

УДК 621.753

МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Г.С. Кульгейко, Е.М. Голубчикова, А.Д. Дещеня
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Шероховатость поверхности в сочетании с физико-механическими и электрохимическими свойствами поверхностного слоя определяет эксплуатационное состояние поверхности. Микрогеометрия поверхностного слоя совместно с точностью формы является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности, оказывающих определяющее влияние на работоспособность подвижных соединений деталей машин. В подвижных соединениях деталей шероховатость в значительной степени влияет на трение и износ сопрягаемых поверхностей [1].

При недостаточно гладких трущихся поверхностях, то есть при большой шероховатости, соприкосновения между ними происходят в отдельных точках, что значительно увеличивает удельное давление. Вследствие этого смазка выдавливается из зоны контакта, нарушается непрерывность масляной пленки и создаются условия для полусухого и даже сухого трения. А в условиях работы современных быстроходных и точных сопряжений деталей машин особенно важно обеспечить при малых зазорах жидкостное трение при тонких масляных пленках.

Слишком высокие требования к шероховатости поверхности, то есть чрезмерное уменьшение параметров микронеровностей, кроме значительного увеличения затрат на обработку, могут привести к ухудшению эксплуатационных показателей работы сопряжения. Так, например, в узлах скольжения при слишком гладких сопрягаемых поверхностях может возникнуть явление «схватывания», при котором частицы металла отрываются от трущихся поверхностей, попадают в контактную зону и ускоряют износ.

В процессе эксплуатации состояние поверхностного слоя непрерывно меняется, что проявляется в изменении физико-механических свойств и микрогеометрии поверхности, её шероховатости. В начальный период контакт поверхностей в паре трения происходит по вершинам неровностей. В местах контакта происходит интенсивное начальное изнашивание и в зависимости от условий трения происходит как уменьшение, так и увеличение шероховатости сопрягаемых поверхностей. Формируется некоторая оптимальная для конкретной пары трения

шероховатость. Параметры такой эквивалентной шероховатости образуются на основании параметров шероховатости обеих поверхностей [1,2].

Один из элементов пары трения обычно по своим физико-механическим свойствам отличается от другого, их рабочие поверхности могут быть получены с применением различных методов механической и термической обработки. А так как поверхности имеют различные характеристики, то при контакте микронеровности более жесткого элемента будут внедряться в поверхность менее жесткого, интенсивность изнашивания менее жесткого элемента зависит от многих факторов, в том числе существенно от шероховатости поверхности более жесткого элемента.

И если в начальный период приработки наблюдаются пластические деформации, то постепенно пластические деформации трансформируются в упругие. В результате заданная технологическая шероховатость преобразуется в установившуюся эксплуатационную шероховатость поверхностей, то есть формируется новая микрогеометрия трущихся деталей сопряжения. При одинаковых условиях изнашивания (материалы, режимы работы, смазка и т.п.) после приработки устанавливается примерно одинаковая, оптимальная с точки зрения износа, шероховатость, не зависящая от первоначально полученной при механической обработке.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделия. Выбор числовых значений параметров шероховатости производится в соответствии с условиями работы соединения и требованиями к его эксплуатации. При этом учитывается также возможность технологического обеспечения заданной шероховатости рациональными методами обработки.

В настоящее время применяются следующие основные способы регламентации первоначального качества поверхности:

1. По прототипу (метод прецедентов).

Основан на поиске однотипного решения, подобного проектируемому, в таких же сборочных единицах или других узлах и машинах ранее разработанных и эксплуатируемых в сходных условиях. Назначают значения параметров такие же или близкие к известным, обеспечивающим требуемую работоспособность и долговечность деталей сопряжения.

2. Метод подобия (аналогов).

Является развитием метода прецедентов и основан на классификации деталей машин по конструктивным и эксплуатационным признакам. Выбор значений параметров осуществляется на выявлении аналогий проектируемой сборочной единицы по конструкции и условиям

эксплуатации с признаками подобных решений, представленных в справочной и другой технической литературе.

Общим недостатком этих двух методов является сложность выявления аналогии признаков при недостатке практического опыта разработчика и отсутствии точного технического решения.

3. Расчетный метод.

Методика расчетов базируется на учете условий функционирования сборочной единицы и эксплуатационных требованиях к ней. Например, для подвижных соединений расчеты могут быть выполнены на основе теории трения. По полученным значениям расчетных параметров выбираются стандартные значения, наиболее близкие к расчетным, а средние к оптимальным. Метод является наиболее обоснованным, но и более сложным и трудоемким, требующим высокой квалификации разработчика.

4. Экспериментальный метод.

Осуществляется на основе экспериментальных исследований и опытных данных о работоспособности конкретного сопряжения в данных эксплуатационных условиях. Метод трудоемкий и дорогостоящий. Как правило ему предшествуют предварительные расчеты или выбор значений параметров на основе других известных методов.

5. Комбинированный метод.

Предполагает применение нескольких способов. Например, ориентируясь на общие рекомендации (анalogии) выбор значений параметров дополняют уточняющими расчетами, часто эмпирического характера.

Применительно к шероховатости поверхности в основном используются следующие методы определения параметров Ra или Rz :

1. Для наиболее характерных видов сопряжений имеются общетехнические и отраслевые рекомендации по выбору числовых значений параметров шероховатости.

2. На поверхности некоторых стандартизированных и нормализованных деталей и поверхности, с которыми они соприкасаются, параметры шероховатости определены стандартами.

3. При отсутствии конкретных указаний по назначению шероховатости, ограничение параметров микронеровностей могут быть связаны с допусками размеров, формы или расположения этих поверхностей. Такие рекомендации изложены во многих общетехнических и отраслевых изданиях (справочниках, руководящих материалах, методических пособиях и т.п., например, в [3,4]).

В общем, требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделия. Выбор числовых значений параметров шероховатости производится в соответствии с условиями

работы соединения и требованиями к его эксплуатации. При этом учитывается также возможность технологического обеспечения заданной шероховатости рациональными методами обработки. Оптимальная исходная шероховатость таких поверхностей должна быть близкой к получающейся в процессе приработки [1].

Определенные ограничения параметров шероховатости связаны с точностью размеров и формы поверхности. И хотя однозначной зависимости между этими параметрами нет, однако для деталей сопряжений в зависимости от точности (допуска) размера и формы поверхности устанавливаются минимальные требования к шероховатости в виде максимального значения высотного параметра шероховатости [3].

При изготовлении высокоточных деталей гидромашин и аппаратов накладываются жесткие ограничения на допуски формы цилиндрических поверхностей. В зависимости от соотношения между допуском формы и допуском диаметра применяют высокую (С) и особо высокую относительную геометрическую точность поверхности.

Высокая (С) геометрическая точность (допуск формы составляет 25% от допуска размера) назначается для поверхностей в подвижных соединениях при высоких скоростях и нагрузках, высоких требованиях к плавности хода, снижению трения, герметичности уплотнения.

Особо высокая (допуск формы составляет менее 25% от допуска размера) назначается на поверхности, к которым предъявляются особо высокие требования по обеспечению кинематической точности, плотности и герметичности при больших давлениях, минимального трения, бесшумности, максимальной долговечности при тяжелых режимах работы. А также на детали, сортируемые на размерные группы, при числе групп более пяти.

Для каждого уровня, относительной геометрической точности в зависимости от качества допуска диаметра, устанавливается степень точности формы [3]. Например, 1 – 2-я степень точности применяется для деталей особо точных плунжерных и золотниковых пар, 3 – 4-я степень точности назначается на плунжеры, золотники, поршни, втулки и другие детали гидравлической аппаратура, работающие при высоких давлениях без уплотнения, а 5 – 6-я степень точности рекомендуется для поршней, золотников, гильз, цилиндров и других деталей гидравлической и пневматической аппаратуры при средних и низких давлениях без уплотнений или высоких и средних давлениях с уплотнениями.

Для прецизионных деталей при допуске формы T_f 25% от допуска размера T_p наибольшее допустимое значение параметра Ra , то есть верхний предел шероховатости ограничен

$$Ra \leq 0,012 T_p.$$

При допуске формы менее 25% от допуска размера рекомендуется, чтобы шероховатость

$$Ra \leq 0,15 T_f.$$

Исходя из выше приведенных рекомендаций на рисунке 1 представлены графические зависимости шероховатости цилиндрических поверхностей от допуска диаметра при особо высокой геометрической точности формы.

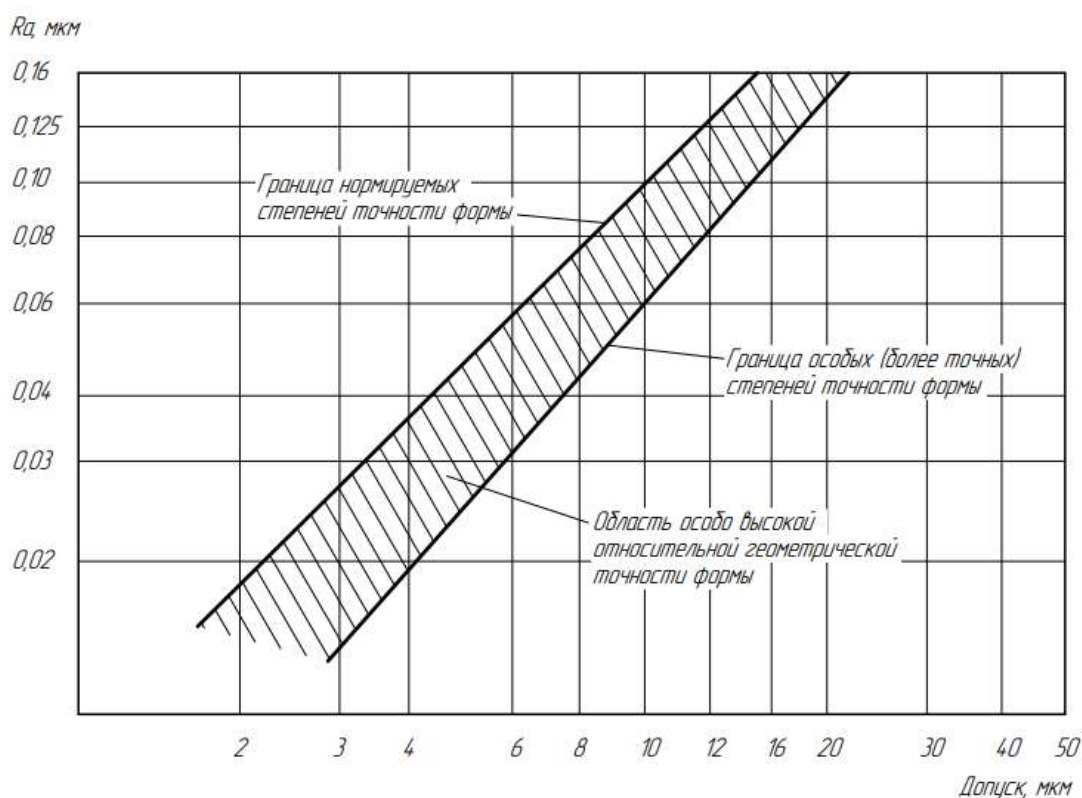


Рис. 1 – Зависимость шероховатости цилиндрических поверхностей от допуска диаметра

Верхняя граница определяет максимальные значения параметров шероховатости для нормируемых степеней точности формы, соответствующих стандартизированным взаимосвязям качеств диаметров и степеней точности. Нижняя граница соответствует параметрам шероховатости для прецизионных деталей при степенях точности, устанавливаемых в особых случаях и выбираемых более точными по сравнению с рекомендуемыми нормированными значениями.

Таким образом, представленные зависимости позволяют установить шероховатость поверхностей прецизионных деталей в зависимости от точности их диаметральных размеров сопрягаемых пар трения в гидромашинах и аппаратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
2. Крагельский И.В. Узлы трения машин: Справочник / И.В. Крагельский, Н.М. Михин. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.
3. Палей М.А. Допуски и посадки: Справочник / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – СПб.: Политехника, 2011. – 530 с.
4. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник / Р.И.Гжиров. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. – 464с.