

Для рассматриваемых случаев с помощью теории графов были получены коэффициенты K изменения свойств поверхностного слоя зубчатых колес: для глубины наклепа $K = 0,86-0,90$, а для микротвердости $K = 1,02-1,14$.

Таким образом, знание процесса технологического наследования позволяет управлять им с целью сохранения свойств, положительно влияющих на надежность и долговечность детали до конечной стадии производства — сборки, и ликвидации свойств, влияющих отрицательно, на заготовительных или начальных операциях механической обработки. Например, для повышения микротвердости поверхности, а следовательно, прочности зубьев из стали 40X после зубошвингования можно применять дополнительную операцию обкатки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Я щ е р ц ы н П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей. — Минск, 1971. 2. Д а л ь с к и й А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. — М., 1975.

УДК 621.787.4

В.В. БАБУК, П.А. ЧЕПА, А.П. НЕГЕН

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ПРИ ОБКАТЫВАНИИ ДЕТАЛЕЙ ШАРИКОМ

В процессе упрочнения деталей машин обкатыванием шариком на обработанной поверхности формуются волнообразные микронеровности, шаг которых соответствует подаче. Высота этих микронеровностей определяется по зависимости [1, 2]

$$R_{zm} = \frac{s^2}{8R}, \quad (1)$$

где S — подача; R — радиус шарика.

Формула (1) используется также для определения s по заданному уровню R_{zm} [3], однако на практике замечено значительное несовпадение экспериментальных и расчетных значений R_{zm} .

С целью уточнения зависимости (1) исследовалось влияние режимов обработки в широком диапазоне их изменения на R_{zm} . Эксперименты проводились при обкатывании образцов, шлифованных с шероховатостью $Ra = 0,25$ мкм, диаметром 16 мм шариками диаметрами 9,52 и 15,08 мм при усилиях $P = 100-200$ кгс, подаче $s = 0,11-0,43$ мм/об и скорости $n =$

= 400 об/мин. Величина R_a определялась из профилограмм, записанных на профилометре-профилографе завода "Калибр".

На рис. 1 приведены зависимости R_{zm} от s , полученные в эксперименте и рассчитанные по формуле (1). Анализ их показывает, что экспериментальные данные существенно отличаются от расчетных, особенно в области больших подач. На величину R_{zm} оказывает влияние усилие обкатывания, которое в (1) не учитывается.

Для определения доли влияния на R_{zm} переменных факторов $P(X_1)$, $s(X_2)$ и $R(X_3)$ применялся метод многофакторного планирования эксперимента. Интервалы варьирования переменных соответствовали приведенным значениям. В результате обработки данных получено уравнение регрессии

$$Y = 0,0031 + 0,00057X_1 + 0,0025X_2 - 0,0008X_3 + 0,00043X_1X_2 - 0,00018X_1X_3 - 0,00065X_2X_3 - 0,00017X_1X_2X_3. \quad (2)$$

Как следует из (2), на параметр оптимизации значимое влияние оказывают взаимодействия факторов. При этом общий уровень влияния усилия (X_1) возрастает до 15...20%. На основании анализа (2) уточнена доля влияния каждого параметра и выведена зависимость

$$R_{zm} = \frac{P^{0,43} s^{1,66}}{29R^{1,5}}. \quad (3)$$

Различие между расчетными и экспериментальными значениями для заданных условий обработки не превышает 10%.

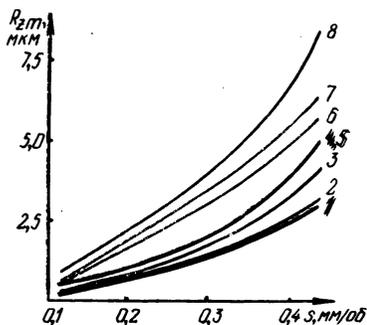


Рис. 1. Зависимость R_{zm} от подачи:

1, 5 — по формуле (1); 2, 3, 4, 6, 7, 8 — экспериментальные данные при обработке шариками диаметром 9,52 (2, 3, 4) и 15,08 мм (6, 7, 8) с усилием P , равным 100 кгс (2, 6); 150 (3, 7) и 200 кгс (4, 8).

Формирование R_{zm} при ППД взаимосвязано с параметрами упруго-пластического контакта инструмента и детали. Однако этот вопрос остается еще мало изученным. Согласно существующим представлениям, регулярные микронеровности поверхности являются следом и возникают после прохождения инструмента [1, 2]. Кроме того, при выводе (1) сделано допущение, что длина сбегавшей части контакта $a = s/2$ (рис. 2). Однако, это

условие соблюдается только для чрезмерно высоких значений s , а при подачах, обеспечивающих минимальное значение шероховатости обработанной поверхности, $a = (1,5-2)s$. При этом профиль впадины микронеровностей имеет радиус r намного меньший R .

$$r = \frac{7R^{0,7} s^{0,4}}{p^{0,3}} \quad (4)$$

В связи с этим микронеровности формуются за счет деформации части длины a и их высота не подчиняется геометрическим соотношениям параметров сегмента окружности, очерченного радиусом R и имеющего длину стрелки s , согласно зависимости (1).

Анализ профилограмм зоны перехода контактной поверхности к обработанной позволил установить, что центр формообразуемой за каждый оборот микронеровности удален от границы контакта на расстояние l_1 . В процессе дальнейшей деформации поверхностного слоя на длине l_2 формируются микронеровности окончательно обработанной поверхности.

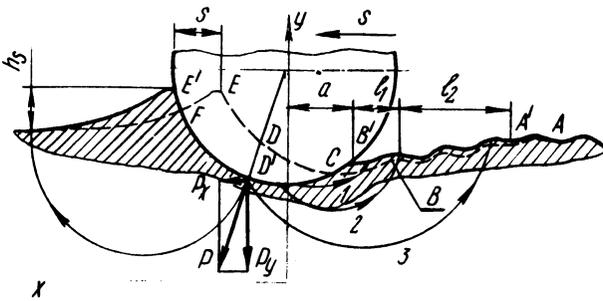


Рис. 2. Схема деформации поверхностного слоя и формообразования микронеровностей.

На схеме представлен процесс внедрения деформирующего элемента в восстановленную зону деформации предшествующего оборота ABCDE, смещенную на величину подачи. Наличие асимметрии зоны контакта вызывает смещение направления нормальной силы с оси Y на некоторый угол, что обуславливает возникновение сдвиговой силы P_x и нормальной составляющей P_y . Относительно линии действия максимального давления DD' вводимый в контакт материал CEFC раздвигается и часть его DEFD'D оттесняется в направлении подачи, а другая CDD'C – в противоположном. При этом происходит формообразование нового наплыва высотой h_s на свободной необработанной поверхности и приподнятие приконтактной зоны, примыкающей к обработанной поверхности, с положения ABC до A'B'. Таким образом, материал поверхностного слоя испытывает первичную деформацию по $D'E'$ и вторичную по $D'B'$, в процессе которой осуществляется передача деформируемого материала через контактную зону [4].

Накатывание шарика на подлежащую деформации зону СЕFC сопровождается смятием и внедрением материала этой зоны в тело детали. В результате развития подповерхностного течения происходит формообразование свободных поверхностей за счет выпучивания материала поверхностного слоя. Высота сечения вводимого в контакт материала изменяется от минимального значения в точке С до максимального в точке Е. В связи с этим сопротивление деформации по BD' возрастает к центру контакта. Поэтому длина и глубина проникновения линий скольжения при переходе от положения 1 к положению 3 непрерывно увеличиваются, т.е. из приграничного материала формируется граница контакта, а центральная зона оттесняется в область свободной поверхности АВС. При этом одна из линий скольжения (2) отличается максимальной интенсивностью течения, что предопределяет неравномерное выпучивание поверхности АВС и формообразование начальной микронеровности высотой R'_z .

Дальнейшее деформирование при последующих оборотах приводит к сжатию и некоторому уменьшению длины линии АВС. При этом шаг неровностей уменьшается до значения s , а высота R'_z , постепенно увеличиваясь до R_{zm} , стабилизируется в зоне окончательно обработанной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шнейдер Ю.Г. Чистовая обработка металлов давлением. — Л., 1963.
2. Папшев Д.Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. — М., 1968.
3. Ковалев Р.М., Раевский А.Н. Методика расчета режимов накатывания деталей шариком. — Сб. науч. тр. Челябин. политех. ин-та, 1974, № 145.
4. Чепал П.А. К вопросу формирования шероховатости при поверхностном пластическом деформировании. — Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, 1978, № 2.

УДК 621.791.92

А.А. САКОВИЧ, В.В. БАБУК,
А.С. ШАМШУР

ИССЛЕДОВАНИЕ ОМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ЗОНЕ ТРЕНИЯ НАПЛАВЛЕННЫХ И УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ

Износостойкость трущихся поверхностей зависит в значительной степени от их способности удерживать слой смазки, который разделяет поверхности трения. Прочность же граничного слоя смазки обусловлена природой материалов трущихся поверхностей и природой самого смазывающего вещества, а также количеством входящих в сплав легирующих элементов.