

А. Ф. Мкртчян, старший преподаватель
Ижевский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДОВ ИЗНАШИВАНИЯ ЛЕЗВИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЯЗКОУПРУГИХ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены вопросы износа и затупления режущего лезвия при обработке вязкоупругих неметаллических материалов.

При обработке вязкоупругих материалов можно наблюдать ряд специфических особенностей:

- ярко выраженная анизотропия свойств материалов;
- абразивные свойства наполнителя, приводящие к быстрому затуплению инструмента;
- низкая теплопроводность материалов существенно влияет на соотношение составляющих общего теплового баланса;
- высокие упругие свойства резин, приводящие к увеличенным площадкам контакта и, как следствие, к повышенным значениям сил резания на задней поверхности;
- малоизучен процесс стружкообразования.

Рассмотрим основные виды взаимодействия лезвия с материалом заготовки и процесс изнашивания лезвия. Профиль лезвия в поперечном сечении (рис. 1) в общем случае имеет две фаски (А и В) и режущую кромку. Изменение профиля в процессе работы лезвия обусловлено характером и скоростью износа каждой из его фасок и режущей кромки.

Процесс изнашивания лезвия от разрушающего действия обрабатываемого материала по своему характеру весьма напоминает гидроабразивное изнашивание. В мягких (упруговязких) материалах, обрабатываемых резанием, содержатся твердые включения, представляющие собой по существу абразивные зерна. Чем больше таких частиц в материале, тем их больше проходит по поверхностям лезвия в единицу времени. Указанные частицы в результате сопротивления материала сжатию прижимаются к поверхностям лезвия, вызывая тем большее их изнашивание, чем больше сила P этого сжатия или, точнее, чем выше удельное давление P_y .

Линейный износ Δz по толщине поверхностей лезвия на основании экспериментальных данных аналитически может быть выражен пропорциональной зависимостью от удельного давления P_y :

$$\Delta z = \xi_0 P_y s, \quad (1)$$

где ξ_0 – коэффициент изнашивания, зависящий от коэффициента ξ износного действия обрабатываемого материала, износостойкости T_n материала лезвия и условий изнашивания; s — путь трения по поверхности лезвия.

Представление о характере распределения и величине нормальных сил, действующих на лезвие, дает эпюра нормальных давлений (рис. 1). Здесь лезвие внедряется в материал в направлении силы резания ($P_{рез}$), образующей в наиболее общем случае некоторый угол $\psi = \gamma + \frac{\beta}{2}$ относительно биссектрисы угла заточки. Со стороны материала поверхности лезвия встречают элементарные реакции ΔP_n . Не-

трудно видеть, что направление этих реакций относительно поверхности кромки меняется в зависимости от места их приложения. Соответственно угол α_b встречи частиц материала,двигающихся навстречу лезвию, изменяет свое значение от $\alpha_b \approx 90^\circ$ в точке 0 до $\alpha_b \approx 0$ в точке а. По другую сторону от точки 0 рассматриваемый угол меняет свое значение от $\alpha_b = 90^\circ$ в точке 0 до $\alpha_b = \gamma + \beta$ в точках, лежащих на фаске лезвия.

Каждая элементарная реакция ΔP_n может быть представлена в виде составляющих ее сил: нормальной ΔP и касательной ΔP_k .

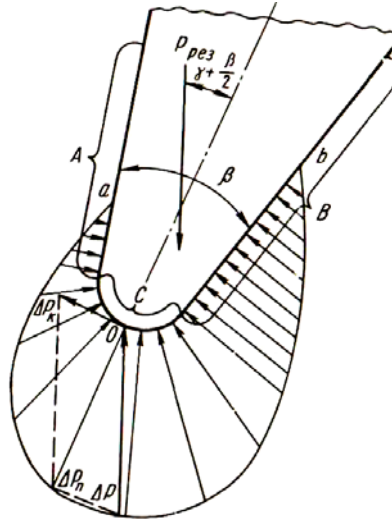


Рис. 1. Схема силового взаимодействия поверхности лезвия с материалом

Закон изменения сил ΔP_n и ΔP_k в зависимости от α_b будет иметь вид

$$\Delta P_n = \Delta P \sin \alpha_b;$$

$$\Delta P_k = \Delta P \cos \alpha_b.$$

Таким образом, с уменьшением угла атаки α_b нормальная сила убывает от ее максимального значения при $\alpha_b = 90^\circ$ до минимального $\Delta P_n = 0$ при $\alpha_b = 0$. Касательная сила имеет обратный закон изменения.

На рис. 1 представлен ряд элементарных нормальных сил в виде векторов, концы которых очерчены кривой, идентичной изохромам, получаемым при исследовании распространения напряжений поляризационно-оптическим методом. Кривая дает представление об эпюре нормальных сил, действующих на кромку лезвия.

На интенсивность изнашивания поверхности лезвия существенно влияет угол α_b . В большинстве случаев с увеличением этого угла примерно от 0 до 45° интенсивность изнашивания растет, а затем при изменении угла от 45 до 90° – падает. С точки зрения соотношения сил, воздействующих на изнашиваемый объект, эта закономерность должна истолковываться следующим образом: изнашивание тем интенсивнее, чем ближе по своей величине нормальная сила ΔP_n к касательной ΔP_k . Нормальные силы ΔP_n , как видно из рис. 1, убывают по мере удаления от точки 0, и в крайних точках а и б эпюры на фасках лезвия они становятся близкими

нулю. Хотя касательные силы соответственно увеличиваются, но вызвать износ поверхности они могут лишь в той мере, в какой возбудится трение, связанное с величиной нормального давления и касательного перемещения.

Изложенное объясняет характер изнашивания лезвия, при котором его профиль приобретает очертание концентрических или эквидистантных кривых. Форма указанных кривых определяется соотношением скоростей ω'_A , ω'_B и ω'_C износа лезвия, т. е. первых производных функций линейного износа основных поверхностей и согласно выражению (1) зависящих от величин P_y и s .

При условии нормального резания, но при наличии некоторого угла γ установки лезвие изнашивается несимметрично относительно биссектрисы угла заточки. При этом поверхность C кромки изнашивается интенсивнее, чем фаска B , и тем более, чем фаска A . Условие изнашивания может быть выражено неравенством

$$\omega'_C > \omega'_B > \omega'_A. \quad (2)$$

Форма поверхностей износа такого лезвия изображена на рис. 2 (поз. 1). В случае скользящего резания при тех же условиях изнашивание кромки C лезвия интенсифицируется вследствие ее пилиющего воздействия на материал, что сказывается на изменении формы поверхностей износа (рис. 2, поз. 2). Условие износа может быть выражено тем же неравенством (2), однако в этом случае скорость износа ω'_C — относительно скоростей ω'_B и ω'_A будет выше.

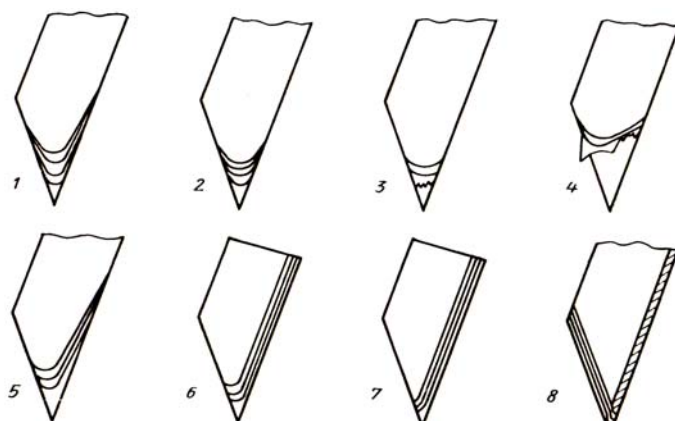


Рис. 2. Виды износа лезвий

Специфический износ лезвия (рис. 2, поз. 3–8) обуславливается не только особенностью его нагружения, характеризуемого высокой относительной концентрацией усилий на кромке лезвия, но и значительным непостоянством составляющих этих усилий, вызывающих разрушение кромки [1]. Затупление лезвия происходит не только вследствие его изнашивания, характеризуемого разрушением поверхностного слоя лезвия от внешних силовых воздействий при трении, но и вследствие неизбежного отламывания тонкой вершины лезвия в результате воздействия на нее изгибающих сил. Последние возникают из-за неоднородности обрабатываемого материала или, что более существенно, из-за отклонения реакции усилий $P_{рез}$ резания от биссектрисы угла заточки.

При прямой пропорциональности мгновенной скорости изнашивания удельному давлению на кромке мгновенная скорость затупления может быть определена как

$$\frac{d\delta}{dt} = 2 \frac{mP_{\text{рез}}}{k_{\text{и}}\delta} \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{1 - \sin \frac{\beta}{2}},$$

где m – коэффициент изнашивающей способности среды; $k_{\text{и}}$ – коэффициент относительной износостойкости материала лезвия; t – время или выработка лезвия.

Известно наличие степенной зависимости усилия резания от величины затупления

$$P_{\text{рез}} = k \delta^{0,5},$$

где k – коэффициент пропорциональности.

При подстановке последнего значения в уравнение мгновенной скорости изнашивания получаем ее дифференциальное уравнение

$$\delta^{0,5} d\delta = \frac{2ak}{k_{\text{и}}} \frac{\sin \frac{\beta}{2}}{1 - \sin \frac{\beta}{2}} dt,$$

которое имеет решение

$$t = \frac{k_{\text{и}}}{3ak} \frac{1 - \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}} \delta^{1,5} + A,$$

где A – постоянная интегрирования, которая может быть найдена из начального условия

$$\delta = \frac{3P_{\text{к}}}{\sigma} \frac{1 + \sin \frac{\beta}{2}}{\sin \frac{\beta}{2}} \text{ при } t = 0.$$

Из последнего выражения можно найти оптимальное значение угла заточки β , т. е. такое его значение, которое отвечает максимальной выработке t лезвия до некоторой заданной величины допустимого затупления. Приравняв нулю первую производную t по параметру β , получаем оптимальное значение этого параметра

$$\beta_{\text{опт}} = 2 \arcsin \left(5,7 \frac{P_{\text{к}}}{\sigma_{\text{и}} \delta_{\text{доп}}} \right), \quad (3)$$

где $P_{\text{к}}$ — сила, изгибающая лезвие (определяется экспериментально).

Из уравнения (3) следует, что угол β заточки должен быть тем больше, чем больше сила $P_{\text{к}}$, чем ниже сопротивление изгибу $\sigma_{\text{и}}$ материала лезвия и чем меньше допустимая величина затупления лезвия $\delta_{\text{доп}}$.

Таким образом, оптимальное значение угла заточки β по показателям стойкости на изнашивание совпадает с его оптимальным значением по требованию прочности.

При обеспечении оптимального угла заточки срок службы лезвия составит

$$t_{\text{опт}} = 0,366 \frac{k_m \sigma_u}{a k P_K} \delta_{\text{доп}}^{2,5}.$$

Из этого следует, что долговечность лезвия при обеспечении оптимальных параметров прямо пропорциональна коэффициенту относительной износостойкости и пределу прочности на изгиб материала лезвия.

Список литературы

1. Ковтун, В. Н. Токарная обработка резиновых изделий / В. Н. Ковтун, И. А. Налев. – М. : Химия, 1986. – 40 с.

УДК 658.262

С. В. Муртазин, ведущий инженер ВКС;
В. А. Тенев, доктор физико-математических наук, профессор
Ижевский государственный технический университет

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Рассмотрена возможность применения нейронных сетей для прогнозирования потребления электроэнергии. Вариант прогноза по каждому часу является наиболее точным.

В процессе реформирования РАО ЕЭС в России сформировался рынок электроэнергии. Для операторов рынка электроэнергии важной является возможность прогнозирования потребления на достаточно продолжительные периоды времени. Потребление электроэнергии зависит от метеоусловий, объемов промышленного производства и ряда других факторов. Одним из способов прогноза на заданный промежуток времени является схема продолжения (временных рядов).

В общем случае формализованное описание динамического процесса можно описать с помощью функций, состоящих из нескольких слагаемых:

$$f(t) = f_T(t) + f_n(t) + f_r(t) + \varepsilon(t),$$

где $f_T(t)$ – медленная нерегулярная составляющая (тренд); $f_n(t)$ – периодическая составляющая (например, сезонные изменения); $f_r(t)$ – быстрые нерегулярные малые вариации; $\varepsilon(t)$ – случайная составляющая.

Информативными компонентами временного ряда являются тренд и периодика. Тренд можно выделить с использованием уравнения линейной или нелинейной регрессии, но остальные информативные компоненты при этом будут потеряны. Продолжение временного ряда или прогнозирование последующих значений, проводимое по тренду, является задачей экстраполяции с большой ошибкой. Для сведения некорректной задачи экстраполяции к задаче интерполяции одномерный ряд или последовательность $f_i, i = \overline{0, N}$ преобразуется в матрицу, состоящую из столбцов $\mathbf{Q}_j, j = \overline{0, p}$, с помощью сдвига по времени или лага длиной k .