений, составляются уравнения кинематических и геометрических связей для переменных:  $Q$ ;  $d_i(t)$ ;  $\delta_i(t)$ ;  $z_{Ai}$ ;  $\varphi_i$ ;  $\alpha(t)$  - угол наклона тяги;  $y[e(t)]$ ,  $z[e(t)]$  - координаты точки контакта блока с тягой;  $k_i(t)$  - угловой коэффициент  $i$ -й опорной плоскости блока;  $y_i(t)$ ,  $z_i(t)$  - координаты точки блока, которая в момент времени вращения ( $t - \Delta t$ ) была в контакте с  $i$ -й опорой;  $y[A_i(t)]$ ,  $z[A_i(t)]$  - текущие координаты точки контакта блока с  $i$ -й опорой. Все перечисленные переменные являются функциями трех обобщенных координат  $y_y(t)$ ,  $z_y(t)$  и  $\varphi(t)$ , поэтому для того, чтобы общая система уравнений была определенной, составлены три уравнения равновесия режущего блока под действием плоской системы сил. Начальными условиями при решении системы, состоящей из уравнений кинематических и геометрических связей и 3-х уравнений равновесия режущего блока, являются координаты центра массы и угол поворота блока перед его закреплением. Исходные данные состояются из величин геометрических размеров блока, приведенных жесткостей опор

и тяги, координат опорных площадок гнезда корпуса и точки приложения тяги, углов наклона тяги и контактных плоскостей блока, силы закрепления и других параметров. Возможно варьирование величин этих параметров.

После получения расчетных данных о процессе закрепления рассматривается задача об определении свободных колебаний режущего блока с целью оценки диссипативных свойств различных конструктивных вариантов сборных резцов. Хорошо известно [1], чем больше в упругой системе силы сопротивления, тем быстрее гасятся свободные колебания, тем меньше амплитуды автоколебаний и вынужденных колебаний. Поэтому оценка диссипативных свойств доминирующей механической системы сборного резца может быть выполнена по декременту свободных колебаний режущего блока.

Свободные колебания режущего блока описываются системой дифференциальных уравнений, имеющих следующий вид:

$$\begin{cases} m\ddot{y}_y + \sum_{i=1}^3 \gamma_i k_i \dot{y}_i + k_E \dot{y}_E + \sum_{i=1}^3 R_{iy} - Q_y - P_N = 0, \\ m\ddot{z}_z + \sum_{i=1}^3 \gamma_i k_i \dot{z}_i + k_E \dot{z}_E + \sum_{i=1}^3 R_{iz} - Q_z - P_Z = 0, \\ J\ddot{\varphi}_\varphi + \sum_{i=1}^3 \gamma_i k_i \dot{\varphi}_i + \sum_{i=1}^3 M_{Ri} - M_Q - M_{PN} - M_{PZ} + k_E \dot{\varphi}_E = 0, \end{cases}$$

где  $m$  и  $J$  - масса и момент инерции блока;  $\gamma_i$  - следящий коэффициент (когда блок движется на  $i$ -ю опору, то  $\gamma_i = 1$ ; при движении блока от опоры  $\gamma_i = 0$ );  $k_i$ ,  $k_E$  - приведенные коэффициенты сопротивления  $i$ -й опоры и тяги;  $\dot{y}_i$ ,  $\dot{z}_i$  - проекции скоростей контактных площадок блока относительно  $i$ -й опоры;  $\dot{y}_E$ ,  $\dot{z}_E$  - проекции скорости точки контакта блока с тягой;  $\dot{\varphi}_E$  - скорость вращательного движения блока в точке его контакта с тягой;  $\dot{\varphi}_i$  - скорость вращательного движения блока на  $i$ -й опоре;  $R_{iy}$ ,  $R_{iz}$  - проекции реакций опор;  $P_N$ ,  $P_Z$  - составляющие силы резания;  $M_{Ri}$ ,  $M_Q$ ,  $M_{PN}$ ,  $M_{PZ}$  - крутящие моменты от действия соответственно реакций опор, усилия закрепления и составляющих силы резания.

Составленные дифференциальные уравнения и уравнения кинематических и геометрических связей образуют систему, численное решение которой может быть получено с помощью ЭВМ. Исходными данными для ее расчета являются результаты расчетов процесса закрепления режущего блока. Свободные колебания вызываются мгновенным импульсным нагружением закрепленного блока силой резания. Основные результаты расчетов могут быть представлены в виде графиков и таблиц изменяющихся координат расположения блока и действующих на него сил. На основе анализа результатов проведенных расчетов установлено, что конструктивные пара-

метры режущего блока существенно влияют на амплитуды, частоты колебаний. Колебания блока нелинейны. Возникновение их объясняется как односторонней связью блока с опорами, так и тем, что в зависимости от величины смещения на опорах реализуется нелинейное сопротивление колебаниям. Декременты и частоты колебаний блока могут изменяться более чем в 3 раза. Для каждого конструктивного варианта сборного резца существует такое усилие закрепления  $Q$ , при котором его доминирующая механическая система имеет наибольший декремент колебаний. Используя полученные результаты, разработана типовая конструкция сборного токарного резца для крупных станков. Производственные испытания показали, что они обладают более высокой виброустойчивостью чем цельные резцы [2].

Предложенная методика определения диссипативных свойств доминирующей механической системы сборного резца рекомендуется для использования на стадии проектирования инструмента.

#### Л и т е р а т у р а

1. Вибрации в технике. Справочник в 6-и т./Под ред. Фролова К.В. - М.: Машиностроение, 1981, т.6.
2. Мездрогин Б.Б., Колосков С.М., Дружинина А.И. Прогрессивные конструкции резцов с режущими блоками для токарных и карусельных станков. - Л.: ЛДНТП, 1983.