

воспринимается в этом случае упорным подшипником 6. Державка 10 имеет хвостовик в виде ласточкиного хвоста для закрепления в резовой головке. Если применяются универсальные токарные станки, хвостовик может быть стержневым под стандартный резцедержатель.

Цилиндрическими винтовыми резцами можно также обрабатывать узкие плоские поверхности строганием или протягиванием (рис. 3, а). Например, можно с большой эффективностью строгать кромки листов и полос при $B \leq 20$ мм. Ось реза в этом случае также наклоняется на угол ϵ к вектору скорости главного движения. Наибольшая эффективность достигается при установке винтовых резцов в головках непосредственно на прокатном стане и при протягивании кромки полосы или листа в процессе прокатки.

Винтовые резцы для строгания плоских поверхностей большой ширины (рис. 3, б) должны иметь заборную (режущую) и калибрующую части. Режущая часть может быть выполнена в виде конуса с углом φ_k или круговой бочки с радиусом образующей R_g (рис. 3, в). Режущая часть имеет несколько рабочих витков, между которыми распределяется срезаемый припуск. Калибрующая часть, предназначенная для уменьшения шероховатости обработанной поверхности, выполняется цилиндрической и располагается так, что ее образующая совпадает с обработанной плоскостью. Число витков калибрующей части $n_k = 2 \dots 3$.

Винтовые ротационные резцы с заборной частью можно применять и для торцового фрезерования поверхностей. В этом случае 6–12 резцов располагают на торце фрезы под углом ϵ к вектору скорости главного движения. Форма и конструктивно-геометрические параметры резцов аналогичны строгальным (рис. 3, в).

Режимы обработки винтовыми ротационными резцами, как и при традиционной резании, зависят от многих параметров: свойств обрабатываемого материала, материала режущей части и пр. При равном периоде стойкости с обычным призматическим резцом винтовой ротационный резец позволяет за счет увеличения скорости резания и подачи повысить производительность обработки в 2–3 и больше раза.

УДК 539.3 + 621. 9

А.Е. КРУШЕВСКИЙ, канд. техн. наук (БПИ)

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕРНА ШЛИФОВАЛЬНИКА В ОБЛАСТИ СОЕДИНЕНИЯ ЕГО СО СВЯЗКОЙ

Для надежной работы шлифовально-копировальных инструментов необходимо обеспечить прежде всего прочность соединения зерна со связующим материалом. Особенно важное значение это условие приобретает для процесса шлифования при обработке оптических стекол, где применяются шлифовальники с алмазными связанными зернами. Наибольшую опасность представляет собой явление разрушения прочности соединения зерна со связующим материалом (связкой), т.е. выпадение зерен из шлифовальных инструментов.

Ниже рассматривается построение математической модели соединения зерна со связкой и определение на основе построенной модели напряжений в точках контакта со связкой инструмента. При построении математической модели соединения зерна со связкой предполагается, что зерно инструмента представляет собой абсолютно твердое тело, находящееся в упругом связующем материале. Пусть $F(x, y, z) = 0$ есть уравнение поверхности корня зерна. Тогда упругие перемещения в области контакта зерна и связующего материала определяются по формуле

$$\vec{u} = (F + 1) [\vec{u}_0 + \vec{\varphi}_x (\vec{r} - \vec{r}_0)],$$

где $\vec{u}_0 = iu_0 + jv_0 + kw_0$ – вектор поступательного перемещения зерна; $\vec{\varphi} = i\varphi_x + j\varphi_y + k\varphi_z$ – вектор поворота зерна; \vec{r} – радиус-вектор точки контакта зерна со связкой; \vec{r}_0 – радиус-вектор центра сопротивления (полюса) зерна.

Для точек, лежащих на поверхности корня зерна, получаем перемещение зерна как абсолютную твердого тела. Пусть в процессе резания к зерну приложена произвольная сила \vec{P} в точке с координатами x_p, y_p, z_p . Отметим точки приложения сил, под действием которых зерно получает лишь поступательные перемещения вдоль осей координат. Указанные точки назовем центрами сопротивления. Благодаря введению центров сопротивления значение поступательных перемещений u_0, v_0 и w_0 зерна вдоль осей координат и углов поворота φ_x, φ_y и φ_z вокруг осей координат определяются независимо друг от друга. Для этого записываем условия равенства нулю главного вектора и главного момента всех сил, действующих на зерно, в том числе и напряжений, возникающих на поверхности корня зерна.

$$\int_F \vec{n} T ds - \vec{P} = 0, \quad \int_F (\vec{r} - \vec{r}_0) (\vec{n} T) ds - \vec{m} = 0,$$

где \vec{n} – вектор нормали к поверхности $F = 0$, $\vec{n} = \text{grad } F$;

$$|\vec{n}| = n = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2};$$

\vec{P} – главный вектор внешних сил; \vec{m} – главный момент внешних сил; T – тензор напряжений на поверхности корня зерна; ds – элемент поверхности корня зерна.

В качестве примеров рассмотрим две формы корня зерна, одна из которых представляет эллиптический двуполостный гиперboloид, а вторая – пирамиду с сечением в виде ромба (рис. 1). Сравним результаты расчета для гладкой поверхности и для поверхности с изломами. Из условия равенства нулю главного вектора всех сил находим перемещения зерна и координаты центров сопротивления, а из условия равенства нулю главного момента всех сил – углы поворота. В частности, для модели в виде эллиптического гиперboloида получаем следующие формулы:

$$\sigma_n = \frac{\vec{n}}{n^2} (\vec{n} T); \quad \tau_{ns} = \frac{\vec{s}}{ns} (n T), \quad \tau_{nt} = \frac{(\vec{n} \times \vec{s})}{ns} (\vec{n} T);$$

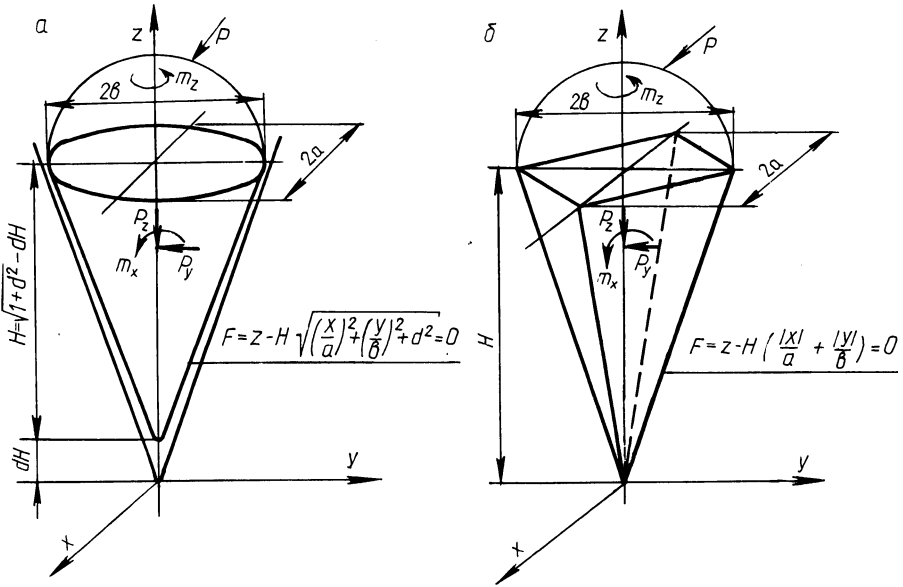


Рис. 1. Модели корня зерна:

а – в виде эллиптического двуполостного гиперболоида $z = H\sqrt{\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + d^2}$; б – пирамидальной формы с основанием в виде ромба $z = H\left(\frac{|x|}{a} + \frac{|y|}{b}\right)$

$$\vec{n} = i \frac{H^2 x}{a^2 z} + j \frac{H^2 y}{b^2 z} + k; \quad \vec{s} = ix + jy + k \left(z - \frac{H^2 d^2}{z} \right).$$

Аналогично находим параметры перемещений и напряжения для зерна пирамидальной формы:

$$2GH^2 u_0 \left(\frac{a}{b} + \frac{\gamma b}{a} + \frac{ab}{H^2} \right) = P_x; \quad z_b = \frac{2H \left[\frac{b}{a} + \frac{\gamma a}{b} + \frac{(\gamma+1)ab}{2H^2} \right]}{3 \left(\frac{b}{a} + \frac{\gamma a}{b} + \frac{ab}{H^2} \right)}$$

$$2GH^2 w_0 \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a} + \frac{\gamma ab}{H^2} \right) = P_z;$$

$$4GH^3 \varphi_x \left\{ H \left(1 + \frac{b^2}{H^2} \right) \left(\frac{a}{b} + \frac{b}{a} + \frac{\gamma ab}{H^2} \right) - 2z_b \left[\frac{2b}{a} + \frac{2\gamma a}{b} + \frac{(\gamma+1)ab}{H^2} \right] \right\} =$$

$$= 3[\gamma P_z - (z_p - z_b) P_y];$$

$$\gamma ab \varphi_z [a^2 + b^2 + \gamma H^2 \left(\frac{a^2}{b^2} + \frac{b^2}{a^2} \right) + H^2 (3-\gamma)] = 3(x_p P_y - \gamma P_x);$$

$$\sigma_n = \gamma G \left[H \left(\frac{u_0}{a} \operatorname{sign} x + \frac{v_0}{b} \operatorname{sign} y \right) + w_0 + \frac{H}{b} \varphi_x \left[\frac{by}{H} + \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
 & + (z - z_b) \operatorname{sign} y] + \frac{H}{a} \varphi_y \left\{ \frac{ax}{H} + (z - z_a) \operatorname{sign} x \right\} + \\
 & + H \varphi_z \left(\frac{y \operatorname{sign} x}{a} - \frac{x \operatorname{sign} y}{b} \right) \}; \\
 \tau_{ns} = & \frac{Gn}{s} \left\{ u_0 x + v_0 y + w_0 z + \varphi_x y z_b + \varphi_y x z_a + \frac{H^2 (b-a) \varphi_z}{abn^2} \times \right. \\
 & \left. \times \left[\left(\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} \right) \operatorname{sign} x \operatorname{sign} y - \frac{xy(a+b)}{ab} \right] \right\}; \\
 \tau_{nt} = & \frac{Gn}{s} \left\{ \left(y + \frac{Hz}{b} \operatorname{sign} y \right) [u_0 - \varphi_y (z - z_a)] + \left(x + \frac{Hz}{a} \operatorname{sign} x \right) \times \right. \\
 & \left. \times [v_0 - \varphi_x (z - z_b)] + H \left(\frac{x \operatorname{sign} y}{b} - \frac{y \operatorname{sign} x}{a} \right) (w_0 + \varphi_x y - \varphi_y x) + \frac{s^2 \varphi_z}{n} \right\}; \\
 n = & \sqrt{\frac{H^2}{a^2} + \frac{H^2}{b^2} + 1}; \quad s = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}.
 \end{aligned}$$

В вышеприведенных формулах σ_n — нормальные напряжения на поверхности корня зерна; τ_{ns} — касательные напряжения вдоль образующих указанной поверхности; τ_{nt} — касательные напряжения вдоль направляющей поверхности; $\gamma = \frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}$ — упругая постоянная; ν — коэффициент Пуассона; G — модуль сдвига.

Формулы для v_0 , φ_y и z_a получаются заменой a на b , b на a , P_x на P_y и m_x на m_y как для зерна в виде эллиптического гиперboloида, так и для зерна пирамидальной формы. Следует отметить, что при $d = 0$ получаем из

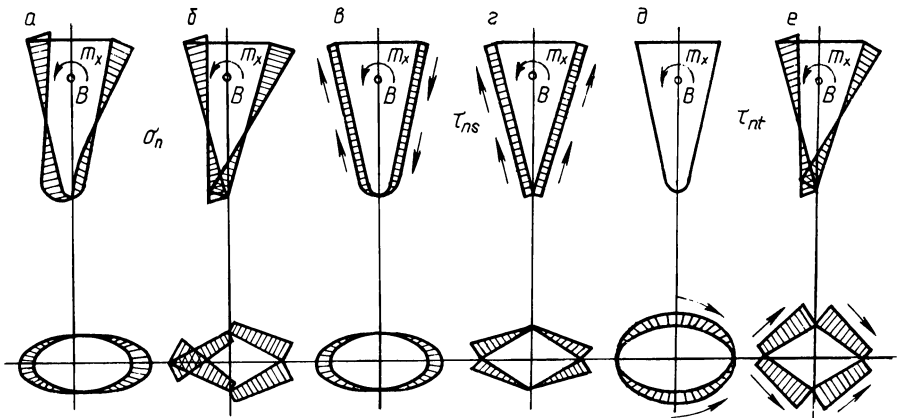


Рис. 2. Эпюры напряжений на поверхности корня зерна при действии изгибающего момента:

а — нормальные напряжения σ_n для зерна в виде эллиптического гиперboloида; б — нормальные напряжения σ_n для пирамидальной формы зерна; в — продольные касательные напряжения τ_{ns} для зерна в виде эллиптического гиперboloида; г — продольные касательные напряжения τ_{ns} для зерна пирамидальной формы; д — поперечные касательные напряжения τ_{nt} для зерна в виде эллиптического гиперboloида; е — поперечные касательные напряжения τ_{nt} для зерна пирамидальной формы

вышеприведенных формул формулы для зерна в виде эллиптического конуса, а для зерна в виде кругового конуса $a = b$.

Анализ полученных формул и эпюр напряжений, построенных при действии на зерно изгибающего момента (рис. 2) позволяет высказать некоторые соображения о прочности зерна. Наиболее существенным параметром, оказывающим влияние на прочность зерна шлифовальника, является глубина закрепления зерна H в связующем материале. Все напряжения обратно пропорциональны квадрату глубины. Поэтому при уменьшении глубины в два раза напряжения возрастают в четыре раза, при уменьшении в 10 раз — в 100 раз и т.д. Отметим, что зерна должны быть удлиненной формы со значительной глубиной закрепления в связке.

В поперечном сечении зерна не должны иметь полярную симметрию, т.е. не должны быть круглыми, квадратными и т.д. Это объясняется тем, что для зерен с полярной симметрией в сечении многие компоненты тензора напряжений обращаются в нуль, увеличивая тем самым значения других напряжений. При применении зерен эллиптической (овальной) формы или в виде ромба при действии одной и той же силы возникает объемное напряженное состояние, уровень которого значительно меньше уровня, возникающего при использовании зерен с полярной симметрией.

Сравнение зерен эллиптической формы и зерен с сечением в виде ромба показывает, что уровень напряжений последних несколько меньше. Однако при применении зерен с сечением в виде ромба возникают концентрации (перепады) напряжений в зонах, прилегающих к ребрам и вершине пирамиды. Концентрацию напряжений можно уменьшить, если закруглить пирамидальные зерна вдоль ребер и вершины.

Немаловажное значение имеет и ориентация зерен в шлифовальнике. Их следует ориентировать так, чтобы большая ось эллипса или большая диагональ ромба лежали в одной плоскости с силой резания. При этом опасные растягивающие напряжения на поверхности корня зерна уменьшаются.

УДК 621.91.01

В.А.ПЛОТНИКОВ,

М.Л.ЕРЕМЕНКО, канд. техн. наук (БПИ)

УГЛЫ ЗАТОЧКИ РОТАЦИОННОГО РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА

Эффективность использования ротационного режущего инструмента на операциях полустогового и чистового растачивания деталей во многом зависит от правильного выбора углов его заточки.

Влияние на величину заднего угла заточки углов установки резца и режимов резания исследовалось на токарно-винторезном станке модели 163 без применения СОЖ при обработке деталей из стали 60 (материал режущей чашки — твердый сплав Т15К6). Отношение диаметров растачиваемого отверстия и режущей чашки принималось равным 5...7. Инструмент устанавливался своей вершиной относительно обрабатываемой поверхности на уровне центров станка по прямой схеме резания второй геометрической схемы установки под