

$$(C^{-1}\delta\delta')a = \left(\frac{a' \delta\delta' a}{a' Ca} \right) a, \quad (7)$$

где a - собственный вектор матрицы $C^{-1}\delta\delta'$, а $\frac{a' \delta\delta' a}{a' Ca}$ - ее характеристическое число.

Следовательно, если матрица A' равна собственному вектору a матрицы $C^{-1}\delta\delta'$, то информационное расхождение принимает экстремальное значение $J_{12} = \ln(C^{-1}\delta\delta')$. При этом $J_{12} = \dot{J}_{12}$, т.е. переход от векторов X к векторам Y не приводит к потере информации.

Следует отметить, что результаты рассмотрения частного случая, когда $m = 1$ и $A' = a$ (выражение (7)), совпадают с результатами понижения размерности векторов в работе [4], однако получены с помощью матричного дифференциального исчисления, что значительно сокращает объем преобразований (в указанной работе это занимает 5 страниц текста), сохраняя при этом их математическую строгость. Уравнение вида (5) для определения матрицы A в имеющейся литературе, по-видимому, отсутствует. В работе [4] приводится другое уравнение, но оно значительно сложнее, чем (5).

Прикладное значение настоящего исследования связано с возможностью понижения размерности вектора измерений и, следовательно, мощности множества точек съема информации в автоматизированных системах испытаний сложных машиностроительных объектов. Преимущество указанного подхода, например, по сравнению с работой [2], заключается в точном выборе точек даже в случае, когда отдельные элементы вектора измерений совпадают.

Литература

1. Харазов А.М., Цвид С.Ф. *Методы оптимизации в технической диагностике машин*. — М.: Машиностроение, 1983.
2. Лейфер Л.А., Плотникова Н.В., Сергеева З.А., Мутыгуллин Ф.М. *Математическое обеспечение метода сбалансированного оценивания параметров технического состояния объекта // Надежность и техническая диагностика технологического оборудования*. — 1986. — Вып. 29. — С. 10—18.
3. Первухина Е.Л. *Выбор информативных параметров сложных технических объектов как средство обеспечения их качества // Вестник СевГТУ «Механика, энергетика, экология»: Сб. научн. тр.* — 1997. — Вып.6. — С. 46—49.
4. Ту Дж., Гонсалес Р. *Принципы распознавания образов*. — М.: Мир, 1978.
5. Harville D.A. *Matrix Algebra from a Statistician's Perspective*. Springer—Verlag, — New York, 1997.

УДК 621.923

С.А. Дитиненко, инженер, Харьковский государственный экономический ун-т

ОБОСНОВАНИЕ УСЛОВИЙ УМЕНЬШЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

С.О. Дитиненко. Обґрунтування умов зменшення шорсткості обробки при шліфуванні. Приведений теоретичний аналіз шляхів зменшення шорсткості обробки.

S.A. Ditinenko. Motivation of conditions of reducing rough processin when polishing. Presented theoretical analysis of ways of reducing rough processing.

Шлифование — один из методов финишной механической обработки материалов, обеспечивающий высокие показатели качества, точности и производительности обработки. Шлифование широко используется при обработке различных материалов, в том числе инструментальных материалов повышенной твердости (твердые сплавы, быстрорежущие стали и т.д.), к качеству обработки которых предъявляются высокие требования. Однако обеспечить стабильно на практике, например, при круглом наружном шлифовании осевых твердосплав-

ных инструментов параметр шероховатости обработки R_a и 0,3 мкм, весьма сложно. Это требует изыскания новых технологических возможностей процесса шлифования с точки зрения снижения параметра R_a .

Приведем теоретический анализ путей уменьшения параметра шероховатости R_a , используя аналитические зависимости, приведенные в работе [1]

$$R_a = 0,2 \cdot \sqrt[5]{\frac{(1-\eta)^4}{(1+\eta)^2} \cdot \left(\frac{6,75 \cdot b \cdot V_{дет.}}{\sqrt{2} \cdot tg\gamma \cdot k \cdot V_{кр.}}\right)^2 \cdot \rho}, \quad (1)$$

где b - максимальная высота выступания вершин зерен над уровнем связки круга, м;

k - поверхностная концентрация зерен, шт./м²;

$V_{дет.}, V_{кр.}$ - соответственно скорости детали и круга, м/с;

γ - половина угла при вершине конусообразного режущего зерна;

$\rho = \frac{1}{R_{кр.}} + \frac{1}{R_{дет.}}$; $R_{кр.}, R_{дет.}$ - соответственно радиусы круга и детали, м;

η - безразмерный коэффициент, учитывающий степень затупления зерен круга, изменяется в пределах 0...1 ($\eta \rightarrow 0$ - для острого зерна, $\eta \rightarrow 1$ - для затупленного зерна);

$$\eta = \frac{x}{H} = \frac{x}{H_o} \cdot \sqrt[3]{(1-\eta)^2}; \quad (2)$$

$$H_o = \sqrt[3]{\frac{6,75 \cdot b \cdot V_{дет.} \cdot \sqrt{2} t \rho}{tg\gamma \cdot k \cdot V_{кр.}}}; \quad (3)$$

где x - величина линейного износа зерна, м;

H - максимальная глубина внедрения зерен круга в обрабатываемый материал, отсчитывая их от вершин исходного неизношенного зерна, м;

t - глубина шлифования, м.

Зависимость (2) можно представить в виде

$$\frac{\eta^3}{(1-\eta)^2} = \left(\frac{x}{H_o}\right)^3. \quad (4)$$

Задавая значения x и H_o , из зависимости (4) определяется безразмерный коэффициент η , а из зависимости (1) - параметр шероховатости обработки R_a .

Параметр H_o , по сути, определяет максимальную толщину среза в начальный момент обработки, когда $x = 0$. По мере затупления зерен величина x увеличивается. Согласно зависимости (4) при $H_o = \text{const}$ это ведет к увеличению безразмерного коэффициента η , а согласно зависимости (1) - к уменьшению параметра шероховатости обработки R_a . Для удобства анализа зависимость (1) представим в виде

$$R_a = 0,2 \cdot \sqrt[5]{\frac{(1-\eta)^4}{(1+\eta)^2} \cdot \frac{H_o^6}{t}}. \quad (5)$$

Как видим, явно выразить параметр R_a через величину x сложно. Для установления взаимосвязи между R_a и x необходимо прибегать к численному расчету, используя промежуточный параметр η . Это ограничивает возможности анализа путей уменьшения параметра шероховатости R_a .

Получим упрощенное аналитическое решение, рассматривая зависимость (4) в виде

$$\frac{\eta^2}{(1-\eta)^2} = \left(\frac{x}{H_o}\right)^3, \quad (6)$$

Тогда

$$\eta = \frac{1}{1 + \left(\frac{H_o}{x}\right)^{1,5}}. \quad (7)$$

Подставим (7) в зависимость (5):

$$R_a = 0,2 \cdot \sqrt[5]{\frac{\left[1 - \frac{1}{1 + (H_o/x)^{1,5}}\right]^4}{\left[1 + \frac{1}{1 + (H_o/x)^{1,5}}\right]^2}} \cdot \frac{H_o^6}{t}. \quad (8)$$

Исходя из (8), параметр шероховатости R_a зависит от 3-х переменных: H_o, t, x . С увеличением параметра H_o и уменьшением x параметр шероховатости обработки R_a однозначно увеличивается. С увеличением глубины шлифования t параметр шероховатости обработки R_a уменьшается, однако, с увеличением t одновременно увеличивается и параметр H_o . Учитывая то, что глубина шлифования t входит в зависимость (3) в степени $1/6$, отношение $\frac{H_o^6}{t}$ (входящее в зависимость (8)) в конечном итоге не будет зависеть от t . Следовательно, влияние t на параметр шероховатости обработки R_a необходимо рассматривать лишь через изменение соотношения (H_o/x) . В связи с этим, с увеличением t (за счет увеличения параметра H_o) параметр шероховатости R_a будет увеличиваться, согласно зависимости (8).

Таким образом, уменьшить R_a можно уменьшением t, H_o и увеличением x . Уменьшение t и H_o предполагает, уменьшение производительности обработки. Поэтому целесообразно увеличивать до определенной величины x , т.е. шлифование вести кругом с притупленными режущими кромками.

Величина x не должна превышать величину b , в противном случае невозможно осуществить резание. Чем больше максимальная высота выступания зерен над уровнем связки круга b , тем на большую величину можно затупить зерно и значительно уменьшить параметр шероховатости обработки R_a .

Увеличение b , с одной стороны, должно обеспечить увеличение величины x , с другой стороны – увеличение межзеренного пространства круга, необходимое для свободного размещения образующихся микростружек и других продуктов обработки, а также для уменьшения трения обрабатываемого материала со связкой круга и уменьшения силовой и тепловой напряженности процесса шлифования.

Исходя из зависимости (3), увеличение b вызывает увеличение параметра H_o . Поэтому, для того чтобы параметр шероховатости R_a уменьшился, согласно зависимости (8), необходимо чтобы с увеличением b соотношение (H_o/x) уменьшалось. Это достигается увеличением x , т.е. одновременно с увеличением b необходимо увеличивать величину x . Так как влияние b незначительно на H_o , увеличивая величину x , всегда можно добиться уменьшения соотношения (H_o/x) .

Увеличить величину b на практике можно различными путями. Во-первых, обеспечить режим самозатачивания круга, в результате чего режущее зерно при достижении определенной величины износа x выпадает из связки. Во-вторых, использовать шлифование алмазными кругами на металлических связках с их непрерывной или периодической электроэрозионной или электрохимической правкой. Благодаря процессу правки происходит не-

прерывное разрушение поверхности связки, затупившиеся зерна выпадают из круга. Регулируя электрический режим правки, можно **регулировать** высоту выступания зерен над уровнем связки круга b , а также величину **линейного износа** зерен до момента их выпадения из связки. Это создает условия регулирования **параметром** шероховатости обработки R_a без уменьшения параметров режима шлифования.

Литература

1. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учебн. пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов — Одесса: ОГПУ, 1999.