

УДК 744.426

## **К ВОПРОСУ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В КУРСЕ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ**

**А.В. Чудинов**, канд. техн. наук, профессор,

**В.В. Сушко**, канд. техн. наук, доцент,

**Б.А. Касымбаев**, канд. пед. наук, доцент,

**Н.И. Кальницкая**, канд. пед. наук, доцент

*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Российская Федерация*

Ключевые слова: шероховатость, микрогеометрия поверхностей, регулярный микрорельеф, обозначение шероховатости.

Аннотация. Рассматриваются методы обработки поверхностей без удаления и с удалением слоя материала и обозначение шероховатости поверхностей на чертежах.

В курсе инженерной графики при выполнении студентами учебных заданий, связанных с разработкой чертежей и эскизов деталей машин и аппаратов, необходимо объяснять, какая информация, кроме отображения геометрических форм, представляется на чертеже (эскизе). К такой информации относятся: размеры, точность их выполнения, предельные отклонения формы и расположения поверхностей, покрытие, шероховатость поверхностей, технические требования и др. Под качеством поверхности принято понимать совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя материала. При этом шероховатость является одним из важнейших показателей качества поверхности.

Все параметры качества поверхности обычно разделяют на две группы: физические и геометрические. К физическим параметрам относят: твердость поверхностного слоя, внутренние остаточные напряжения, структуру и др. К основным геометрическим параметрам относят четыре вида отклонений поверхности от идеальной: *отклонения формы, волнистость, шерохова-*

тость и опорная поверхность. Остановимся здесь только на параметрах шероховатости.

Шероховатость поверхностей по ГОСТ 2789-73 является одной важнейшей из всех геометрических характеристик качества поверхности, нормируемых конструктором. При этом наиболее часто используются параметры  $Ra$  и  $Rz$ . Однако при назначении требований к шероховатости поверхности редко применяются расчеты из-за их сложности, а чаще всего используется опыт применения изделий, работавших в аналогичных условиях.

Рассматривая профилограмму микрорельефа поверхности, записанную прибором с многократным увеличением после финишной механической обработки, можно отметить, что этот рельеф нерегулярен и хаотичен (рисунок 1).

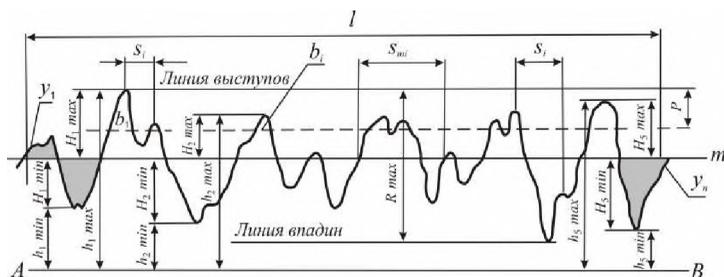


Рисунок 1. Профилограмма поверхности

Хаотичность и нерегулярность микрорельефа поверхности затрудняет или делает невозможным решение задачи его оптимизации. Но при большинстве применяемых методов финишной обработки поверхностей деталей получается именно такой хаотичный и нерегулярный микрорельеф. В то же время на сегодняшний день разработан ряд технологических процессов для получения регулярного микрорельефа поверхностей, обеспечивающего улучшение их эксплуатационных свойств. Это: специальная обработка рабочей поверхности цилиндров ДВС для создания сетки маслоудерживающих углублений; образование сетки продольных рисок глубиной 0,005 мм и длиной около 1 мм, расположенных в шахматном порядке на поверхности поршневого пальца, нанесение кольцевых канавок на валах в местах

контакта с сальниковыми уплотнениями; универсальный метод образования регулярных микрорельефов, стальным шаром или алмазным наконечником предложенный Ю.Г. Шнейдером [1, 2], – метод вибрационного накатывания, основанный на тонком пластическом деформировании поверхностных слоев металла и сложным относительным перемещением обрабатываемой поверхности и деформирующего элемента.

За счет одновременного независимого варьирования значений большого числа параметров режима вибрационного накатывания становится возможным образование регулярных микрорельефов различных видов. При этом практически в неограниченных пределах можно изменять и регулировать значения как стандартизованных, так и не стандартизованных геометрических параметров поверхности.

Исследованиями выявлены оптимальные регулярные микрорельефы рабочих поверхностей многих пар, работающих в самых различных условиях. Одним из методов регуляризации микрорельефа поверхностей деталей является метод вибрационного накатывания для цилиндрических поверхностей. Он выполняется по схеме, приведенной на рисунок 2.

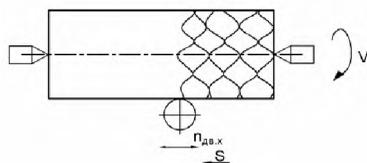


Рисунок 2. Схема метода вибрационного накатывания

Из опыта и исследований известно, что такие важнейшие эксплуатационные свойства деталей, как износостойкость, условия работы на трение, способность удерживать смазку и многие другие, зависят от формы неровностей, опорной поверхности, числа выступов на единицу площади и их взаимного расположения, однородности неровностей по высоте и форме и других параметров. Это вытекает также из сопоставления профилограмм поверхностей, обработанных разными способами с одинаковой шероховатостью. Это значит, что если оценивать

шероховатость поверхности только по одному параметру, например, по высоте микронеровностей, как показано в работе Ю.Г. Шнейдера (рисунок 3), то мы не сможем учитывать другие не менее важные характеристики, о которых шла речь выше. Поэтому конструктор при проектировании может и должен нормировать не только стандартные, но и не стандартизованные геометрические характеристики, так как во многих случаях шероховатость, характеризуемая высотой микронеровностей, не является главенствующим параметром, наиболее точно отражающим связь микронеровности поверхности с тем или иным ее свойством. При этом чаще всего не один параметр, а комплекс характеристик определяют свойства поверхности.

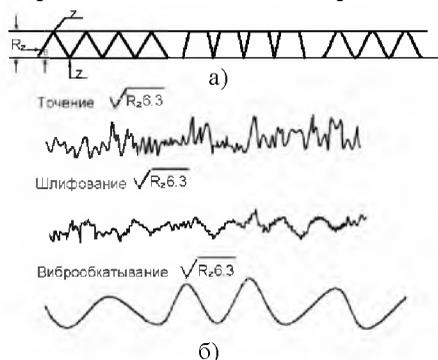


Рисунок 3. Параметры шероховатости после различных методов обработки

Особое влияние на все эксплуатационные свойства поверхностей имеет форма микронеровностей. Большими возможностями по регулированию формы микронеровностей в больших пределах отличается разработанный Ю.Г. Шнейдером метод вибрационного обкатывания и раскатывания шарами и алмазными наконечниками.

Параметры и характеристики поверхностей с регулярным микрорельефом приведены в ГОСТ 24773-81. Регулярные микрорельефы (РМР) включают в себя полностью регулярные микрорельефы (ПРМР) и частично регулярные микрорельефы (ЧРМР).

Например, поверхности с ПРМР характеризуются:

- типом элементов поверхности – четырехугольником и шестиугольником (рисунок 4);
- формой элементов – выпуклым микрорельефом (рисунок 5, а), вогнутым микрорельефом (рисунок 5, б).

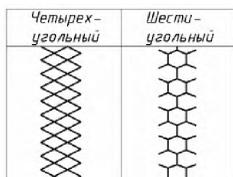


Рисунок 4. Типы ПРМР

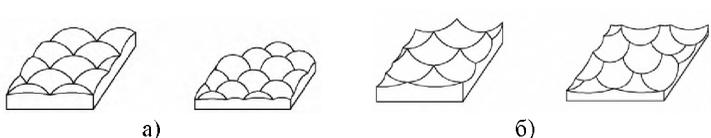


Рисунок 5. Формы элементов ПРМР

Поверхности с ЧРМР характеризуются: группой; видом (рисунок 6); формой: выпуклым микрорельефом, вогнутым микрорельефом. В ГОСТ 24773-81 приводятся числовые значения глубины (высоты) регулярно расположенной неровности в мкм, относительной площади поверхности, угла направления неровностей и амплитуды непрерывной регулярно расположенной неровности, которые может выбрать конструктор.

Шахматное расположение регулярных неровностей	Кольцевое расположение регулярных неровностей	Отсутствие пересечения регулярных неровностей	Неполное пересечение регулярных неровностей	Полное пересечение регулярных неровностей

Рисунок 6. Виды частично регулярных микрорельефов

Но к сожалению этот ГОСТ не в полной мере отражает параметры микрогеометрии поверхностей, образованных специальными методами обработки (техпроцессами), и как следствие,

эти нюансы невозможно указать в предусмотренном стандартом ЕСКД ГОСТ 2.309-73 знак для обозначения шероховатости.

Структура знака для обозначения поверхностей с регулярным и частично регулярным микрорельефом предлагалась Ю.Г. Шнейдером [1] (рисунок 7), однако в стандарт она не вошла.



Рисунок 7. Структура знака обозначения шероховатости



Рисунок 8. Поверхность после шлифования (фото, x500)



Рисунок 9. Поверхность после шлифования и обкатки шариком (фото, x500)

Регулярный микрорельеф поверхности может быть получен не только методом виброобкатывания по Ю.Г. Шнейдеру. Так, например, при упрочняюще-чистовой обработке деталей, примененной в работе [3], получается микрорельеф поверхности с отпечатками сферической формы от наконечника инструмента, колеблющегося с ультразвуковой частотой. На рисунках 8, 9, 10 показаны фотографии поверхностей, обработанных разными способами. На рисунке 8 показана поверхность детали после шлифования, на рисунке 9 – после шлифования и обкатки шариком (без вибраций), а на рисунке 10 – после шлифования и ультразвукового упрочнения. На фотографии шлифованной поверхности после обкатки шариком видно, что неровности сглажены, а на фотографии после ультразвукового упрочнения следов шлифования нет, а микронеровности состоят из чередующихся углублений сферической формы.

Исследования деталей с такими поверхностями показали, что углубления являются «карманчиками», удерживающими смазку, что способствует увеличению износостойкости деталей при трении.



Рисунок 7. Поверхность после ультразвукового упрочнения (фото,  $\times 500$ )

Обозначение шероховатости поверхностей, полученных обработкой инструментом, колеблющимся с ультразвуковой частотой, в настоящее время не стандартизовано. Однако имеются исследования для деталей из разных материалов, позволяющие использовать рекомендованные режимы обработки, полученные экспериментальным путем, для определенных условий эксплуатации.

Если конструктор не считает необходимым или возможным задавать требования к микрогеометрии поверхностей с учетом их обработки отмеченными выше методами или какими-то другими специальными методами, то в этом случае он чаще всего ограничивается назначением параметров  $Ra$  или  $Rz$  по ГОСТ 2.309-73. Тогда на всех поверхностях изделия, выполняемых по чертежу, независимо от метода их образования (кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции) необходимо нанести условный знак с обозначением параметра шероховатости в соответствии с ГОСТ 2.309-73.

Таким образом, параметры  $Rz$  и  $Ra$  по ГОСТ 2789-73 являются основными. Конструктор, назначая эти параметры для поверхностей, исходит из стремления обеспечить необходимую работоспособность изделия [4]. Однако следует отметить, что задание конструкторами шероховатости поверхностей только параметрами  $Ra$  или  $Rz$  всегда является оптимальным, так как характеристика микрогеометрии поверхностей не всегда исчерпывается только ими. Поэтому в ответственных случаях должны

предъявляться повышенные требования к качеству поверхностей деталей машин и аппаратов, в том числе и к их микрогеометрии. Значит конструктор не должен ограничиваться назначением только параметров  $Ra$  или  $Rz$ , а использовать и другие возможности для более полной характеристики микрогеометрии поверхностей. А это значит, что в преподавании курса «Инженерная графика» следовало бы отмечать этот факт, тем более что современные предприятия в качестве заключительных операций применяют обработку поверхностей деталей виброобкатыванием и поверхностно-упрочняющую обработку инструментом, колеблющимся с ультразвуковой частотой. Эти виды обработки значительно улучшают эксплуатационные свойства поверхностей деталей машин и аппаратов в различных условиях. Кроме того, виброобкатывание применяют также и в декоративных целях, например, как способ отделочных операций изделий народного потребления.

Из всего изложенного можно сделать вывод, что при таком взгляде на подачу затронутой темы раскрывается междисциплинарная связь курса «Инженерная графика» с другими дисциплинами, например, такими, в которых излагаются основы технологии машиностроения, конструирования и проектирования изделий и разработки рабочих чертежей деталей.

### **Список литературы**

1. Шнейдер Ю. Г. Нормирование и контроль качества поверхности деталей машин / Ю. Г. Шнейдер. – Ленинград : Ленингр. дом науч.-технич. пропаганды, 1969. – 45 с.
2. Шнейдер Ю. Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микро рельефом / Ю. Г. Шнейдер. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 248 с.
3. Чудинов А. В. Упрочняюще-чистовая обработка стальных закаленных деталей ультразвуковым инструментом : дис. ... канд. техн. наук / А. В. Чудинов. – Новосибирск, 1972. – 132 с.
4. Инженерное документирование: электронная модель и чертеж детали : учеб. пособие / Н. Г. Иванцовская, Н. И. Кальницкая, Б. А. Касымбаев, А. В. Чудинов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новосибирск : НГТУ, 2014. – 175 с.