

УДК 621.9.011(574)

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МЕТАЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ ОБРАБОТКИ

Д.М.Бимен, Ж.Н.Абілқайыр, Н.Мажсибаев

Казахский Национальный Технический Университет имени К.И.Сатпаева, г.Алматы, Казахстан

*Өңдеудің әртүрлі әдістері кезіндегі металдың беткі қабатының сапа мәселелері қарастырылған.**Рассмотрены вопросы качества поверхностного слоя металла при различных методах обработки.**The questions of the quality of the surface layer of the metal at various processing methods.*

В условиях эксплуатации машины внешним воздействиям в первую очередь подвергаются поверхности их деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения, разрушение в результате кавитации и других – это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к поверхности слое. Естественно, что придание поверхности деталей специальных свойств способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и в первую очередь показателей надежности.

Качество поверхности – это совокупность всех служебных свойств поверхностного слоя материала. Под термином «поверхностный слой» понимается сама поверхность и ее некоторый поверхностный слой, отличающийся от материала сердцевины детали. Глубина слоя h различная в зависимости от условий эксплуатации детали: несколько микрометров – для измерительного калибра, несколько сотен микрометров – для вала машины.

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин. Наиболее существенным для практических целей является установление зависимости между параметрами конкретного технологического процесса обработки поверхности, показателями качества поверхностного слоя и показателями деталей машин в эксплуатации.

Качество поверхностного слоя металла обуславливается свойствами металла и методами обработки: механической, электрофизической, термической и т. д. В процессе механической обработки поверхностный слой деформируется под действием нагрузок и температуры, а также загрязняется примесями и другими инородными включениями.

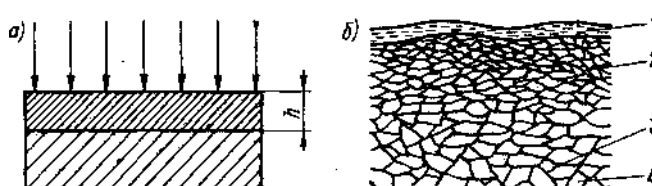


Рисунок. Поверхностный слой (а) и схема его строения после механической обработки (б)

Схематически строение поверхностного слоя детали после механической обработки представлено на верхнем рисунке. Упрочненный слой, состоящий из верхнего слоя 1, слоя 2 с текстурой, в котором зерна имеют преимущественную ориентацию, и пластически деформированного слоя 3, имеет уменьшенную по сравнению с сердцевиной 4 плотность; в нем существенно увеличено количество дислокаций и других дефектов строения

кристаллической решетки. Этот слой имеет увеличенную по сравнению с сердцевиной детали твердость.

Субмикроскопический рельеф (СМР) поверхности имеет особую природу возникновения. Его параметры зависят прежде всего от внутренних несовершенств деформируемого металла и прилагаемых напряжений. Для качественных и количественных характеристик субмикрорельефа большую роль играют пленки окислов и адсорбированных слоев жидкости. Количественно характер СМР определяется величиной выступов и впадин, их формой и частотой расположения на поверхности металла.

Установлено влияние СМР, например на адгезию, адсорбцию, отражательную способность и др. Однако законы образования СМР и численные характеристики, как при его появлении, так и при нагружении, например трением, пока ещё не изучены и при оценке качества поверхности не учитывают, а поэтому и не нормируют.

Сложность решения задач, связанных с нормированием, технологическим обеспечением и контролем геометрических параметров реальных поверхностей, состоит в том, что их весьма трудно выделить в отдельности. В реальных поверхностях могут встречаться их комбинации.

Конструктор должен предельно регламентировать параметры, характеризующие как физические, так и геометрические характеристики поверхности. Однако во многих случаях требования к качеству поверхности могут быть выявлены лишь экспериментальным путем, так как зависимость различных эксплуатационных свойств поверхности от различных физических и геометрических параметров ее сложны и недостаточно изучены.

Взаимосвязь параметров качества поверхности деталей и их эксплуатационных свойств является одним из основных направлений исследований в области машиностроения.

В настоящее время достаточно изучены вопросы связей качества обработанной поверхности с важными эксплуатационными показателями деталей и узлов машин.

Не все физико-химические свойства поверхностного слоя оказывают равноценное влияние на эксплуатационные характеристики деталей машин; определяющими являются его химический состав и строение (микроструктура).

Трение и износ деталей в значительной степени связаны с макронеровностями, волнистостью, микронеровностями, а также с направлением штрихов (следов) обработки.

Характеристики макронеровностей и волнистости сказываются на размерах тех участков, в которых находятся зоны фактического контакта, т. е. определяют контурную площадь касания. Наличие волн приводит к уменьшению опорной площади в 5 – 10 раз по сравнению с ровной шероховатой поверхностью. Высота волнистости W_z важнее, чем шаг S_w , в связи с тем, что первый параметр сильнее сказывается на величине опорной площади. Процесс контактирования поверхностей, имеющих макронеровности, в значительной степени определяется формой и размерами последних. Для оценки этого влияния следует учитывать не только предельные значения отклонений от правильной геометрической формы, но и взаимное расположение и форму макронеровностей сопрягаемых поверхностей деталей.

Во время начального изнашивания (приработки) технологический рельеф переходит в эксплуатационный, в результате чего происходит изменение размеров и формы неровностей, а также направлений обработочных рисок. Фактическая площадь контактирования поверхностей при этом увеличивается, так как увеличивается относительная опорная длина профиля t_p (кривая опорной поверхности).

В процессе приработки высота неровностей уменьшается или увеличивается до некоторого оптимального значения, различного для разных условий. Экспериментально установлено, что наименьший износ получается не при минимальной шероховатости трущихся поверхностей, а при шероховатости, имеющей оптимальное значение $R_{\text{опт}}$, отклонение от которой в большую и меньшую сторону приводит к увеличению изнашивания. В более тяжелых условиях работы кривая износа смещается вправо и вверх, а точки оптимальной шероховатости – вправо в сторону увеличения высоты неровностей.

Увеличение высоты неровностей по сравнению с оптимальным значением повышает изнашивание за счет возрастания механического зацепления, скалывания и среза неровностей. Уменьшение высоты неровностей по сравнению с оптимальным значением резко увеличивает изнашивание за счет молекулярного сцепления и заедания поверхностей, чему способствует выдавливание смазочного материала и плохая смачиваемость ею зеркально-чистых поверхностей. Поэтому прищабренные поверхности лучше притертых, так как на них имеются углубления, удерживающие смазочный материал. Хорошее удерживание смазочного материала обеспечивается слоем пористого хрома, пористой структурой металлокерамических деталей, а также системой мелких маслоудерживающих каналов, получаемых виброобкатыванием.

Оптимальная шероховатость характеризуется высотой, шагом и формой неровностей. Параметры оптимальной шероховатости зависят от качества смазочного материала и других условий работы трущихся поверхностей, их конструкции и материала. Диапазон $R_{\text{опт}}$, как правило, очень мал. Острове́ршинные микронеровности изнашиваются быстрее плосковершинных, так как площадь контакта меньше.

Микротвердость поверхностного слоя влияет на износостойкость. Предварительное деформационное упрочнение (наклеп) металла этого слоя уменьшает смятие и истирание поверхностей при наличии их поверхностного контакта. Например, деформационное упрочнение, возникающее в результате обработки резанием, уменьшает износ поверхностей в 1,5 – 2 раза. Положительное влияние предварительного деформационного упрочнения на износостойкость деталей проявляется не только в условиях трения со смазочным материалом, но и в такой же мере проявляется и при сухом трении: износостойкость увеличивается в 1,5 – 2 раза и более. Особенно сильное влияние деформационного упрочнения на износостойкость наблюдается для более пластичных и сравнительно мягких сталей, для которых даже незначительное повышение микротвердости в связи с этим вызывает существенное снижение износа.

В период приработки трущиеся поверхности не только приобретают оптимальную шероховатость, но и формируют оптимальную микротвердость металла поверхностного слоя. Положительное влияние деформационного упрочнения на износостойкость трущихся поверхностей проявляется только до определенной величины. При высокой микротвердости в результате «перенаклепа» износ возрастает из-за шелушения частиц металла. Поэтому упрочнение металла поверхностного слоя в процессе обработки деталей или при специальных упрочняющих операциях должно производиться при строго регламентированном значении деформационного упрочнения, чтобы предотвратить возникновение «перенаклепа».

Изнашивание значительно уменьшается при термической и химико-термической обработке деталей, наплавке и плазменном напылении деталей твердыми сплавами, а также при гальваническом нанесении твердых покрытий. Износостойкость чугуновых деталей повышают созданием на поверхностях трения отбеленной корки.

На уменьшение изнашивания влияют твердость, структура и химический состав поверхностного слоя. Наличие в слое остаточных напряжений сжатия несколько уменьшает изнашивание, а остаточных напряжений растяжения – увеличивает. Это влияние больше проявляется при упругом контакте и меньше при упругопластическом. Изнашивание изменяет остаточные напряжения в поверхностном слое детали.

Прочность деталей также зависит от шероховатости поверхности. Разрушение детали, особенно при переменных нагрузках, в большей степени объясняется концентрацией напряжений вследствие наличия неровностей. Чем меньше шероховатость, тем меньше возможность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Отделочная обработка деталей обеспечивает значительное повышение предела их усталостной прочности.

Уменьшение шероховатости поверхности значительно улучшает антикоррозионную стойкость деталей. Это имеет особенно важное значение в том случае, когда для поверхностей не могут быть использованы защитные покрытия.

Надлежащее качество поверхности играет немаловажную роль и в сопряжениях, отвечающих условиям плотности, герметичности, теплопроводности. С понижением шероховатости поверхностей улучшается их способность к отражению электромагнитных, ультразвуковых и световых волн; уменьшаются потери электромагнитной энергии в волнопроводных трактах, резонирующих системах, уменьшается емкость электродов; в электровакуумных приборах уменьшается газопоглощение и газовыделение, облегчается очистка деталей от адсорбированных газов, паров и пыли.

Важной геометрической характеристикой качества поверхности является направленность штрихов – следов механической и других видов обработки. Она влияет на износостойкость поверхности, определенность посадок, прочность прессовых соединений. В ответственных случаях конструктор должен оговаривать направленность следов обработки на поверхности детали. Это может оказаться необходимым, например, в связи с направлением относительного скольжения сопряженных деталей или с направлением движения до детали струи жидкости или газа. Изнашивание уменьшается и достигает минимума при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей.

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны с точностью размеров, так как точность сопряжения, устанавливаемая и определяемая размером зазора в соединении, в значительной степени зависит от соотношения высоты неровностей и поля допуска каждой из сопрягаемых деталей. Если учесть, что в период начального изнашивания высота неровностей может уменьшиться на 65 – 75 %, то в соединении появится дополнительный зазор, который может достигнуть значения допуска на изготовление детали, и точность соединения будет полностью нарушена. Для предотвращения этого во всех случаях ответственных сопряжений, от которых требуется длительное сохранение установленной конструктором точности, необходимо обработку деталей вести при достижении определенной оптимальной шероховатости трущихся поверхностей.

Высокой точности всегда отвечают малые шероховатости и волнистость поверхности. Это определяется не только условиями работы сопряженных деталей, но и необходимостью получения надежных результатов измерения в производстве. Уменьшение шероховатости поверхности вносит большую определенность в характер сопряжения, так как размер зазора (или натяга), полученный в результате контроля деталей, отличается от размера эффективного зазора или натяга, имеющего место в эксплуатации или при сборке. Эффективный натяг при сборке уменьшается, а зазор в процессе работы механизма увеличивается, причем тем больше и быстрее, чем более грубо обработаны сопрягаемые поверхности.

Малую шероховатость поверхности бывает необходимо использовать и для придания красивого внешнего вида детали или удобства содержания поверхностей в чистоте и т. д.

Литература

1. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Киев: Техника, 1971, 144 с.
2. Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. Минск: Наука и техника, 1977, 256 с.