

УДК 621.787.4

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ РОЛИКА ПРИ ППД

Вирт А.Э., Отений Я.Н.

*Камышинский технологический институт (филиал) ВолгГТУ,
Камышин, e-mail: virt09@rambler.ru*

Процесс поверхностного пластического деформирования сопровождается значительными силами, действующими через деформирующий элемент на обрабатываемую поверхность. Эти силы вызывают качественные и структурные изменения в поверхностном слое. Учет влияния касательных сил на качество поверхности основывается на разработке расчетных методик с приемлемой для практических применений точностью и подтвержденных экспериментальными исследованиями. Таким образом, определение касательных напряжений при обработке ППД можно найти с помощью выявления связей перемещения материальных точек расположенных на поверхности деформирующего элемента. Трудность заключается в установлении величины и распределения закона изменения этого проскальзывания по площади контакта между поверхностями элемента и детали.

Ключевые слова: ППД, поверхностное пластическое деформирование, самоподача, ППД роликами

METHOD OF DETERMINING THE SLIP CLIP WHEN THE SPD

Virt A.E., Oteny Y.N.

*The Kamyshin Tecnological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University,
Kamyshin, e-mail: virt09@rambler.ru*

The process of surface plastic deformation is accompanied by significant forces acting through the deforming element on the surface. These forces cause the quality and structural changes in the surface layer. Accounting for the effects of tangential forces on the surface quality is based on the development of computational methods with acceptable accuracy for practical applications and confirmed by experimental studies. Thus, the determination of shear stresses in the processing of PPD can be found by identifying connections moving material points on the surface of the deforming element. The difficulty lies in determining the magnitude and distribution of the law changes that slip over the contact area between the surface of the elements and details.

Keywords: SPD, surface plastic deformation, self-feeding, combined machine processing, SPD by rollers

При обработке деталей поверхностным пластическим деформированием между роликом и деталью возникает проскальзывание, приводящее к возникновению трения на контактной поверхности. В свою очередь трение между роликом и деталью является одним из факторов существенно изменяющим качество поверхностного слоя. Одной из причин, вызывающих проскальзывание является несовпадение направления осей ролика и детали.

Для решения задачи об определении этого проскальзывания поверхности ролика относительно поверхности детали составим разность векторов скоростей точек поверхности контактной зоны, принадлежащей детали, и соприкасающихся с ним точек поверхности ролика.

$$\overline{\Delta v} = (\overline{\omega_p} \times \vec{r}) - (\overline{\omega} \times \vec{\rho}), \quad (1)$$

где ω_p , ω – угловые скорости ролика и детали; r – радиус ролика в данном сечении, перпендикулярном оси ролика; ρ – радиус-вектор точки поверхности контактной зоны проведенной от оси детали.

Пятно контакта относительно системы координат, в которой ось ОХ совпадает с осью детали, ось ОZ расположена в плоскости, относительно которой производится отсчет угла самозатягивания α и ось ОУ перпендикулярна указанным осям, изображено на рис. 1.

Представляя правую часть равенства (1) в виде суммы определителей и раскладывая эти определители по элементам первой строки, найдем составляющие вектора проскальзывания по координатным осям:

$$\Delta v_x = -\omega_p \cdot r_z \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma + \omega_p \cdot r_\theta \cdot \sin \alpha;$$

$$\Delta v_y = -\omega_\theta \cdot \rho_z - \omega_p \cdot r_x \cdot \sin \gamma + \omega_p \cdot r_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma; \quad (2)$$

$$\Delta v_z = \omega_\theta \cdot \rho - \omega_p \cdot r_\theta \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma + \omega_p \cdot r_x \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma;$$

где составляющие радиус-векторов точек поверхности ролика по координатным осям равны

$$\begin{aligned}
\rho_x &= r \cdot [\sin \phi \cdot \sin \alpha - (1 - \cos \phi) \cdot \sin \gamma \cdot \cos \alpha]; \\
\rho_y &= l \cdot \sin \alpha - r \cdot [\sin \phi \cdot \cos \alpha - (1 - \cos \phi) \cdot \sin \gamma \cdot \sin \alpha]; \\
\rho_z &= (R - h) \cdot \cos \left(\arcsin \frac{l \cdot \sin \alpha}{R} \right) + r \cdot (1 - \cos \phi) \cdot \cos \gamma; \\
r_x &= r \cdot (\sin \phi \cdot \sin \alpha + \cos \phi \cdot \sin \gamma); \\
r_y &= r \cdot (\sin \phi \cdot \cos \alpha - \sin \gamma \cdot \cos \phi \cdot \sin \alpha); \\
r_z &= r \cdot \cos \alpha \cdot \cos \gamma;
\end{aligned} \tag{3}$$

где R – радиус обрабатываемой детали, h – изменение глубины внедрения ролика по длине контакта, ϕ – угол между радиусом ролика и линией, проведенной через ось ролика и середину ширины контакта; γ – угол внедрения.

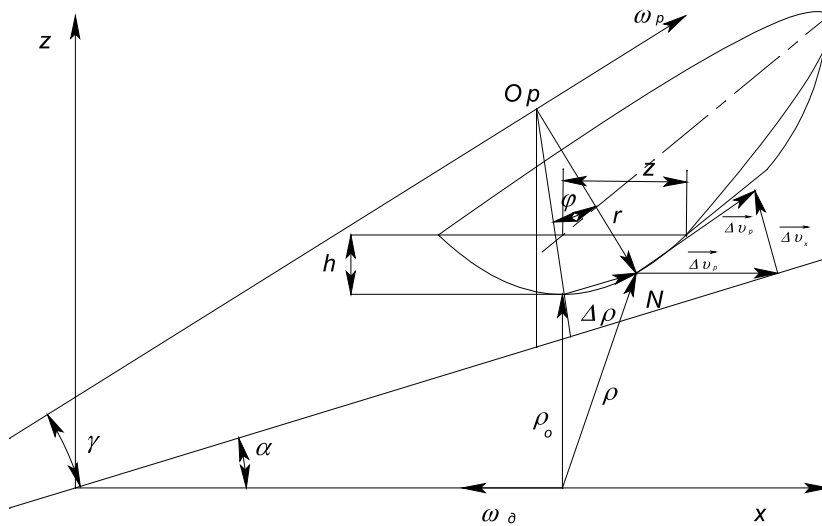


Рис. 1. Схема контактной зоны для определения проскальзывания ролика

Рассмотрим зависимость изменения деформацию точек обрабатываемой поверхности, получим:

Полагая в формулах (2) $\phi = \gamma = 0$, $\alpha \neq 0$, т.е. условия, определяющие максимальную

$$\Delta v_x = -\omega_p \cdot r \cdot \sin \alpha; \tag{4}$$

$$\Delta v_y = \omega_p \cdot r \cdot \cos \alpha - \omega_d \cdot (R - h) \cdot \cos \left(\arcsin \frac{l \cdot \sin \alpha}{R} \right);$$

$$\Delta v_z = \omega_d \cdot l \cdot \sin \alpha,$$

полагая $\alpha = 0$, будем иметь:

$$\Delta v_x = 0; \Delta v_z = 0 \tag{5}$$

$$\Delta v_y = \omega_d \cdot [c \cdot r - (R - h)];$$

где отношение угловых скоростей ролика и детали является постоянным откуда, при условии $\Delta v_y = 0$, получим:

$$c = \omega_p / \omega_d = const;$$

$$\frac{\omega_p}{\omega_\partial} = \frac{R - h_p}{r_p} \quad (6)$$

В этой зависимости левая часть является постоянной величиной, в то время как правая часть переменна в связи с тем, что текущая глубина внедрения ролика в деталь по линии максимального нагружения и радиус ролика меняются по длине контактной зоны. Проскальзывание будет отсутствовать в тех сечениях ролика, для которых уравне-

ние (6) превратится в тождество. Формула (6) является основой для разработки методики экспериментальных исследований проскальзывания вызванного изменением радиуса ролика по длине контактной зоны и при угле самозатягивания равном нулю. Для конического ролика, часто применяемого на практике, в инструментах работающих по принципу самозатягивания зависимость изменения радиуса ролика и глубины внедрения имеют вид: на заходном участке

$$h_{zp} = h_m - r_{np} + \sqrt{r_{np}^2 - (L_k - l_k)^2}; r_{pz} = r_n + h_z - h_m, \quad (7)$$

на участке сбег

$$h_{сб} = h_m - l_{сб} \cdot \tan \gamma; r_{сб} = r_n \pm l_{сб} \cdot \tan \left(\frac{\theta}{2} \right); \quad (8)$$

где h_m – максимальная глубина внедрения ролика в обрабатываемую деталь, r_{np} – заходный радиус ролика, L_k, l_k – длина контактной зоны и ее текущее значение, θ – угол конуса ролика.

Подставив представленные зависимости в формулу (6) получим уравнение для определения значения длины контактной, в котором отсутствует проскальзывание. Для этого, кроме того, необходимо измерить точное значение

На основании формул (3) построены графики зависимости проскальзывания от угла самозатягивания (рис. 2), из которых следует, что наибольшей по абсолютной ве-

личине проекцией проскальзывания является осевая составляющая (рис. 2). Из формул (3) при $\alpha = \varphi = 0$ следует, что осевая составляющая Δv_x равна нулю, что очевидно. При увеличении угла самозатягивания составляющие Δv_y и Δv_z увеличиваются, причем при угле самозатягивания равном 90° , составляющая Δv_x становится касательной составляющей Δv_y (обе равны линейной скорости вращения детали). Составляющие Δv_z и Δv_y вектора проскальзывания зависят, кроме того, от длины контакта и радиуса ролика. С увеличением длины контактной зоны проскальзывание Δv_z увеличивается, а Δv_x – почти не меняется.

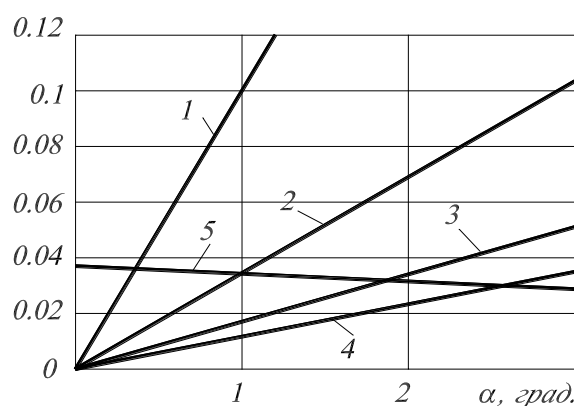


Рис. 2. Зависимость проскальзывания от угла самозатягивания: 1 – для Δv_x ; 2, 3, 4 – для Δv_z ; 5 – для Δv_y ; $R = 25$ мм; $\omega_p = 1$ с⁻¹; 2, 5 – $l = 10$ мм; 3 – $l = 5$ мм; 4 – $l = 3$ мм

Полагая в формулах (3) $\alpha = 0$, $\gamma \neq 0$, получим:

$$\Delta v_x = \omega_p \cdot r \cdot \sin \gamma \cdot \sin \varphi \quad (9)$$

Однако следует, что с увеличением углов γ и φ осевое проскальзывание Δv_x

возрастает, при этом возникает усилие самозатягивания, действующее на инструмент. Это объясняет обнаруженное Шнейдером [1] явление: при увеличении угла конусности роликов свыше $4^\circ \dots 5^\circ$ возможно возникновение самозатяги-

вания инструмента за счет возрастания проскальзывания роликов. Следует, однако, отметить, что при условии (6) проскальзывание на фронтальной поверхности ролика направлено в сторону подачи, а проскальзывание на противоположной поверхности, т.е. на поверхности сбегга, – в другую сторону. Тем не менее, суммарное усилие проскальзывания будет направлено в сторону подачи, так как нагружение ролика на фронтальной поверхности больше.

Проскальзывание между поверхностью ролика по характеру физико-механического воздействия на обрабатываемую поверхность аналогично процессу выглаживания. Следует ожидать, что с увеличением угла самозатягивания будет уменьшаться шероховатость обработанной поверхности, что

и наблюдается при проведении экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Боуден Ф. П., Тейбор Д. «Трение и смазка твердых тел.» – М.: Машиностроение, 1968. – 253 с.
2. Браславский В.М. «Технология обкатки крупных деталей роликами». – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1975. – 159 с.
3. Дрозд М.С., Матлин М.М., Сидякин Ю.И. «Инженерные расчеты упруго-пластической контактной деформации.» – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
4. Отений Я.Н. «Технологическое обеспечение качества деталей машин поверхностным пластическим деформированием». Монография / ВолгГТУ.- Волгоград, 2005. – 220 с. (+ 1 вставка).
5. Папшев Д.Д. «Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием.» – М. Машиностроение, 1978. – 152 с.
6. Смелянский В.М. «Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием». – М.: Машиностроение, 2002. – 299 с.