

При испытаниях на износостойкость, потерю массы диска и колодки после шести часов испытаний зафиксировать не удалось (для всех испытуемых материалов). В связи с этим, было принято решение увеличить скорость вращения до 750 об/мин, а нагрузку – до 1000 Н (5 МПа). В таком режиме образцы отработали еще по 2 часа, однако и после этого потери массы обнаружено не было. На этом было принято решение испытания на износостойкость прекратить.

*Выводы.* Анализируя динамику изменения значений коэффициента трения в процессе испытаний, рекомендую материал Проксон 21031 в качестве рабочего покрытия шеек гребных валов, работающих в паре с резинометаллическими дейдвудными подшипниками.

*Т.А. Брагинская, В.А. Орехово*  
*ФБОУ ВПО «ВГАВТ»*

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СУДОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Измерение шероховатости поверхности является важной задачей, во многом определяющей эксплуатационные характеристики деталей и агрегатов. В статье рассмотрены наиболее распространенные методы измерения шероховатости и приборы, позволяющие осуществлять контроль основных параметров.

Шероховатость (микрогеометрия) поверхности является одной из важнейших характеристик, которая оказывает большое влияние на многие эксплуатационные свойства деталей и механизмов: износостойкость, усталостную прочность, долговечность, герметичность. Шероховатость поверхности представляет собой совокупность неровностей, образующих рельеф реальных поверхностей с относительно малыми шагами.

Рассматриваемые микронеровности образуются в процессе механической обработки путем копирования формы режущих инструментов, пластической деформации поверхностного слоя деталей под воздействием обрабатывающего инструмента, трения его о деталь, вибраций и т. д.

Шероховатость оказывает большое влияние на работу подвижных соединений (трущихся пар). При больших неровностях трущихся поверхностей подшипников, направляющих, ползунов, поршней и т. д. соприкосновение между ними происходит в отдельных точках, нарушается непрерывность масляной пленки, происходит интенсивный износ поверхностей, увеличиваются зазоры. При очень малых неровностях масло не задерживается в зазорах соединения и нарушается оптимальный режим трущихся поверхностей.

В неподвижных соединениях гребешки (выступы) неровностей при сборке срезаются или в процессе работы соединения сминаются, тем самым нарушается выбранный характер сопряжения. У посадок с натягом, которые передают крутящие моменты и осевые силы за счет сил трения, слишком гладкие поверхности снижают коэффициент трения и уменьшают эффективность соединения с натягом.

Прочность деталей тоже зависит от состояния поверхности. Разрушение деталей, особенно при переменных нагрузках, в большей степени зависит от наличия концентраторов напряжений, которыми являются имеющиеся неровности. Финишные методы обработки (доводка, полирование, суперфиниш и т. п.) значительно снижают величину шероховатости и повышают усталостную прочность деталей.

Уменьшение шероховатости поверхности существенно улучшает антикоррозионную стойкость деталей и герметичность соединений [1, 2].

Графическое изображение профиля шероховатости поверхности представлено на рисунке 1.

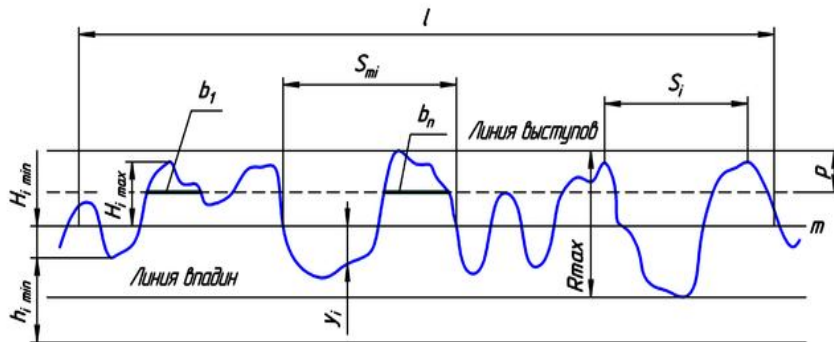


Рис. 1. Профиль шероховатости поверхности

Самой распространенной системой определения числовых значений параметров шероховатости поверхности является система средней линии (система М), которая соответствует рекомендациям ISO и ГОСТ 2789-73. По стандарту для нормирования шероховатости поверхности установлено шесть параметров: три высотных ( $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ ), два шаговых ( $Sm$ ,  $S$ ) и параметр относительной опорной длины профиля ( $tp$ ). Количественно шероховатость поверхности оценивается такими основными параметрами:

- среднее арифметическое отклонение профиля –  $Ra$ ;
- высота неровности профиля по десяти точкам (сумме средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов) –  $Rz$ ;
- наибольшая высота неровностей профиля –  $Rmax$ ;
- средний шаг неровностей профиля –  $Sm$ ;
- средний шаг неровностей профиля по вершинам –  $S$ ;
- опорная длина профиля –  $lr$ ;
- относительная опорная длина профиля –  $tp$  [3].

Существует качественный и количественный контроль параметров шероховатости поверхности и осуществляется тремя следующими основными методами.

Сравнительный (качественный) метод основан на сравнении реальной поверхности изделия с образцами шероховатости, которые имеют стандартные значения параметра  $Ra$  (ГОСТ 9378-93) и изготавливаются для определенных способов обработки материалов. Контрольные образцы представляют собой набор пластин или образцовых деталей, которые обработаны с определенной шероховатостью. Этот метод является простым и доступным, обеспечивает достоверность контроля при  $Ra > 1,25$  мкм и  $Rz > 10$  мкм и широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности оценки используют сравнительные микроскопы, в которых рядом ставят образец и контролируемую деталь. Вместо образцов шероховатости могут быть также применены аттестованные образцовые детали. Этот метод находит применение при единичном производстве изделий.

Количественный контроль параметров шероховатости осуществляют бесконтактными и контактными средствами измерений.

Оптический метод представляет собой измерение параметров шероховатости бесконтактными оптическими приборами (двойными микроскопами, микроинтерферометрами и др.). Оптические приборы для измерения параметров шероховатости поверхности (ГОСТ 9847-79) основаны на принципе одновременного преобразования

профиля поверхности и предназначены для измерения параметров  $R_{max}$ ;  $R_z$ ;  $S$  по ГОСТ 2789-73.

Стандартом устанавливаются следующие типы приборов: ПТС – приборы теневого сечения; ПСС – приборы светового сечения; МОМ – микроскопы однообъективные муаровые; МИИ – микроскопы интерференционные, действие которых основано на двухлучевой интерференции света; МПИ – микроскопы-профилометры интерференционные, действие которых основано на интерференции света с образованием полос равного хроматического порядка. Диапазоны измерений параметров шероховатости для некоторых из указанных типов приборов следующие: ПТС –  $R_z$ ;  $R_{max}$  – 40 – 320 мкм; МИИ –  $R_z$ ;  $R_{max}$  – 0,05 – 0,8 мкм;  $S$  – 0,2 – 1,6 мм;  $S$  – 0,002 – 0,05 мм; ПСС –  $R_z$ ;  $R_{max}$  – 0,5 – 40 мкм; МПИ –  $R_z$ ;  $R_{max}$  – 0,05 – 0,8 мкм;  $S$  – 0,002 – 0,5 мм; МОМ –  $R_z$ ;  $R_{max}$  – 0,8 – 40 мкм;  $S$  – 0,0005 – 0,5 мм.

Механический контактный метод предусматривает измерение параметров шероховатости с помощью щуповых приборов (профилометров и профилографов). Числовые значения параметров шероховатости определяются либо непосредственно по шкале прибора (профилометров), либо по увеличенным изображениям профиля или записанной профилограммы разреза (профилографов). При контактных методах измерения шероховатости поверхности по контролируемой поверхности перемещается алмазная или стальная игла (с радиусом закругления 1–12 мкм). При этом она осуществляет микроперемещения по направлению своей оси, соответствующие изменению профиля поверхностных неровностей. Эти микроперемещения усиливаются и регистрируются отсчетными устройствами. Профилографы позволяют автоматически получить увеличенную запись микропрофиля поверхности в виде профилограммы [4].

В щуповых приборах для измерения параметров шероховатости поверхности применяются индуктивные, электронные и пьезоэлектрические преобразователи механических колебаний иглы в электрические сигналы. Например, профилографы-профилометры модели 201 и 252, в которых использован индуктивный преобразователь, позволяют записывать профиль неровностей в увеличенном масштабе в виде профилограммы или измерять параметры шероховатости в цифровом виде по шкалам приборов. Прибор модели 201 оценивает параметр шероховатости  $R_a$  от 0,02 до 8 мкм, а прибор модели 252 –  $R_a$  от 0,05 до 60 мкм. Приборы снабжены преобразователем, электронным измерительным блоком со счетно-решающим блоком и записывающим устройством.

В цеховых условиях возникает потребность в оперативном определении параметров шероховатости поверхности, а не в записи профилограмм. Для этих целей выпускают портативные профилометры модели 253 и 283, принцип действия которых основан на преобразовании колебаний иглы с помощью механотронного преобразователя. Профилометр модели 253 имеет диапазон измерения  $R_a$  от 0,04 до 2,5 мкм, профилометр модели 283 –  $R_a$  от 0,02 до 10 мкм.

В настоящее время отечественные и зарубежные фирмы предлагают для измерения шероховатости многошкальные и портативные профилометры и профилографы, качество которых удовлетворяет требованиям международных стандартов ISO, DIN, ANSI, JIS. Фирма «Mitutoyo» (Япония) выпускает портативный прибор типа «SurfTest SJ-210», предназначенный для измерения параметра  $R_a$ . Компания «Mahr GmbH» (Германия) предлагает профилометры «MarSurf PS1», «MarSurf M300», «MarSurf M400». Метрологический Центр «Мастер-Сервис» является официальным представителем «Hommel-Etamik» (Германия) в России и реализует мобильные приборы для контроля параметров шероховатости в производственных условиях: «Hommel-Etamik W5», «Hommel-Etamik T1000Basic».

Современные приборы оснащены интерфейсом для связи с компьютером, просты, удобны и надежны в эксплуатации. Они имеют низкие массогабаритные характеристики, их можно применять для контроля шероховатости поверхности судовых деталей.

**Список литературы:**

- [1] Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учебн. заведений / [А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик]. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 384 с.
- [2] Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. 1982. – Ч. 1. 543 с., ил.
- [3] Нормирование точности изделий машиностроения: учеб. пособие/ В.Н. Кайнова, Г.И. Лебедева, Т.Н. Гребнева [и др.] /под. ред. В. Н. Кайновой. – 2-е изд. испр. и доп.; НГТУ, Н. Новгород, 2007. – 209 с.
- [4] Интекосервис [Электронный ресурс]// Методы исследования и контроля шероховатости поверхности металлов и сплавов. – Режим доступа: <http://www.pse.scpt.org.ua/en/journal> (дата обращения: 12.05.2014).

**В.В. Ванцев, Н.Д. Горбунов**  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СУДОВОГО ОЗОНАТОРА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ОСУШИТЕЛЯ – ОБОГАТИТЕЛЯ ВОЗДУХА**

В данном докладе речь пойдет об осушителях воздуха, используемых в судовых озонаторах. Известно, что работа любого озонаторного агрегата зависит от блоков подготовки воздуха перед синтезом озона. Воздух в данном случае должен быть сухим (абсолютная влажность не выше  $0,03 \text{ г/м}^3$ ) и, желательна, обогащенным кислородом. Озонатор тем эффективнее, чем выше вырабатывает концентрацию озона. Концентрация главным образом зависит от процентного содержания кислорода в газовой смеси, подаваемой на синтез, от ее влажности и температуры. Если брать в качестве исходного газа промышленный кислород, можно добиться хороших результатов, но при этом резко возрастают эксплуатационные расходы, связанные с покупкой и доставкой баллонов с кислородом. Для систем, работающих непрерывно, такой способ не оправдан. Чистый кислород выгодно использовать для медицины, научных исследований, то есть для случаев кратковременного использования оборудования.

Большинство озонаторов работают на атмосферном кислороде, покупать который пока не требуется.

Адсорбционное разделение воздуха на азот и кислород относится к циклическим адсорбционным процессам, регенерация адсорбента в которых происходит за счет снижения общего давления. В англоязычной литературе они получили название процессы PSA (от английского «Pressure Swing Adsorption»), в отечественной литературе такие процессы носят название короткоцикловая адсорбция (КЦА).

Процессы PSA в настоящее время широко распространены и непрерывно развиваются, что в значительной степени обусловлено эффективным решением проблемы регенерации адсорбента. Адсорбционная стадия цикла обычно протекает быстро и с высокой степенью эффективности. Стадия регенерации в адсорбционных процессах с нагревной регенерацией адсорбента является наиболее сложной и энергоемкой стадией цикла, определяющая адсорбционную способность, расход и срок службы адсорбента, а в конечном итоге – основные капитальные и эксплуатационные затраты на разделение газовых смесей. Впервые процесс PSA был предложен инженером Чарльзом Скарстромом (США).

Адсорбционное разделение воздуха на цеолитах основано на селективной адсорбции азота на этих адсорбентах, при этом газовая фаза обогащается кислородом.