

СГЛАЖИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МЕДИ И АЛЮМИНИЯ ПРИ ИХ АБРАЗИВНОМ ПОЛИРОВАНИИ

В настоящее время для выживания предприятий необходима модернизация, реконструкция и совершенствование действующих производств. Снижение трудоемкости и себестоимости изготовления деталей и машин, а также повышение их качества является важнейшей задачей [1]. Многочисленными исследованиями установлено, что определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик играет состояние поверхностного слоя, который окончательно формируется на финишных операциях. Известно [1, 2], что эффективность и производительность абразивной обработки зависят от технологической среды, которая включает полировальник, абразивную и неабразивную составляющую технологического состава и материал заготовки. Традиционные подходы [1, 3], обладая развитым аппаратом, не позволяют в явном виде учитывать особенности динамики процесса полирования по отношению к шлифованию. Все это снижает эффективность принятия технологических решений и делает их мало пригодными в практике. Поэтому целью работы является разработка модели формирования значений высотных параметров шероховатости поверхности при абразивном полировании с учетом зернистости абразива, а также получение зависимости для определения времени обработки при достижении заданной шероховатости поверхности и наименьшем количестве циклов обработки.

Для решения поставленной задачи воспользуемся работой [1], в которой приведена зависимость скорости съема Q от параметров процесса полирования:

$$Q = k \cdot V^a \cdot c^{b1} \cdot e^{b2c} \cdot p^{d1} \cdot e^{d2p}, \quad (1)$$

где V – скорость резания, м/с; p – давление, кПа; c – плотность абразивной суспензии, г/мл; k, a, b, d – коэффициенты.

Нами получены зависимости, характеризующие изменение съема материала детали от одной переменной при фиксированных значениях двух переменных.

Скорость съема при изменении скорости резания:

$$Q(V) = 2,39 \cdot 10^{-2} \cdot V^{1,15} \quad (\text{при } c = 2 \times 10^{-2} \text{ г/мл; } p = 12 \times 10^2 \text{ кПа}).$$

Скорость съема при изменении давления:

$$Q(p) = 0,68 \cdot 10^4 \cdot p^{-3,38} \cdot e^{0,0173p} \quad (\text{при } V = 0,2 \text{ м/с; } c = 2 \times 10^{-2} \text{ г/мл}). \quad (2)$$

Скорость съема при изменении концентрации абразивной суспензии:

$$Q(c) = 1,14 \cdot 10^8 \cdot c^{5,64} \cdot e^{1,46c} \quad (\text{при } V = 0,2 \text{ м/с; } p = 12 \times 10^2 \text{ кПа}).$$

На рис. 1 изображены экспериментальные и расчетные точки, полученные по формулам (2). Рассогласование расчетных и экспериментальных значений съема материала составляет не более 3%.

Для сглаживания поверхностного слоя деталей необходимо установить минимальное количество переходов технологического цикла для получения минимальных значений высотных параметров шероховатости поверхности.

В конце первого цикла обработки получаем поверхность, шероховатость которой R_1 , а высотный параметр исходной до обработки шероховатости R_0 . При выполнении N циклов получим N поверхностей с промежуточными значениями высотных параметров шероховатости R_i , в соответствии с разными переходами. Количество переходов и промежуточная величина шероховатости поверхности зависит от физико-химических свойств обрабатываемой поверхности, ее формы, времени обработки, свойств и зернистости абразивного материала

При абразивном полировании считаем, что максимальная глубина внедрения зерна равна диаметру абразивной частицы или максимальному ее размеру. В этом случае высотные параметры шероховатости поверхности и скорость съема материала на каждом переходе пропорциональны размерам абразивных частиц:

$$R_{z_i} = \beta \cdot D_i; \quad Q_i = \alpha \cdot D_i. \quad (3)$$

где D_i – диаметр абразивных частиц на i -м переходе ($i = 1, 2, \dots, N-1$); α и β – коэффициенты пропорциональности, определяемые эмпирическим путем постоянные для данного процесса обработки.

Из равенства (3) следует, что

$$Q = \frac{\alpha}{\beta} \cdot R_{z_i}. \quad (4)$$

В табл. 1 приведены величины скорости полирования и шероховатости при обработке в течение одного часа деталей из меди различными фракциями алмазных микропорошков.

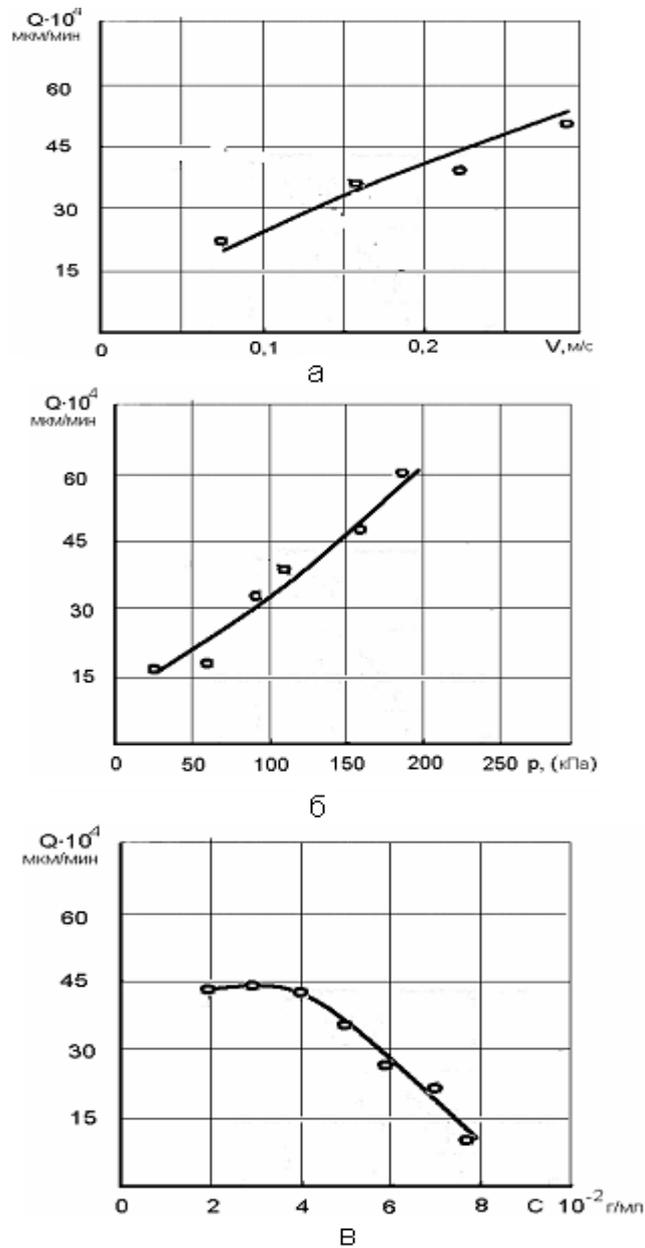


Рис. 1. Зависимость скорости съема Q от технологических параметров процесса абразивной обработки: а – линейной скорости V ; б – давления p ; в – плотности суспензии c .

Таблица 1

Результаты абразивного полирования

Шероховатость поверхности после фрезерной обработки, R_z мкм	Фракции алмазных микропорошков, АСМ	Скорость полирования, $Q \cdot 10^3$ мкм/мин	Шероховатость после полирования, R_z
0,32	5/3	5,325	0,032
0,32	3/2	3,225	0,05
0,32	10	1,35	0,020

Величина припуска h , соответствующая глубине дефектного слоя, имеет вид:

$$h_i = k \cdot R_{z_{i+1}},$$

где k – коэффициент пропорциональности, определяющий количество материала удаляемого за время t_i ;

$$t_i = \frac{F_i}{Q_i} = \gamma \cdot \frac{R_{z_{i-1}}}{R_{z_i}}, \quad (5)$$

где $\gamma = \frac{k\beta}{\alpha}$ при $i=1,2,\dots,N$.

Суммарное время обработки по всем циклам равно:

$$T_i = \sum_{i=1}^N t_i = \gamma \cdot \sum_{i=1}^N \frac{R_{z_{i-1}}}{R_{z_i}}. \quad (6)$$

Для оптимизации процесса по критерию минимума суммарное время обработки (5) необходимо определять оптимальные значения промежуточной шероховатости поверхностей R_{z_i} ($i=1,2,\dots,N-1$):

$$R_{z_i} = R_{z_{i-1}} = R_{z_{i+1}},$$

При $i=1,2,\dots,N-1$, откуда

$$\frac{R_{z_{i-1}}}{R_{z_i}} = \frac{R_{z_i}}{R_{z_{i+1}}}. \quad (7)$$

С учетом формулы (6) из уравнения (5) следует, что при оптимальном процессе обработки время переходов одинаково, т.е. $t_i = t$. Это справедливо для обработки поверхностей деталей с одинаковым значением высотных параметров шероховатости исходной поверхности. Однако, это не подтверждается для образцов с различной исходной шероховатостью поверхности, так как с уменьшением исходной шероховатости поверхности время обработки резко уменьшается. Это подтверждают и результаты эксперимента (рис. 2).

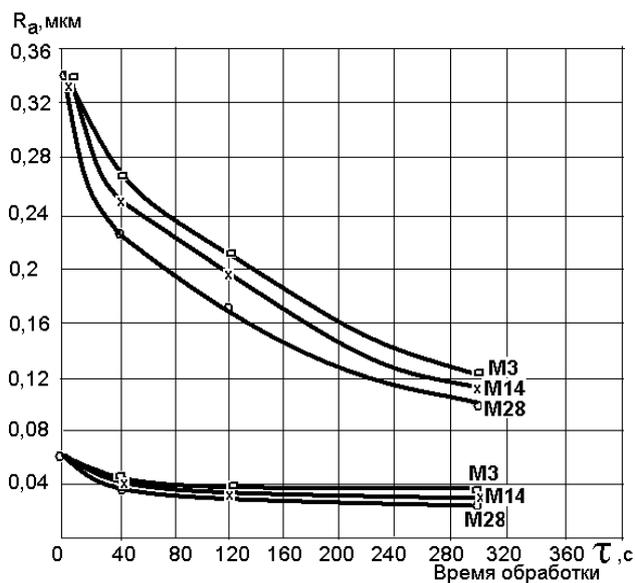


Рис. 2. Зависимость высотного параметра шероховатости поверхности от времени полирования абразивными материалами различной зернистости.

Анализ зависимостей показывает, что:

- время стабилизации процесса формирования высотного параметра шероховатости поверхности мало зависит от зернистости абразива (от M3 до M28);

- время стабилизации процесса формирования высотного параметра шероховатости поверхности существенно уменьшается с уменьшением высотного параметра исходной шероховатости поверхности до обработки. При уменьшении исходного параметра шероховатости поверхности R_a в 5,23 раза (от 34 мкм до 0,065 мкм) время стабилизации R_a обработанной поверхности уменьшается в 8 раз (от 320 с до 40 с). Таким образом, при сглаживании поверхностного слоя детали время цикла последующей финишной операции будет уменьшаться интенсивнее, чем снижение высотного параметра исходной шероховатости до обработки;

- для каждой зернистости абразивного материала существует предел по стабилизации значений высотного параметра шероховатости поверхности, а это очень важно при назначении последовательности использования рабочих сред при сглаживании поверхностного слоя деталей. Следует отметить, что этот предел будет зависеть от исходного состояния поверхности детали до обработки. Нас интересует наименьшее предельное значение R_a , достигаемое полированием поверхности в разных условиях обработки.

Оптимальные значения суммарного времени обработки можно определить из следующего выражения:

$$T = \gamma \cdot N \cdot \left(\frac{R_{z_0}}{R_{z_N}} \right)^{\frac{1}{N}}. \quad (7)$$

Оптимальное число циклов получим, рассматривая суммарное время T как функцию числа циклов N . Определим ее минимум:

$$N_{min} = \ln \frac{R_{z0}}{R_{zN}^{1/N}}.$$

Оптимальное значение диаметров абразивных частиц на каждом переходе:

$$D_i = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{R_{zN}^{1/N}}{R_{z0}^{1/N-1}} = \frac{1}{\beta} \cdot R_{z0} \left(\frac{R_{zN}}{R_{z0}} \right)^{1/N}$$

при $i = 1, 2, \dots, N$.

Проводя аналогичные вычисления для случаев обработки поверхности с изменяющимися физико-химическими свойствами, выражения примут вид:

$$T_{opt} = \gamma \cdot N \cdot \left(x \cdot \frac{R_{z0}}{R_{zN}} \right)^{1/N} \quad (8)$$

при

$$N = 2,3 \cdot \ln \left(x \cdot \frac{R_{z0}}{R_{zN}} \right). \quad (9)$$

Из вышеизложенного видно, что коэффициенты x и γ отражают зависимость скорости полирования от микротвердости, плотности обрабатываемого материала и зернистости алмазного микропорошка. Экспериментально установлено, что для алмазных микропорошков соответствующих зернистостей значение x равно 0,06, γ равно 1,7. Следовательно, оптимальный вариант процесса полирования с точки зрения минимальных переходов при обработке металлической зеркальной поверхности определяется только высотой шероховатости поверхности до и после обработки. Следует заметить, что минимальное число переходов зависит от физико-химических свойств абразива, исходной шероховатости поверхности $R_{z0} = D_0 \cdot \beta$, зернистости алмазных микропорошков $D_N = \beta \cdot R_{zN}$, используемых на последнем переходе. Разработанная методика была использована для оптимизации процесса полирования медной зеркальной поверхности. За исходное состояние брали образцы с поверхностью обработанной до $R_a = 0,5$ мкм на конечном этапе обработки шероховатость составляла $R_z = 0,032 \dots 0,025$ мкм.

Тогда оптимальное число циклов равняется 3, а время (усредненное для верхней и нижней границ) составляет $T = 7,87$ мин. Исследования показали, что расчетное время от экспериментального отличается на 20 % ($T_{экон} = 9,5$ мин), что соответствует погрешности $\varepsilon = 0,01$. Для абразивных составов получили размеры зерен на соответствующих стадиях обработки: $D_1 = 3,1214 \dots 5$ мкм; $D_2 = 1,1543 \dots 2,05$ мкм; $D_3 = 0,425 \dots 0,8$ мкм, что соответствует зернистости абразивов 5/3; 3/2; 1/0.

ВЫВОДЫ

В работе теоретически и экспериментально раскрыты закономерности формирования шероховатости поверхности при полировании абразивными материалами различной зернистости деталей из меди и алюминия. Приведено обоснование оптимальных параметров режимов полирования при обработке поверхностей указанных деталей с целью сглаживания их поверхностного слоя. На основе проведенных исследований разработана методика расчета времени всего процесса обработки, количества переходов, времени каждого перехода и зернистости абразива на каждом переходе

Перечень ссылок:

1. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / Э.В. Рыжов, А. Г. Сулов, В.П. Федоров. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
2. Назаров Ю.Ф., Мельников О.Н. Выбор оптимального маршрута обработки деталей с учетом технологической наследственности // Вестник машиностроителя. – 1986. – №6 – С. 47-49.
3. Тамаркин М.А. Технологические основы оптимизации процессов обработки деталей свободными абразивами. – Дис. ... докт. техн. наук. – Ростов-на-Дону, РИСХМ, 1995. – 298 с.
4. Исследование зависимости скорости полирования от технологических факторов обработки / Рубан В.М., Назаров Ю.Ф., Лурье Г.Б., Романова В.И. // Алмазы и сверхтвердые материалы. – 1980. – Вып. 10. – С. 89.

