Багайсков Ю.С.

Исследование механизма упругого деформирования материала абразивных шеверов на полимерных связках

*Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского
государственного технического университета
(Россия, Волжский, Волгоградской обл.)*

doi: 10.18411/sr-10-04-2019-72

idsp: sciencerrussia-10-04-2019-72

Аннотация

Для отделочной обработки боковых поверхностей зубьев закаленных колес по методу обката применяется инструмент - абразивный шевёр. В процессе эксплуатации из-за внедрения абразивных зерен в металл, износа и приработки материала инструмента, наличия контактной и изгибной деформации зуба шевёра, особенно при эластичном связующем, контакт зубьев происходит не в точке, а по эллипсной площадке. Предложена модель зацепления зубьев шевёра и детали, позволяющая имитировать подвижность зубьев шевёра относительно зубьев колеса в результате деформирования, учесть изменения кинематических параметров. Это позволит учесть влияние упругих деформаций при расчете геометрических параметров шевёров, влиять на интенсивность съёма металла, качество и точность обработки.

Ключевые слова: абразив, шевёр, связка, зацепление, упругая деформация, модель зуба

Особенностью композиционного материала абразивных инструментов на полимерных связках в отличие, например, от классической керамической связки, является наличие упругости, оцениваемой параметром «модуль упругости». При этом степень упругости может быть в достаточно широких пределах, вплоть до уровня эластичности. В конечном итоге при воздействии приложенных рабочих нагрузок материал инструмента на полимерных связках деформируется, что должно оказывать влияние на работоспособность инструмента [1].

На рис. 1 приведена схема взаимодействия единичного абразивного зерна, закрепленного эластичной связкой в поверхностном слое материала инструмента, с обрабатываемой поверхностью. В контакте с поверхностью абразивное зерно, погруженное в связку, под действием нагрузки смещается в нее дополнительно. В таком смещенном положении зерно производит резание металла, внедряясь в него на меньшую глубину, чем при жестком закреплении. Кроме того, вследствие трения об обрабатываемую поверхность, зерно поворачивается относительно этой поверхности, что приводит к еще более существенному уменьшению отрицательного переднего ($-\gamma$) и увеличению заднего (α) угла его режущей кромки.

Теоретически, контакт поверхностей инструмента и обрабатываемой детали происходит в точке или по линии. Практически же в процессе эксплуатации из-за внедрения абразивных зерен в металл, износа и приработки материала инструмента, даже при его абсолютной жесткости, тем более, при определенной упругости, контакт происходит по площадке небольших размеров в форме прямоугольника или эллипса [2]. Это обеспечивает лучшую полноту обработки и невысокую шероховатость обработанной поверхности при уменьшенной глубине резания.

Наиболее сложным и показательным объектом с точки зрения присутствия упругости является абразивный шевёр, применяемый для окончательной обработки боковых поверхностей закаленных зубчатых колес по методу обката с реверсом.

Особенностью для зацепления шевёра – деталь является необходимость учета только упругой деформации шевёра. Модуль упругости материала шевёров (

$E_0 = 0,1 \cdot 10^3 - 6 \cdot 10^3$ МПа) в 30 – 2000 раз меньше модуля упругости материала обрабатываемых деталей ($E_1 = 2,15 \cdot 10^5$ МПа). Кроме того шевёр в процессе эксплуатации изнашивается, изменяются размеры его зубьев. Шевёр является режущим инструментом, размеры режущих кромок абразивных зерен и глубины их внедрения в металл не постоянны.

Рис. 1 Схема взаимодействия абразивных зерен (1), закрепленных в связке (2), с обрабатываемой поверхностью (3): а – в нормальной плоскости; б – в касательной плоскости (E_0 – модуль упругости материала инструмента)

Размеры зоны контакта зубьев шевёра и детали, величины контактных усилий в этом случае не постоянны и не могут быть оценены с достаточной точностью, поэтому надо использовать приближенный метод, с учетом изменения коэффициента коррекции профиля зубьев шевёра, что позволяет оценить влияние степени размерного износа шевёров в процессе их эксплуатации.

Суммарную деформацию ω_Σ зуба шевёра в точке контакта его с зубом детали, как и любого зубчатого колеса, можно разложить в направлении действия нормальной нагрузки (N_0 N_1) на следующие составляющие [3]:

$$\omega_\Sigma = \omega_K + \omega_{\Sigma H} + \omega_{об}, \quad (1)$$

где ω_K и $\omega_{\Sigma H}$ – контактная и изгибная деформация зуба;

$\omega_{об}$ – деформация обода шевёра.

В свою очередь изгибная деформация $\omega_{\Sigma H}$ состоит из собственно изгибной деформации зуба как консоли (ω_H) и деформации, характеризующей перемещение основания зуба в обод шевёра (ω_{OC}):

$$\omega_{\Sigma H} = \omega_H + \omega_{OC}. \quad (2)$$

На рис. 2 приведена упругая механическая модель зуба шевёра, где A и B – условные оси поворота зуба в результате изгибной деформации и относительно обода шевёра.

Модель позволяет оценить все составляющие суммарной деформации зуба шевёра в точке контакта K за счет жесткости соответствующих пружин.

Перемещением пружины 1 моделируется контактная деформация (ω_K), круглой пружины 2 – поворот оси симметрии зуба, пропорциональной изгибной деформации (ω_{II}), круглой пружины 3 – поворот основания зуба относительно обода (ω'_{OC}), пружин 4 и 5 – сдвиги основания зуба в направлениях, нормальном и параллельном его оси симметрии ($\omega''_{OC}, \omega'''_{OC}$).

Рис.2 Схема упругой модели зуба шевера

Упругое деформирование зубьев шевера при эксплуатации вызывает изменение величин кинематических параметров зацепления. Смещается положение текущей точки контакта профилей, полюса и линии зацепления, изменяется соотношение радиусов кривизны эвольвент в контактной точке, размеры контактируемых участков эвольвент зубьев шевера и колеса. Это показано на кинематической модели (рис. 3), показывающей характер зацепления профилей зубьев. Для каждой точки контакта величины деформаций и, соответственно, смещений различны, поэтому изменяется величина передаточного числа зацепления шевер - колесо в пределах его основного шага.

Рис. 3 Изменение характера зацепления эвольвентных профилей зубьев шевера и колеса вследствие упругой деформации первого

В связи с этим следует ожидать и определенного изменения интенсивности скольжения зубьев шевера и колеса. Кроме того с повышением степени упругости материала шевера увеличивается коэффициент перекрытия зацепления [4] и, соответственно, парность контактов и характер распределения сил в зацеплении шевера и колеса.

Таким образом, предложенная упругая модель зуба абразивного шевера позволяет оценить уровень всех составляющих деформации зуба [5], их влияние на

изменение кинематических параметров зацепления шевров – деталь, при этом скорректировать расчет геометрии и рецептуру композиционного материала шевров, в результате повысить интенсивность съема металла, качество и точность обработки зубчатых колес.

1. Багайсков, Ю.С. Повышение эксплуатационных показателей изделий из абразивных композиционных материалов : (монография) / Ю. С. Багайсков, В. М. Шумячер ; Федеральное агентство по образованию, ВолгГАСУ, ВИСТех (фил.) ВолгГАСУ. - Волгоград : ВолгГАСУ, ВИСТех (фил.) ВолгГАСУ, 2005. - 200с.
 2. Тарамыкин, Ю. П. Форма и площадь мгновенного пятна контакта при зубохонинговании / Ю. П. Тарамыкин. // Сб. работ аспирантов ЭНИМС. – М., 1966. – С. 188 – 197.
 3. Айрапетов, Э. Л. Податливость прямозубого зубчатого зацепления / Э. Л. Айрапетов, М. Д. Генкин, Д. И. Колин // Виброакустическая активность механизмов с зубчатыми передачами. – М.: Наука. – 1971. – С. 13 – 59.
 4. Старжинский В.Е., Мажаровский В.В. Расчет податливости металлополимерного зубчатого зацепления // Динамические процессы в механизмах с зубчатыми передачами. – М.: Наука, 1976. – С. 139 – 145.
 5. Багайсков, Ю.С. Исследование суммарной упругой деформации зубьев абразивных шевров / Ю.С. Багайсков //Фундаментальные основы механики: материалы междунар. научн.-практ. конф. - Новокузнецк: НИЦ МС, № 3, 2018.-С.92-96.
-