

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Кафедра конструирования приборов и установок
Основы проектирования киберфизических устройств и систем

Реферат по теме:

**«Методы контроля шероховатости поверхности в
промышленности»**

Выполнил студент группы Б21-601:

Торотенков Д.Б. _____

Москва 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Параметры шероховатости.....	3
2 Способы измерения шероховатости.....	4
2.1 Сравительно бесконтактный метод.....	4
2.2 Бесконтактный оптический метод.....	5
2.3 Метод слепков.....	7
2.4 Контактные методы.....	7
3 Профилометры.....	9
3.1 Контактные профилометры.....	9
3.2 Бесконтактные профилометры.....	10
4 Важность контроля шероховатости поверхностей.....	11
5 Пути улучшения качества поверхности.....	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	14
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	15

Введение

Шероховатость наряду с допуском на размер, допуском формы и допуском расположения определяет качество детали. Именно неровности на поверхности играют важную роль в определении различных функциональных характеристик, таких как соединение, стойкость к износу, контактная прочность, отражение света, передача тепла, сохранение смазки, сцепление и другие свойства.

Для того чтобы поверхность могла эффективно выполнять свои функции, необходимо определить определенные стандарты качества. Это делается инженерами путем установления числовых значений параметров шероховатости. Соблюдение этих стандартов должен гарантировать технолог с помощью правильного выбора оборудования и инструментов.

В настоящее время существует два основных способа для измерения параметров: бесконтактный метод, предназначенный для измерения шероховатости поверхности и щуповой метод измерения. Оба эти метода получили значительное распространение, так как информация о качестве поверхности становится все более важной. Активно развиваются топографические или трехмерные способы измерения шероховатости поверхности.

В России действует официальный стандарт ГОСТ 2789-73[1]. Так шероховатость поверхностей изделий, независимо от материала, является объектом регулирования по ГОСТ 2.309-73, который также определяет способы обозначения этого параметра на чертеже [2] и ГОСТ 25142-82 [3].

1. Параметры шероховатости.

Существуют три ключевых характеристики, которые определяют тип поверхности: высота, максимальное отклонение и профиль. Для каждого из этих параметров используются специальные обозначения. R_a , R_{max} и R_z .

В соответствии с понятием, изложенным в стандарте ГОСТ 2789-72 [1], R_a – это среднее отклонение профиля, которое является предпочтительным. Численное значение этого параметра выбирается из таблицы, указанной в том же государственном стандарте..

Иногда бывает более удобно использовать опцию R_z – оценка шероховатости предполагает выставление баллов по 10 критериям, включая пять наиболее высоких вершин и пять самых глубоких впадин. Этот показатель применяется в ситуациях, когда невозможно осуществить прямой контроль R_a . Такие обстоятельства могут возникнуть при использовании инструмента с сложной структурой поверхности.

Параметр R_{max} отвечает за максимальную разницу высоты неровностей профиля на стандартной длине. Используется, когда требуется ограничить общую высоту

неровностей профиля. Также как с R_z , применяется, когда измерение R_a из-за технических проблем это невозможно.

Существуют также шаговые параметры шероховатости, такие как средний шаг неровностей на поверхности профиля. Шаг неровностей профиля по вершинам - это разница между максимальной и минимальной высотой неровностей на профиле.

На изображении 1 показаны различные характеристики поверхности.

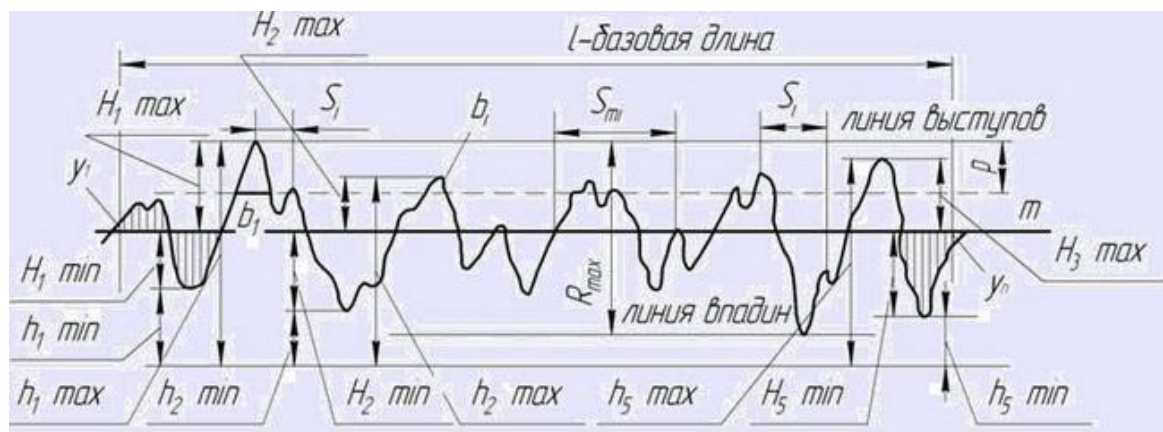


Рисунок 1 - Параметры шероховатости.

В реальности, шероховатость обычно определяется одним показателем R_a . Но бывают исключения, когда непосредственная функциональность изделия напрямую связана с шероховатостью его поверхности.

Важно учитывать возможность достижения необходимой шероховатости с помощью эффективных и экономически обоснованных методов. Хорошей практикой является выбор наивысшей степени шероховатости, которая допускается. При определении шероховатости необходимо учитывать конструкторские требования и выбранный технологический процесс. Например, шероховатость отверстия должна быть немного выше, чем шероховатость вала.

Для гарантирования возможности замены деталей, шероховатость должна быть установлена согласно требуемой точности соединения, то есть выбранной посадкой и обработкой с необходимым качеством.

2. Способ измерения шероховатости

Контроль шероховатости является обязательным этапом в производственном процессе. Существует множество методов оценки шероховатости. Наиболее распространенным стал бесконтактный оптический метод, метод измерения по слепкам и контактный метод.

2.1 Сравнительно бесконтактный метод

Суть данного подхода заключается в сравнении текстуры исследуемой детали с образцом шероховатости с помощью визуального или тактильного метода. Эти образцы соответствуют требованиям, установленным в государственном стандарте ГОСТ 9378-93. Этот метод отличается тем, что может быть использован только на поверхностях с неровностями $Ra > 1.25$.

Для проведения сравнительного анализа безконтактным методом требуются образцы материалов, полученных различными методами обработки: эталоны, которые представлены в комплекте (см. рисунок 2). Как правило, такие комплекты включают в себя образцы для фрезерования, токарной обработки, сверления, шлифования, обработки струёй песка и другие виды обработки материалов. Комплекты поставляются с паспортом, который включает информацию о входящих в них образцах, способах их обработки и шероховатости.

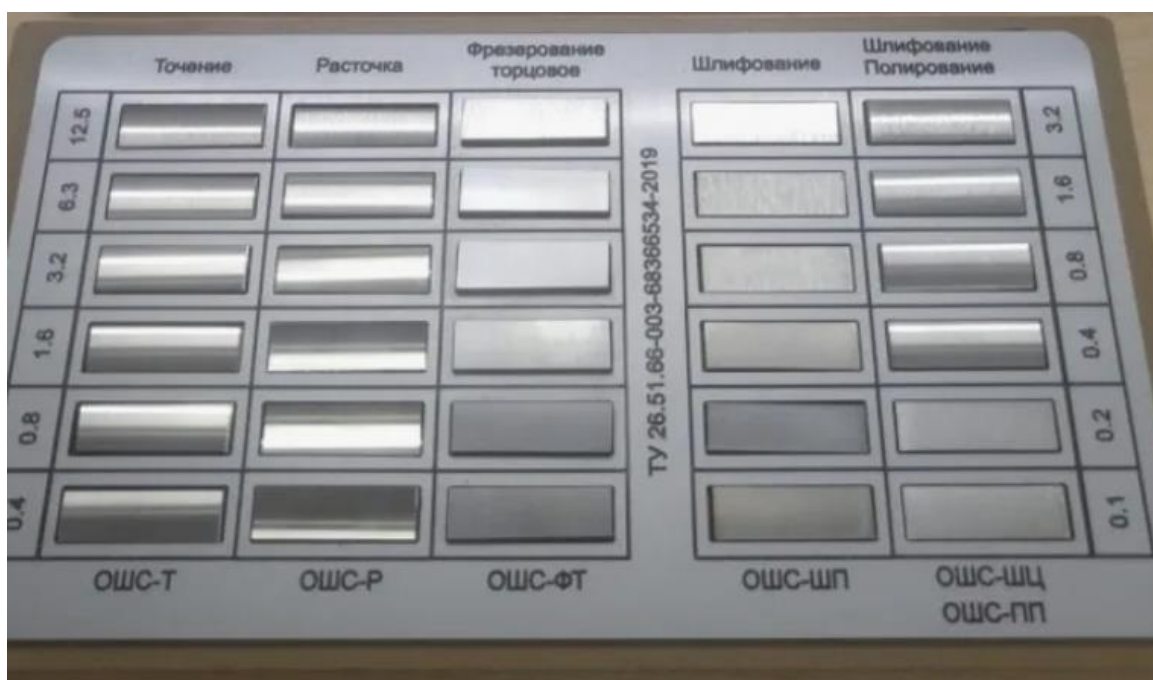


Рисунок 2 – Набор образцов шероховатостей

Метод не требует использования более сложного и технически продвинутого оборудования. В результате этого метода можно достичь более высокой эффективности и качества производства.

Для приспособления этого метода к индивидуальному производству применяют сертифицированные образцовые детали.

2.2 Бесконтактный оптический метод

Оптический метод представляет собой процесс измерения параметров шероховатости с использованием бесконтактных оптических приборов, которые работают на основе принципа одновременного преобразования профиля поверхности и предназначены для измерения параметров: R_{max} , R_z . Согласно требованиям ГОСТ9847-79,

используются различные виды оптических приборов: ПТС (прибор теневого свечения) и ПСС (прибор светового свечения), включая прибор МИС-11 системы В.П.Линника. Микроскопы интерференционного измерения (МИИ) и микроскопы-профилометры интерференционные (МПИ) используют двулучевую интерференцию света для своего функционирования. Например, МИИ-4, МИИ-5 и МИИ-10 представляют собой различные модели таких приборов. На третьем изображении показан принцип функционирования данной методики.

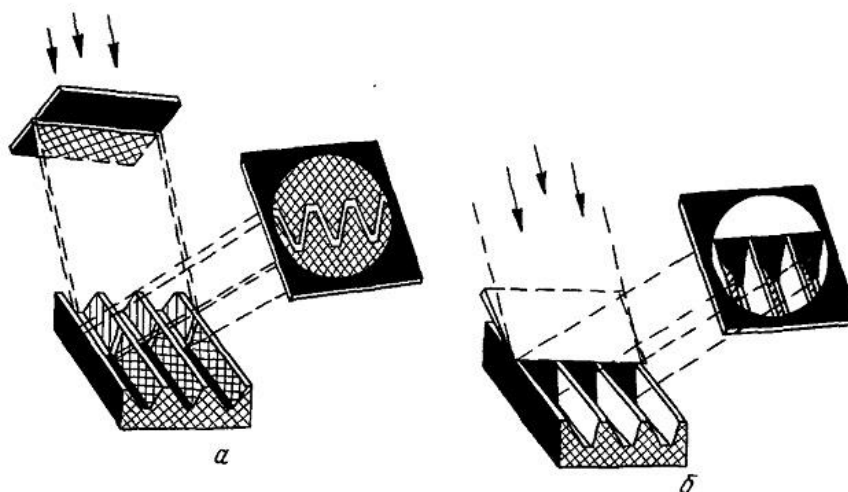


Рисунок 3 – Бесконтактный оптический метод определения шероховатости

Чаще всего для измерения параметров неровности применяется метод светового свечения, который заключается в следующем: световой поток от источника света преобразуется в узкий пучок через узкую щель, после чего под определенным углом направляется на поверхность для измерения. Отраженный луч проходит через объектив, формируя изображение щели в окуляре. Идеально ровная поверхность будет соответствовать прямой светящейся линии, в то время как шероховатая поверхность приведет к искривлению линии.

Метод теневого измерения является продолжением традиционного метода светового измерения: на небольшом расстоянии от поверхности, которую изучают, устанавливают специальную линейку с наклонным ребром. Пучок света проходит через эту линейку и создает на поверхности тень, которая точно повторяет профиль изучаемой поверхности. При анализе этого изображения через микроскоп делают выводы о характере и параметрах шероховатости.

2.3 Метод слепков

Этот прием используется в случае, когда поверхность, которую необходимо контролировать, расположена в отдаленном месте, куда трудно добраться или обладает сложной формой. Для создания слепков используют легкоплавкие сплавы, целлулоид, воск, парафин, гипс-хромпик и другие материалы. Образец прикладывается к области измерения неровностей с определенной силой. После отрывания слепок точно копирует поверхность с ее неровностями. Для измерения шероховатости поверхности слепка используются преимущественно бесконтактные методы измерения.

Слепок должен точно повторять текстуру поверхности, не деформируясь при его удалении, и не прилипать к детали.

Используются также прозрачные материалы для слепков, включая этанолцеллюлозную пленку, матовую пленку и нитроцеллюлозную пленку. Преимуществом таких материалов является их прозрачность и надежность, возможность проведения измерений с использованием интерференционного микроскопа и иммерсионной камеры Цеендера. Благодаря высокой точности получения отпечатков с механически обработанных поверхностей есть возможность измерения в широком диапазоне R_a от 0.1 до 30 мкм.

Существуют различные методы создания отпечатков, включая двухуровневые и одноуровневые, изображенные на рисунке 4. [4].

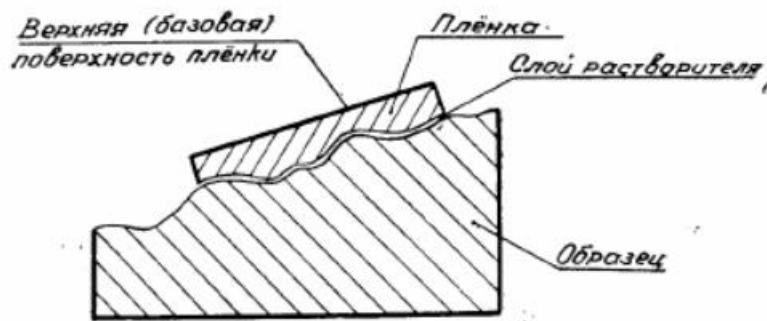


Рисунок 4 – методы наложения слепков.

Этот метод обеспечивает более высокую точность, чем обычные бесконтактные методы.

2.4 Контактные методы

Вместе с бесконтактными методами широко используются различные способы измерения. Например, применяются контактные или щуповые методы. Основу данного метода составляет сканирование алмазной иглой поверхности для определения ее шероховатости. При движении по поверхности игла поднимается и опускается в впадины, так как она расположена перпендикулярно к поверхности. Колебания иглы отражают

неровности поверхности и преобразуются в электрический сигнал. Этот сигнал усиливается, после чего можно получить различные параметры шероховатости поверхности. Для измерения параметров используются два метода: профилометрирование и профилографирование. При профилометрировании измеряются параметры неровностей поверхности, а при профилографировании записываются параметры неровностей профиля поверхности в выбранном масштабе.

Щуповые электромеханические приборы, предназначенные для измерений параметров шероховатости поверхности, называют профилометрами, а такие же приборы для записи неровностей поверхности - профилографами. Профилографы - профилометры позволяют не только записывать профиль поверхности, но и измерять параметры шероховатости. На рисунке 5 изображен пример профилографа-профилометра.



Рисунок 5 – Профилограф-профилометр

В щуповых приборах для оценки шероховатости поверхности используются различные типы преобразователей механических колебаний иглы в электрические сигналы, включая индукционные, индуктивные, электронные и пьезоэлектрические.

2.4.1 Контактные щуповые приборы

По определению щуповой прибор – это устройство, которое использует щуп для измерения неровности поверхности. для увеличения оригинальности и создания профиля данной поверхности.

На рисунке 6 изображено устройство щупового прибора.

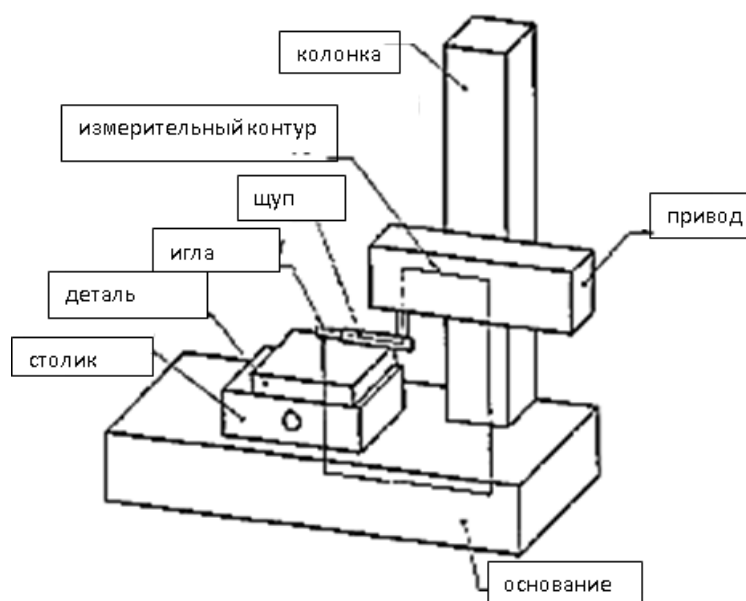


Рисунок 6 – Устройство щупового прибора.

Основным компонентом щупового прибора является игла, которая имеет форму конуса с сферическим концом определенного радиуса. Движение датчика относительно детали осуществляется с помощью привода, который передает горизонтальное положение щупа в виде горизонтальной координаты профиля. Вся система крепится к основанию для обеспечения жесткости конструкции.

Информация, полученная с датчика, проходит усиление и преобразуется в цифровой формат с помощью аналого-цифрового преобразователя. Затем цифровой сигнал передается в компьютер.

Для преобразования колебаний иглы в электрические сигналы применяются различные типы датчиков, такие как пьезоэлектрические, индуктивные и емкостные преобразователи.

3. Профилометры

Профилометры делятся на контактные и бесконтактные в зависимости от принципа работы. Контактные профилометры оснащены специальным щупом, который сканирует поверхность изделия и передает информацию о ее состоянии. Экран устройства может быть интегрирован в корпус или находиться на расстоянии. Также существуют контактные профилометры, способные непосредственно печатать результаты анализа поверхности.

Бесконтактные профилометры, также известные как оптические, применяют лазерные и оптические датчики для анализа состояния поверхности.

3.1 Контактные профилометры

Эти устройства включают в себя различные компоненты, такие как щуп, привод, преобразователь, АЦП, усилитель, дисплей, переключатель режимов и реле для установки

временного интервала. Щупы обычно изготавливаются из прочных материалов, например, алмазов. На седьмом рисунке представлена конструкция иглы контактного профилометра.

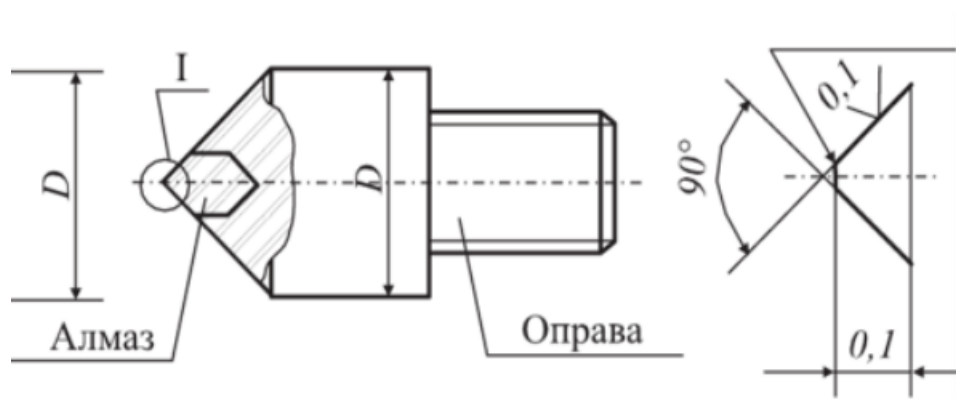


Рисунок 7 – Структура иглы

Современные устройства позволяют проводить измерения шероховатости не только на плоских поверхностях, но и на выпуклых.

3.2 Бесконтактные профилометры

Бесконтактные профилометры работают без контакта с поверхностью, что позволяет измерять даже очень маленькие дефекты и неровности. Преимущество это: возможность удаленного сканирования, быстрой передачи данных и автоматического вывода информации на экран монитора или принтер для последующей печати. Разрешенное расстояние до измеряемой поверхности зависит от типа устройства. Как и в случае с контактными моделями, бесконтактные приборы можно разделить на две основные группы: стационарные и портативные.

Современные бесконтактные профилометры обеспечивают возможность получения всесторонней информации о шероховатости поверхности. К параметрам, которые можно получить с помощью бесконтактного профилометра, включают в себя: характеристики профиля поверхности (вертикальные или горизонтальные), точность измерения конкретной поверхности, погрешности в процессе сканирования и общая погрешность измерений, разрешение шага измерений прибора.

На изображении 8 изображен бесконтактный профилометр, который был изготовлен в Германии: Mahr MarSurf PS1 [5]. Для данной модели характеристика шероховатости охватывает значения R_a от 5 до 15 микрон.

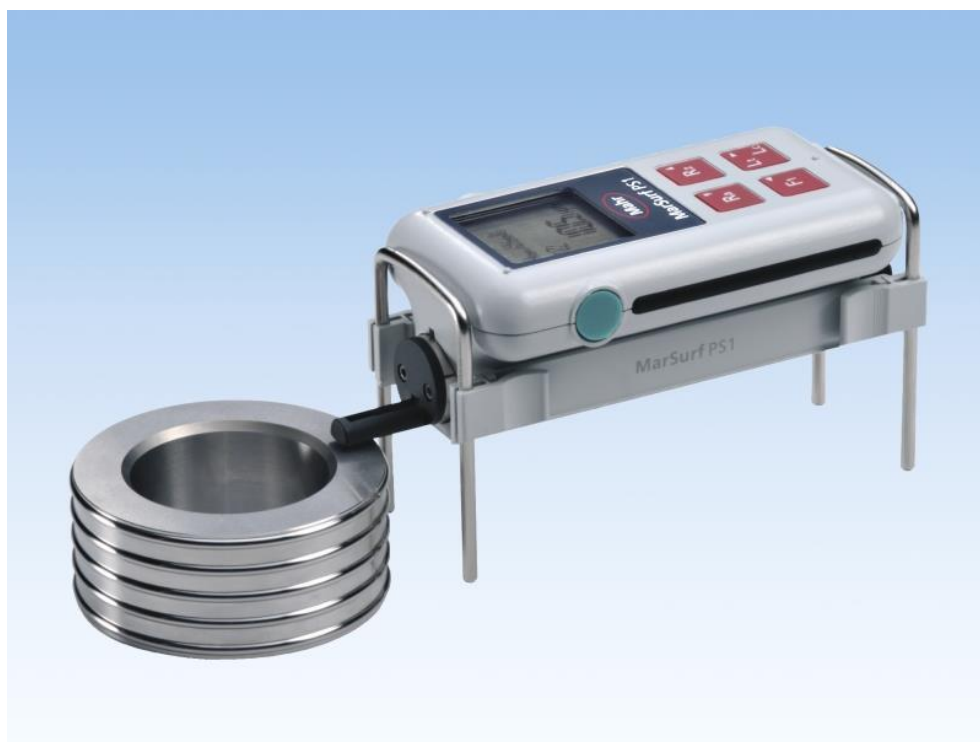


Рисунок 8 – Бесконтактный профилометр Mahr MarSurf PS1

Современные профилометры могут функционировать как от электрической сети, так и от встроенного аккумулятора. Недостатком данных устройств, является менее надежная работа в условиях пыли, влаги и вибрации. Один из ключевых моментов при использовании этого устройства - это необходимость обеспечить чистоту поверхности, которая будет измеряться без контакта. Иначе можно столкнуться с неточностями в результате измерений.

4. Важность контроля шероховатости поверхности

Контроль качества поверхностей играет важное значение, поскольку одной из ключевых причин поломок деталей машин является износ рабочих поверхностей. Для уменьшения износа рабочих поверхностей рекомендуется придавать деталям нужную шероховатость, чтобы уменьшить первичный износ.

Также важно учитывать влияние шероховатости на появление усталостных трещин в материалах. Неровности на поверхностях приводит к образованию концентраций напряжений, что может сказываться на работе деталей, подверженных переменной нагрузке или циклическому режиму нагружения. Пагубно сказываются на изделиях наличие рисок от инструмента в областях с высокой концентрацией напряжений, таких как канавки и проточки. Обязательно осуществляется дополнительная обработка поверхности для критически важных деталей, таких как: валы, шатуны, роторы турбин и другие.

Шероховатость имеет значение при осуществлении посадок. Прочность соединения в посадках в значительной степени зависит от качества поверхностей, которые сопрягаются.

При проведении процесса запрессовки происходит перемещение микронеровностей, что приводит к уменьшению фактического натяга по сравнению с расчетным. Сопротивление разрыву снижается более значительно на более шероховатых поверхностях. Прочность соединений после прессования оказывается выше, если предварительно произведены шлифование и развертывание сопряженных поверхностей, чем при точении и растачивании. При запрессовке с применением теплового воздействия микронеровности остаются на месте. Прочность таких соединений оказывается выше, чем при обычной запрессовке, с тем же натягом.

Необходимо отметить, что атмосферная коррозия происходит более интенсивно на поверхностях, которые были грубо обработаны. Менее обработанные поверхности становятся более подверженными коррозии, чем поверхности, прошедшие качественную обработку. То же самое относится и к наклепу, который увеличивает скорость коррозии примерно в два раза. Это объясняется тем, что в результате пластической обработки поверхность становится менее защищенной от воздействия коррозии. Микроскопические неоднородности в материале могут вызывать деформации, которые впоследствии могут стать причиной образования коррозии. Важно отметить, что шероховатость и наклеп имеют незначительное влияние на антикоррозионные свойства в условиях с повышенной температурой. Поэтому для защиты от коррозии и эрозии при высоких температурах применяют различные методы обработки поверхностей, такие как алитирование, плазменное напыление, эмалирование и другие.

Характеристики поверхности оказывают влияние на процессы смазки, трения, теплопроводности и герметичности соединений, а также на способность поверхностей отражать и поглощать свет, оказывать сопротивление протеканию газов и жидкостей в трубопроводах, кавитационному износу в гидравлических устройствах и другим факторам, влияющим на состояние поверхностей и соединений.

5. Пути улучшения качества поверхностей

Одной из важнейших целей в области машиностроения является формирование поверхностного слоя с определенными характеристиками. Качество поверхностей деталей машин во многом определяется методом их обработки. Для различных задач требуется как упрочнение внешнего слоя, так и его ослабление для улучшения работы. Важно создать оптимальные условия для механических свойств и усталостных напряжений, соответствующие поставленной задаче.

Для улучшения качества поверхностного слоя можно использовать как стандартные методы обработки, так и специализированные методы упрочнения. Качество поверхности зависит не только от предшествующей обработки, но и от процессов заготовки. Весь производственный процесс организован таким образом, чтобы материал сохранял оптимальные технологические свойства. Технологическая наследственность оказывает влияние на качество поверхности, которое можно определить по таким параметрам, как остаточные напряжения, наклеп поверхностного слоя и твердость поверхностного слоя. Однако, наиболее значительное влияние на качество поверхности оказывают последние этапы обработки. Одной из ключевых задач является обеспечение высокого качества поверхности после процессов шлифования и точения.

Существует множество способов обработки поверхности без удаления материала. Эти методы используют пластическую деформацию верхнего слоя материала, что приводит к образованию сжимающих остаточных напряжений и повышению прочности поверхности для увеличения стойкости деталей до предельных значений. Дробеструйное упрочнение является одним из наиболее распространенных методов упрочнения поверхности на основе пластической деформации. Наряду с ним применяется наклепывание и обкатывание роликами и шариками.

Для увеличения прочности сварных швов, улучшения долговечности цветных сплавов и стали используется метод дробеструйного наклепывания. Наклёпыванию после завершения обработки подлежат пружины, зубчатые колеса и другие детали сложных форм. На качестве поверхности сильно сказывается размер и скорость движения дроби, угол удара по поверхности, расход дроби и время обработки. Глубина наклепа достигает 0,5—1,5 мм, что повышает твердость поверхности на 20—50%, создавая сжимающие напряжения 50—80 кгс/мм² на поверхности и растягивающие под ней. Применение данного процесса увеличивает срок службы пружин в 1,5—2 раза, зубчатых колес в 2,5 раза, рессор в 10—12 раз. После процесса обработки поверхность становится более гладкой. Ra изменяется с 3,2 до 0,8 мкм. При этом растёт спрос на специализированное оборудование с металлическими шариками определенного размера для обработки как новых, так и уже обработанных тепловым методом деталей. Процесс обработки осуществляется в специальных камерах при помощи специализированных устройств и занимает не более 10 минут.

Процесс обкатывания роликами позволяет снизить шероховатость поверхности и улучшить точность размеров деталей. Для достижения оптимальных результатов необходимо правильно подобрать размер и материал роликов или шариков, а также правильно настроить оборудование для обработки каждого типа деталей. Обкатывание с

использованием роликов для обработки лезвийных инструментов после окончательной обработки позволяет уменьшить высоту микронеровностей в 2-3 раза и увеличить носовую поверхность. На изображении 11 показан пример этого процесса.

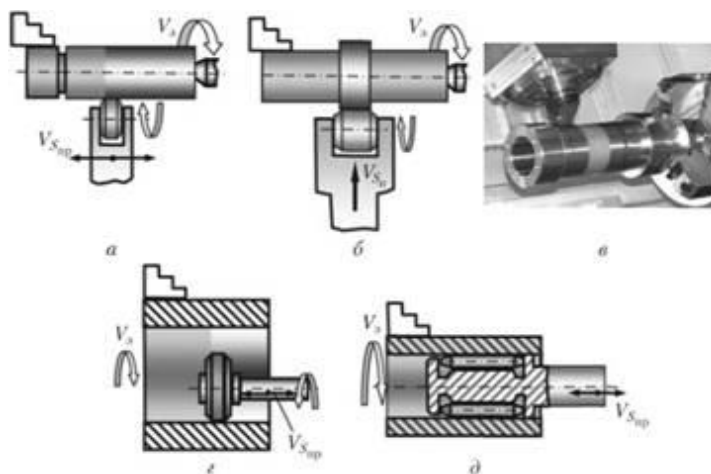


Рисунок 9 – Обкатывание роликами

После обкатывания при использовании уплотняющих роликов для обработки деталей из стали 45, предел выносливости деталей может увеличиться вдвое. Если целью обработки является упрочнение поверхности, то силы, необходимые для этого, будут значительно увеличены, однако, это приводит к некоторому снижению точности обработки.

6. Заключение

В данном реферате были рассмотрены способы контроля шероховатости поверхности в производстве. Проведено сопоставление его функциональности с методами, не требующими прямого контакта. В статье изложены особенности использования различных подходов для оценки шероховатости поверхности, а также устройство профилографа и профилометра. Также были обоснована необходимость контроля шероховатости поверхностей деталей машин и методы ее улучшения.

Список используемых источников

1. Стандарт ГОСТ 2789-73*. Определение шероховатости поверхности. Основные показатели и характеристики. Введ. 1973 – 04 – 23. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
2. Стандарт ГОСТ 2.309-73*. ЕСКД. Предписания обозначения шероховатости поверхностей. Введ. 1973 – 11 – 09. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
3. ГОСТ 25142-73*. Определения терминов и понятий, касающихся шероховатости поверхности. Введ. 1982 – 02 – 18. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
4. Палей, М.А. Справочник по допускам и посадкам. В 2 томах / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Восьмое издание. перераб. и доп. – СПб: Политехника, 2001. – 576 с.
5. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик. – 4-е изд., стереот. – М.: Академия, 2008. – 384 с.
6. Анухин, В.И. Допуски и посадки: учеб. пособие / В.И. Анухин. – 5-е изд. – СПб: Питер, 2012. – 256 с.
7. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с. + CD-R.
8. Колчков, В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.И. Колчков. – М.: ФОРУМ; Инфра-М, 2013. – 432 с.
9. Методы измерения и контроля / URL: revolution.allbest.ru/manufacture/00499648_0.html (дата доступа 07.06.2024)
10. Шероховатость поверхностей / Волгоградский государственный технический университет / URL: revolution.allbest.ru/manufacture/00499648_0.html