

УДК 621.793

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА МИКРОРЕЛЬЕФА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ЕЕ НАИБОЛЬШУЮ ПЛОЩАДЬ И ОБЪЕМ ПРИ КОНТАКТИРОВАНИИ С ЖИДКОСТЬЮ

М. Г. КИСЕЛЕВ, П. О. КОРЗУН, Т. П. ПАВИЧ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск*

Введение

Как известно [1], геометрические и физические характеристики состояния поверхностного слоя деталей оказывают первостепенное влияние на их эксплуатационные показатели (износостойкость, циклическую прочность, контактную жесткость, коррозионную стойкость и т. п.). Кроме того, эти характеристики в значительной степени определяют качество выполнения последующих операций поверхностной обработки заготовок [2], [3]. В частности, это покраска, склеивание, нанесение всевозможных покрытий, шаржирование поверхности алмазными (абразивными) зернами и т. д. В ряде случаев, к примеру, для имплантатов состояние поверхности существенным образом влияет на условия их интеграции в организме человека [4], [5]. В принципе, этот процесс можно также рассматривать как вариант формирования на поверхности имплантата покрытия при ее длительном взаимодействии с биологическими жидкостями и тканями организма с образованием, в конечном итоге, прочного биомеханического соединения.

Большое число методов формирования покрытий основано на том, что на поверхность подложки оно наносится в жидком состоянии (покраска, склеивание) или жидкая фаза является связующим компонентом покрытия, включающего различные твердые частицы. К примеру, при шаржировании боковых поверхностей распиловочных дисков [6] используется алмазная суспензия, состоящая из одной весовой части алмазного микропорошка и трех частей касторового масла. Для указанных методов окончательное формирование покрытия на поверхности подложки происходит в результате высыхания жидкой фазы с переходом ее в твердое состояние.

С целью повышения прочности сцепления наносимого покрытия с поверхностью изделия на ней предварительно формируется микрорельеф, обеспечивающий, по сравнению с исходным, большую ее площадь и объем контактирования с жидкой фазой покрытия. Для этого используется пескоструйная обработка, обработка лезвийным и связанным абразивным инструментом, а в ряде случаев для токопроводящих материалов – электроэрозионная обработка [7].

Следует подчеркнуть, что каждому из этих методов присущи свои особенности в механизме формирования микрорельефа на обрабатываемой поверхности, что, в свою очередь, определяет его характерные геометрические параметры, а также состояние поверхностного слоя металла. Так, при пескоструйной обработке формирование микрорельефа происходит главным образом за счет локального пластического деформирования металлической поверхности твердыми частицами. В результате сформированный на ней микрорельеф представляет собой совокупность множества

перекрывающих друг друга лунок, имеющих форму, близкую к конической, и характеризуется отсутствием направленных следов обработки, т. е. имеет место так называемая «безразличная» шероховатость. При этом металл поверхностного слоя упрочняется и в нем возникают остаточные напряжения сжатия, что сопровождается повышением уровня свободной энергии его граничного слоя.

Если обработка поверхности осуществляется лезвийным инструментом или инструментом со связанным абразивом, то формирование на ней микрорельефа происходит в основном за счет срезания металла и удаления его в виде стружки. Полученный микрорельеф характеризуется наличием однонаправленных следов обработки (канавки, риски, царапины), геометрические параметры которых определяются режимами резания и физико-механическими свойствами обрабатываемого материала. При этом значения высотных и шаговых параметров шероховатости поверхности в двух взаимно перпендикулярных направлениях оказываются различными. За счет возникающей в процессе резания пластической деформации металла поверхностного слоя происходит его упрочнение, вызывающее повышение уровня свободной энергии граничного слоя.

В случае использования электроэрозионной обработки, когда удаление металла с поверхности происходит за счет его расплавления и частичного испарения под действием кратковременных электрических разрядов, ее микрорельеф представляет собой совокупность множества перекрывающих друг друга лунок, имеющих форму, близкую к сферической, в результате чего формируется «безразличная» шероховатость поверхности. При этом упрочнения металла поверхностного слоя практически не происходит, но он подвержен химико-термическим и термическим превращениям, влияющим на уровень свободной энергии его граничного слоя.

На основе обобщения имеющихся литературных данных оправдано считать, что наилучшим из рассмотренных методов предварительной обработки является тот, который при прочих равных условиях формирует на ней микрорельеф, обеспечивающий наибольшую площадь и объем ее контакта с жидкой фазой наносимого покрытия. В свою очередь, на условия реализации этих требований существенное влияние оказывают и физические характеристики состояния поверхностного слоя обрабатываемой поверхности. В частности, это уровень свободной энергии ее граничного слоя и степень ее смачиваемости жидкой фазой наносимого покрытия, которые в совокупности определяют адсорбционную способность поверхности. И чем она выше, тем интенсивнее протекает процесс взаимодействия поверхности с жидкой фазой покрытия, что в итоге повышает прочность его сцепления с материалом подложки.

Однако сегодня практически отсутствуют систематизированные данные теоретического и экспериментального плана, позволяющие определить оптимальное сочетание геометрических и физических характеристик состояния поверхностного слоя металла, при котором реализуются наилучшие условия для формирования на нем покрытия с использованием жидкой фазы, обеспечивающие, в конечном итоге, наибольшую прочность его сцепления с поверхностью подложки.

Исходя из этого, цель данной работы заключалась в определении оптимального вида микрорельефа обработанной металлической поверхности, обеспечивающего ее наибольшую площадь и объем при контактировании с жидкостью, а также в обосновании метода предварительной обработки поверхности, позволяющем сформировать на ней микрорельеф такого вида.

Теоретическая оценка влияния различных видов микрорельефа поверхности на ее площадь и объем

Для расчета указанных параметров рассмотрим четыре вида микрорельефа поверхности, геометрические модели которых приведены на рис. 1.

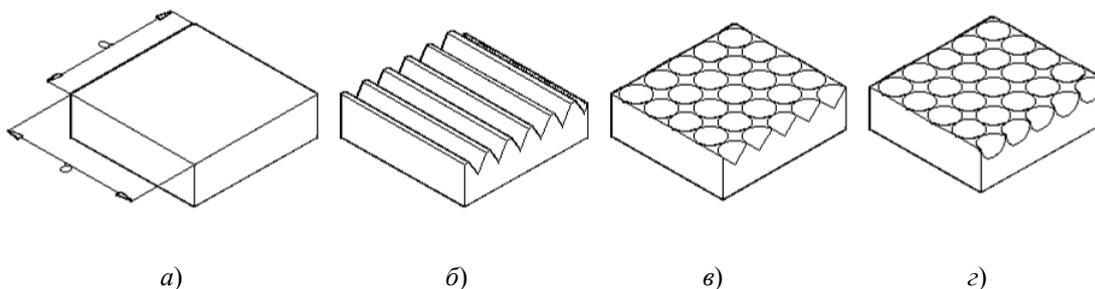


Рис. 1. Геометрические модели видов микрорельефа поверхности, принятые в исследованиях

В качестве исходной (базовой) модели была принята абсолютно гладкая поверхность (рис. 1, *a*), имеющая активную площадь $S_1 = a \times a$. На рис. 1, *б* показана геометрическая модель микрорельефа поверхности, полученной после обработки исходной лезвийным инструментом или инструментом со связанным абразивом. В результате на ней получены однонаправленные и параллельные следы обработки в виде канавок, имеющих треугольный профиль. Геометрическая модель микрорельефа поверхности, полученного после обработки исходной пескоструйной обработкой, приведена на рис. 1, *в*, который представлен в виде множества не перекрывающихся друг друга одинаковых лунок конической формы, максимально плотно покрывающих всю исходную поверхность. На рис. 1, *г* показана геометрическая модель микрорельефа поверхности, полученного после электроэрозионной обработки исходной поверхности. В данном случае этот тип микрорельефа представлен в виде множества не перекрывающихся друг друга одинаковых лунок сферической формы, которые максимально плотно расположены на исходной поверхности.

Для расчета площади поверхности, полученной после обработки исходной лезвийным инструментом (рис. 1, *б*), обратимся к геометрической модели поперечного сечения ее микрорельефа, приведенной на рис. 2.

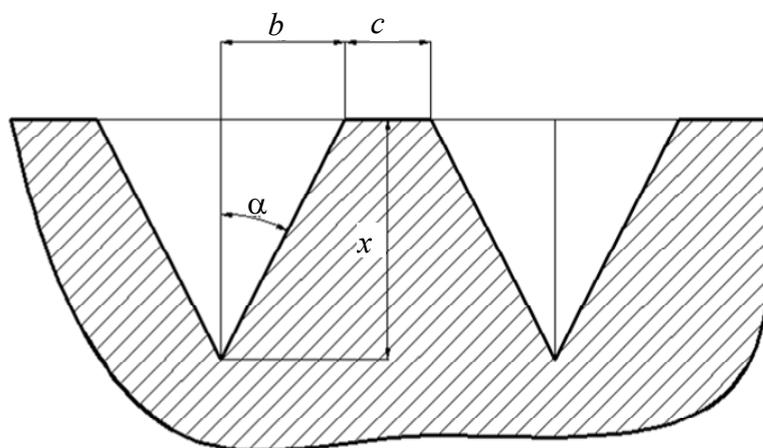


Рис. 2. Геометрическая модель поперечного сечения микрорельефа поверхности, полученного после ее лезвийной обработки

Он представляет собой одинаковые впадины, имеющие профиль равнобедренного треугольника высотой H , половиной основания b и половиной угла при вершине α . Между чередующимися впадинами расположены перемычки исходной поверхности шириной c . Отсюда видно, что суммарная площадь поверхности с таким микрорельефом (S_2) будет складываться из площади поверхности, образованной впадинами ($S_{\text{впад}}$) и площади поверхности, обусловленной наличием перемычек между ними ($S_{\text{перем}}$). С учетом этого выражение для расчета суммарной площади поверхности представим в виде:

$$S_2 = n \cdot (S_{2\text{впад}} + S_{2\text{перем}}), \quad (1)$$

где n – число впадин и перемычек, укладываемых на длине a исходной поверхности, которое определяется по формуле

$$n = \frac{a}{(2 \cdot b + c)},$$

$S_{2\text{впад}}$ и $S_{2\text{перем}}$ – соответственно площадь поверхности одной впадины и одной перемычки, которые вычисляются по формулам

$$S_{2\text{впад}} = 2 \cdot a \cdot \frac{H}{\cos \alpha} \text{ – площадь одной впадины; } S_{2\text{перем}} = a \cdot c \text{ – площадь перемычки.}$$

ки.

В первом приближении величину c можно определить из условия равенства объемов металла, удаленного в виде стружки, т. е. объема впадин и объема пространства над ними. Тогда можно принять $c = 2 \cdot b$.

Подставляя в выражение (1) значения n , $S_{2\text{впад}}$ и $S_{2\text{перем}}$, получим формулу для расчета площади поверхности, имеющей рассматриваемый микрорельеф:

$$S_2 = \frac{a}{2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot \left(2 \cdot a \cdot \frac{H}{\cos \alpha} + a \cdot c \right) = \frac{a^2}{4 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \alpha} \cdot \left(2 \cdot \frac{H}{\cos \alpha} + 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) = \frac{a^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha} \right). \quad (2)$$

Теперь рассчитаем площадь поверхности, микрорельеф на которой сформирован путем обработки исходной поверхности пескоструйной обработкой (рис. 1, в). Он характеризуется наличием множества лунок конической формы, которые максимально плотно прилегают друг к другу (рис. 3).

При этом часть исходной поверхности оказывается нетронутой. Суммарную площадь которой, по аналогии с предыдущим случаем, будем рассматривать как площадь перемычек $S_{3\text{перем}}$.

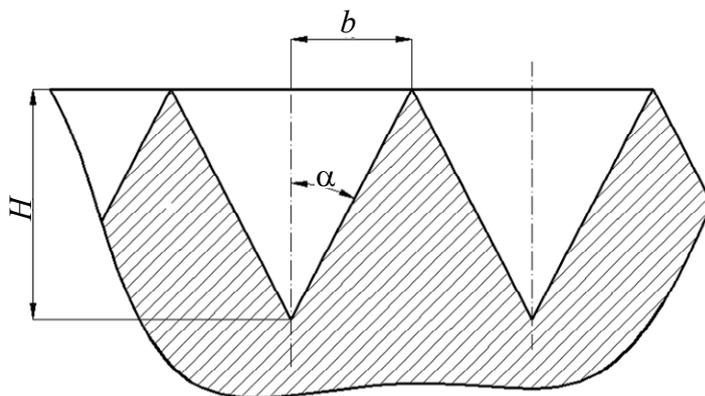


Рис. 3. Геометрическая модель поперечного сечения микрорельефа поверхности, полученного после ее пескоструйной обработки

С учетом этого суммарная активная площадь поверхности с таким микрорельефом определится

$$S_3 = n \cdot S_{\text{впад}} + S_{\text{перем}}, \quad (3)$$

где $n = \left(\frac{a}{2 \cdot b}\right)^2$ – число лунок, укладываемых на исходной поверхности площадью

$$S_1 = a \times a;$$

$$S_{\text{звпад}} = \pi \cdot b \cdot \frac{H}{\cos \alpha} \text{ – площадь поверхности лунки;}$$

$$S_{\text{зперем}} = a^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \text{ – суммарная площадь перемычек.}$$

Приведем все указанные выше формулы к высоте впадин H , углу раскрытия α и получим итоговую формулу

$$S_3 = \frac{a^2 \cdot \pi}{4 \cdot \sin \alpha} + a^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) = a^2 \left(\frac{\pi}{4 \cdot \sin \alpha} + 1 - \frac{\pi}{4}\right). \quad (4)$$

Методика расчета площади поверхности, на которой микрорельеф получен путем обработки исходной поверхности электроэрозионной обработкой (рис. 1, 2) остается практически такой же, как и в предыдущем случае. Отличие состоит только в том, что сформированные на поверхности лунки имеют не коническую, а сферическую форму (рис. 4).

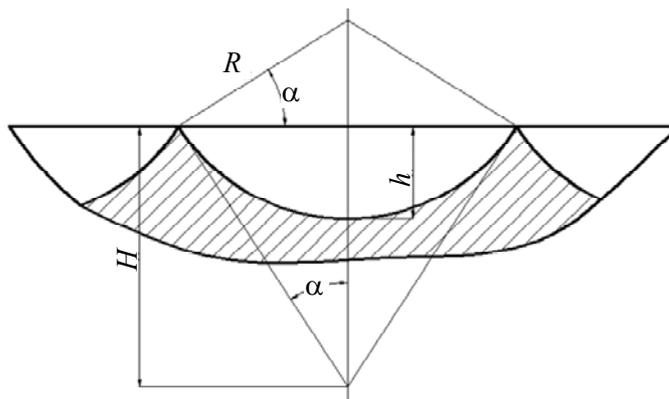


Рис. 4. Геометрическая модель поперечного сечения микрорельефа поверхности, полученного после ее электроэрозионной обработки

Суммарная площадь поверхности в этом случае:

$$S_4 = n \cdot S_{\text{впад}} + S_{\text{перем}},$$

где $n = \left(\frac{a \cdot \cos \alpha}{2 \cdot R}\right)^2$ – число лунок, укладываемых на площадке $a \times a$;

$S_{4\text{впад}} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h$ – площадь одной лунки; $S_{\text{перем}} = a^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right)$ – суммарная площадь перемычек.

Приведем все указанные выше формулы к высоте впадин H , углу раскрытия α и выведем итоговую формулу:

$$R = \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \text{tg } \alpha,$$

$$h = R(1 - \sin \alpha).$$

Таким образом получаем окончательную зависимость для расчета площади поверхности с рассматриваемым микрорельефом:

$$S_4 = \frac{a^2 \cdot \pi}{2 \cdot (1 + \sin \alpha)} + a^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right). \quad (5)$$

Для количественной оценки влияния вида микрорельефа поверхности на изменение ее площади воспользуемся коэффициентом приращения площади, равным отношению значения площади, соответствующей данному микрорельефу, к площади исходной поверхности (абсолютно гладкой):

$$K_{S_n} = \frac{S_n}{S_1}.$$

Таким образом, будем иметь:

– для микрорельефа, полученного лезвийной обработкой:

$$K_{S_2} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha}\right); \quad (6)$$

– для микрорельефа, полученного пескоструйной обработкой:

$$K_{S_3} = \frac{\pi}{4 \cdot \sin \alpha} + 1 - \frac{\pi}{4}; \quad (7)$$

– для микрорельефа, полученного электроэрозионной обработкой:

$$K_{S_4} = \frac{\pi}{2 \cdot (1 + \sin \alpha)} + 1 - \frac{\pi}{4}. \quad (8)$$

На рис. 5 представлены зависимости, отражающие характер изменения коэффициента K_S от значения угла α для исследуемых видов микрорельефа поверхности.

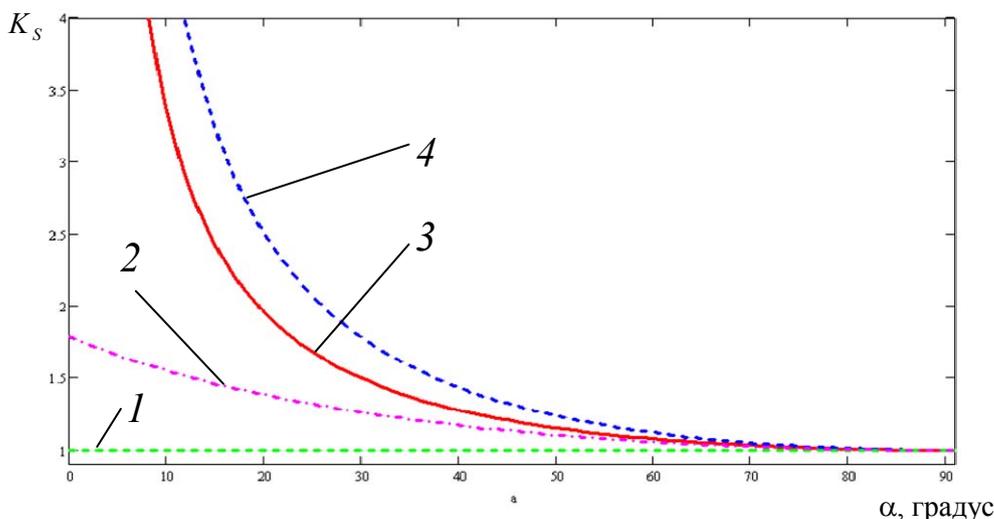


Рис. 5. Зависимость коэффициента приращения площади поверхности (K_S) от угла раскрытия профиля впадины (α) для различных видов микрорельефа:
 1 – исходная (абсолютно гладкая) поверхность; 2 – микрорельеф в виде множества лунок сферической формы; 3 – микрорельеф в виде множества однонаправленных рисок; 4 – микрорельеф в виде множества лунок конической формы

Из данных зависимостей следует, что для всех рассматриваемых его видов при $\alpha = 90^\circ$ коэффициент $K_S = 1$, т. е. приращение площади обработанной поверхности по отношению к исходной (абсолютно гладкой) не происходит. По мере уменьшения угла α значение K_S во всех случаях возрастает, при этом наибольшее приращение площади наблюдается у поверхности, имеющей микрорельеф в виде множества конических лунок, меньшее – у поверхности с микрорельефом в виде однонаправленных рисок и еще меньшее – у поверхности, имеющей микрорельеф в виде множества лунок сферической формы. Следовательно, при прочих равных условиях, т. е. при неизменных значениях b и H , оптимальным, с точки зрения обеспечения наибольшей площади поверхности, является микрорельеф, представляющий собой совокупность множества лунок конической формы.

Для расчета объема поверхности с рассматриваемыми видами микрорельефа воспользуемся геометрическими моделями профиля поперечного сечения, которые приведены на рис. 6.

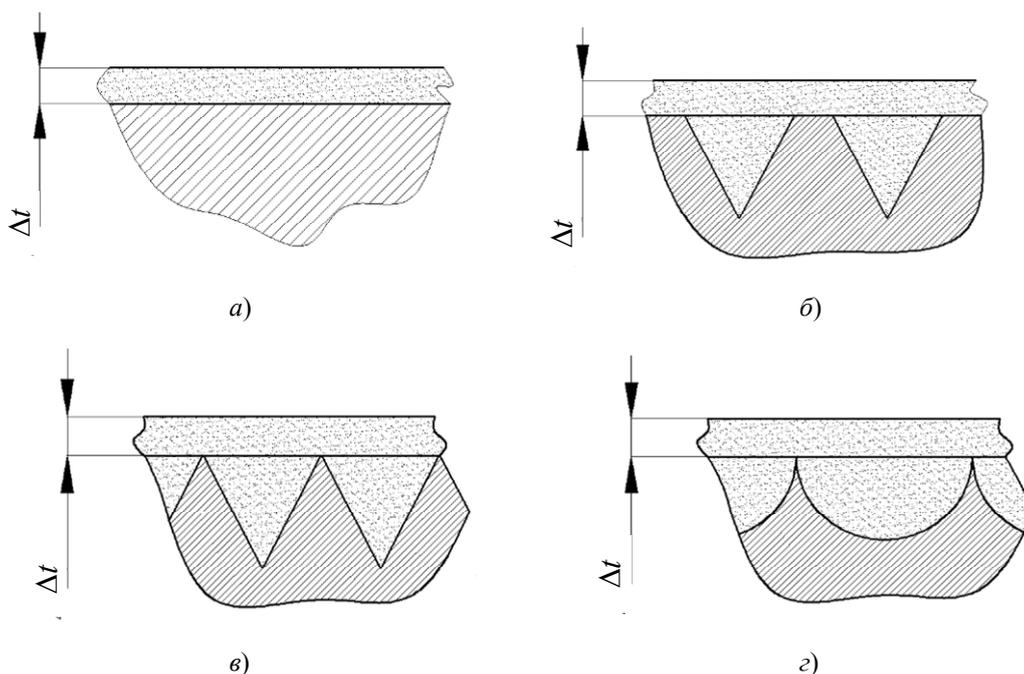


Рис. 6. Геометрические модели поперечного сечения микрорельефа поверхности, полученного после различных методов ее обработки при наличии на ней жидкости: а – исходная (абсолютно гладкая) поверхность; б – микрорельеф поверхности после обработки лезвийным инструментом; в – микрорельеф поверхности после пескоструйной обработки; г – микрорельеф поверхности после электроэрозионной обработки

При этом параметры микрорельефов (глубина впадин H , ширина раскрытия профиля b и угол его раскрытия α) остается таким же, как при расчете площади поверхности. Дополнительно в данном случае вводится параметр Δt , который соответствует толщине слоя жидкости, оставшейся на поверхности. Оправдано считать, что для одной и той же жидкости, т. е. при неизменных условиях смачиваемости ею контактирующей поверхности, величина Δt во всех случаях будет постоянной, а, соответственно, для принятых моделей отношение $b/\Delta t$ можно принять, равным единице. С учетом этого рассчитаем объем жидкости на поверхностях с различным микрорельефом (рис. 6).

Объем жидкостной пленки на исходной (абсолютно гладкой) поверхности (рис. 6, а) будет равен:

$$V_1 = a^2 \cdot \Delta t. \tag{9}$$

Суммарный объем жидкости на поверхности после лезвийной обработки (рис. 6, б) будет определяться:

$$V_2 = n \cdot V_{2\text{впад}} + a^2 \Delta t, \tag{10}$$

где n – число рисок на поверхности размером $a \times a$; $V_{2\text{впад}}$ – объем одной риски, который вычисляется

$$V_{2\text{впад}} = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot H.$$

Тогда для рассматриваемого микрорельефа объем поверхности будет равен:

$$V_2 = V_{2\text{впад}} \cdot n + a^2 \cdot \Delta t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot b \cdot H \cdot \frac{a}{4 \cdot b} + a^2 \cdot \Delta t = a^2 \left(\frac{1}{8} \cdot \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} + \Delta t \right). \quad (11)$$

Проводя аналогичные расчеты для двух оставшихся микрорельефов поверхности получим соответствующие зависимости для вычисления их объема. Так для поверхностей с микрорельефом, сформированным пескоструйной обработкой, имеем:

$$V_3 = V_{3\text{впад}} \cdot n + a^2 \cdot \Delta t = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot b^2 \cdot H \cdot \frac{a^2}{4b^2} + a^2 \cdot \Delta t = a^2 \cdot \left(\frac{\pi}{12} \cdot \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} + \Delta t \right). \quad (12)$$

Для поверхности с микрорельефом, полученным после электроэрозионной обработки, зависимость имеет вид:

$$\begin{aligned} V_4 &= V_{4\text{впад}} \cdot n + a^2 \cdot \Delta t = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot h(3 \cdot b^2 + h^2) + a^2 \cdot \Delta t = \\ &= a^2 \cdot \frac{\pi \cdot b}{24} \cdot (1 - \sin \alpha)[3 + (1 - \sin \alpha)^2] + a^2 \Delta t. \end{aligned} \quad (13)$$

С целью количественной оценки влияния вида микрорельефа поверхности на изменение ее объема воспользуемся коэффициентом приращения объема K_V , который определяется отношением объема поверхности, имеющей данный микрорельеф, к объему жидкости на исходной (абсолютно гладкой) поверхности. Тогда будем иметь:

- для исходной поверхности $K_V = 1$;
- для поверхности с микрорельефом, полученным после лезвийной обработки,

$$K_{V2} = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} + 1; \quad (14)$$

- для поверхности с микрорельефом, полученным после пескоструйной обработки,

$$K_{V3} = \frac{\pi}{12} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} + 1; \quad (15)$$

- для поверхности с микрорельефом, полученным после электроэрозионной обработки,

$$K_{V4} = \frac{\pi}{24} \cdot (1 - \sin \alpha)[3 + (1 - \sin \alpha)^2] + 1. \quad (16)$$

На рис. 7 представлены зависимости, отражающие характер изменения коэффициента K_V от значения угла α для исследуемых видов микрорельефа поверхности.

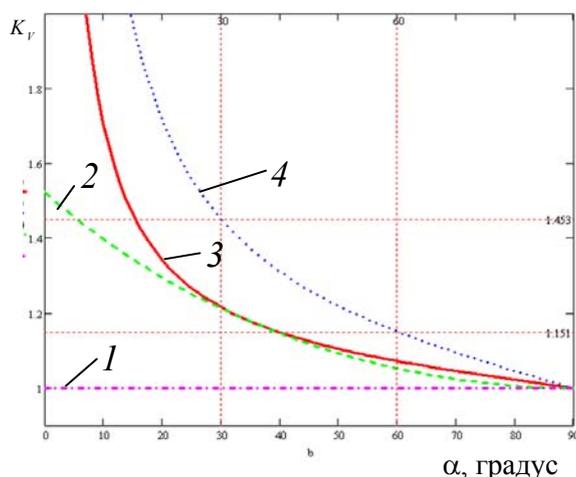


Рис. 7. Зависимость коэффициента приращения объема поверхности (K_V) от угла раскрытия профиля впадины (α) для различных видов микрорельефа: 1 – исходная (абсолютно гладкая) поверхность; 2 – микрорельеф в виде множества лунок сферической формы; 3 – микрорельеф в виде множества однонаправленных рисков; 4 – микрорельеф в виде множества лунок конической формы

Из них видно, что при $\alpha = 90^\circ$ во всех случаях $K_V = 1$, т. е. приращения объема обработанной поверхности по сравнению с исходной (абсолютно гладкой) не происходит. По мере уменьшения угла α значение коэффициента K_V для всех видов микрорельефа возрастает. При этом наибольшее приращение объема поверхности наблюдается у микрорельефа в виде совокупности множества конических лунок. Для микрорельефов поверхности в виде однонаправленных рисков и в виде множества лунок сферической формы это приращение в диапазоне $30^\circ < \alpha < 90^\circ$ происходит значительно медленнее, а коэффициент K_V в обоих случаях имеет практически одинаковое значение. При $\alpha < 30^\circ$ для микрорельефа в виде однонаправленных рисков наблюдается резкое по сравнению с микрорельефом в виде лунок сферической формы возрастание коэффициента K_V . Вместе с тем его значение остается существенно ниже, чем у микрорельефа в виде множеств лунок конической формы.

Таким образом, в результате проведенных теоретических исследований установлено, что при прочих равных условиях оптимальным с точки зрения обеспечения наибольшей активной площади поверхности и ее объема является микрорельеф, представляющий собой совокупность множества конических лунок. В меньшей степени эти показатели наблюдаются у поверхности, имеющей микрорельеф в виде однонаправленных рисков, а поверхность с микрорельефом в виде совокупности множества лунок сферической формы характеризуется наименьшим значением, как ее площади, так и объема.

Несмотря на то, что реальный микрорельеф обработанной поверхности имеет гораздо более сложную, чем в принятых моделях структуру и геометрию, тем не менее полученные теоретические зависимости могут служить основой для приближенной оценки данного микрорельефа поверхности в отношении ее площади и объема, в котором преобладает один из рассмотренных видов микрорельефа.

Основная практическая ценность установленных геометрическим моделированием закономерностей влияния вида и параметров микрорельефа поверхности на ее активную площадь и объем заключается в следующем.

Во-первых, определен вид микрорельефа, который необходимо сформировать на поверхности, чтобы обеспечить наилучшие условия ее взаимодействия с жидкой фа-

зой наносимого на нее покрытия, а в конечном итоге, наибольшую прочность ее сцепления с материалом подложки.

Во-вторых, исходя из этого, можно обосновать методы предварительной поверхности, обеспечивающие формирование на ней микрорельефа в виде совокупности множества лунок, имеющих форму, близкую к конической.

Очевидно, что в основе таких методов обработки должен лежать процесс локального пластического деформирования поверхностного слоя металла острыми вершинами твердых частиц, в частности, абразивными зернами, твердость которых выше твердости обрабатываемого материала. Такие условия взаимодействия твердых частиц с обрабатываемой поверхностью реализуются в процессе ее пескоструйной обработки, которая широко используется в качестве метода предварительной подготовки поверхностей различных изделий перед нанесением на них всевозможных покрытий. Вместе с тем помимо пескоструйной обработки аналогичными технологическими возможностями в отношении формирования рассматриваемого вида микрорельефа поверхности обладают методы, основанные на виброударном взаимодействии инструмента с обрабатываемой поверхностью при наличии между ними абразивной прослойки. При ударе инструмента по абразивным зернам происходит их прямое динамическое внедрение в обрабатываемую поверхность с образованием на ней лунок. В результате такой обработки на поверхности формируется микрорельеф в виде совокупности множества лунок, разделенных перемычками, при отсутствии направленных следов обработки, т. е. имеет место «безразличная» шероховатость.

Для осуществления виброударной обработки поверхности свободным абразивом помимо низкочастотных виброприводов (механических, пневматических, электро-механических и т. п.) могут эффективно использоваться высокочастотные виброударные колебательные системы, основанные на применении ультразвуковых преобразователей. Важно подчеркнуть, что по сравнению с пескоструйной, виброударная обработка позволяет получить более высокую энергию удара, сообщенную абразивным зернам, которая является одним из основных факторов в данном процессе. Она определяет не только геометрические параметры получаемого на обрабатываемой поверхности микрорельефа, но и уровень физических характеристик металла поверхностного слоя в результате его пластического деформирования абразивными зернами. В свою очередь, такие из них, как уровень свободной энергии граничного слоя, степень и глубина упрочненного слоя металла, величина остаточных напряжений в нем, оказывает существенное влияние на условия взаимодействия обработанной поверхности с жидкой фазой наносимого на нее покрытия. Поэтому при одинаковых параметрах микрорельефа обработанной поверхности предпочтение следует отдать тому методу, который обеспечивает такой уровень физических характеристик состояния металла поверхностного слоя, при котором реализуются наилучшие условия взаимодействия поверхности с жидкой фазой наносимого на нее покрытия. Однако в рамках данной работы решение такой задачи не предусматривалось, так как изучение этих вопросов является предметом последующих отдельных исследований.

Заключение

Обобщая результаты выполненных исследований, можно сформулировать следующие основные выводы.

Показано, что с целью повышения прочности сцепления наносимого покрытия, содержащего жидкую фазу, с поверхностью изделия на ней предварительно необходимо сформировать микрорельеф, обеспечивающий ее наибольшую площадь и объем.

На основе анализа характерных особенностей микрорельефа поверхности при ее обработке различными методами установлены три специфических его вида. Так при обработке лезвийным инструментом или инструментом со связанным абразивом микрорельеф поверхности представляет собой совокупность однонаправленных рисок; пескоструйной обработке соответствует микрорельеф поверхности в виде множества лунок, имеющих форму, близкую к конической; при электроэрозионной обработке микрорельеф также представляет собой совокупность множества лунок, но имеющих форму, близкую к сферической.

С использованием геометрических моделей, соответствующих трем видам микрорельефа поверхности, получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать приращение площади и объема поверхности с данным видом микрорельефа по сравнению с абсолютно гладкой поверхностью.

Установлено, что при прочих равных условиях оптимальными с точки зрения обеспечения наибольшей площади поверхности и ее объема является микрорельеф, представляющий собой совокупность множества конических лунок. В меньшей степени эти показатели наблюдаются у поверхности, имеющей микрорельеф в виде однонаправленных рисок, а поверхность с микрорельефом в виде совокупности множества лунок сферической формы характеризуется наименьшим значением, как ее площади, так и объема.

Обоснованы методы предварительной обработки поверхностей, обеспечивающие формирование на ней микрорельефа в виде совокупности множества лунок, имеющих форму, близкую к конической, т. е. оптимального для нанесения покрытий. Показано, что в основе таких методов обработки должен лежать процесс локального пластического деформирования поверхностного слоя металла острыми вершинами твердых частиц, в частности, абразивными зёрнами, твердость которых выше твердости обрабатываемого материала. Исходя из этого, предложено помимо традиционно применяемой пескоструйной обработки использовать в качестве предварительной обработки поверхностей их виброударную обработку свободным абразивом. При этом за счет применения различных типов виброприводов, включая виброударные акустические колебательные системы, такая обработка обладает большими технологическими возможностями в сравнении с пескоструйной.

Литература

1. Киселев, М. Г. Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М. Г. Киселев, В. Т. Минченя, В. А. Ибрагимов. – Минск : Тесей, 2001. – 334 с.
2. Киселев, М. Г. Повышение качества шаржированная боковых поверхностей распиловочных дисков путем их предварительной абразивной обработки / М. Г. Киселев, П. О. Корзун // Вестн. БНТУ. – 2007. – № 3.
3. Киселев, М. Г. Определение технологических показателей процесса обработки боковых поверхностей распиловочных дисков лепестковыми абразивными кругами / М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, П. О. Корзун // Вестн. БРГУ. – 2008. – № 2. – С. 39–47.
4. Джейкок, М. Химия поверхностей раздела фаз / М. Джейкок, Дж. Парфит. – Москва : Мир, 1984. – 269 с.
5. Филонов, М. Р. Измерение плотности металлических расплавов методом лежащей капли с использованием цифровой фотокамеры / М. Р. Филонов // Материаловедение. – 2002. – № 1. – С. 13–19.

6. Епифанов, В. И. Технология обработки алмазов в бриллианты / В. И. Епифанов, А. Я. Лесина, Л. В. Зыков ; под ред. В. И. Епифанова. – Москва : Высш. шк., 1987. – 335 с.
7. Артамонов, Б. А. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / Б. А. Артамонов, Ю. С. Волков, В. И. Дрожалова. – Москва : Высш. шк., 1983. – 247 с.

Получено 20.01.2009 г.