

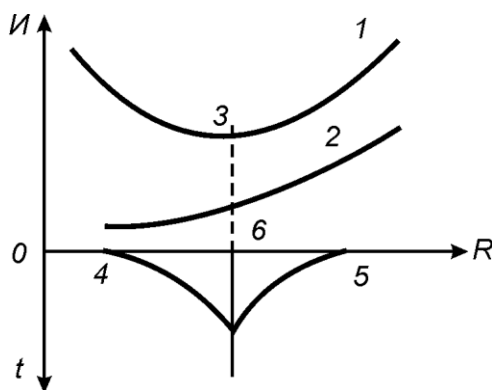
## ЛЕКЦИЯ-12

### ПОНЯТИЕ О РАВНОВЕСНОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ИЗНАШИВАЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ

При трении скольжения, независимо от значений величин исходной шероховатости рабочих поверхностей деталей, к концу приработки устанавливается для каждой из поверхностей пары скольжения определенная, свойственная данному сочетанию материалов и условиям трения шероховатость, сохраняющая стабильность при дальнейшем постоянном режиме трения («оптимальная шероховатость» или «равновесная шероховатость»).

На рисунке 1. приведена принципиальная схема определения шероховатости поверхности при изнашивании металлов, разработанная П.Е. Дьяченко. По вертикальной оси от 0 до  $I$  откладывается величина износа металла, а от 0 до  $t$  – время испытания. По горизонтальной оси откладывается шероховатость  $R$ . Верхняя кривая 1 показывает, как изнашивается металл при больших давлениях и недостаточной смазке (тяжелые условия трения). Минимальный износ получается при определенной шероховатости поверхности в  $m. 3$ . При более легких условиях работы (кривая 2) минимум износа сдвигается в область менее шероховатых поверхностей. В нижней части схемы показано изменение шероховатости трущихся поверхностей в зависимости от времени изнашивания  $t$ .

Из диаграммы следует, что при минимальном износе (верхняя половина диаграммы) устанавливается оптимальная шероховатость ( $m. 6$ ), к которой стремится исходная шероховатость ( $m. 4$  или  $5$ ) поверхностей трения после их обработки.



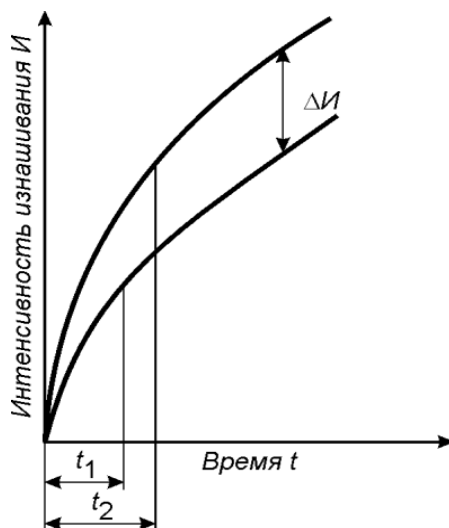
**Рисунок 1 – Связь между количеством изношенного металла  $I$ , временем изнашивания  $t$  и шероховатостью поверхности  $R$**

Таким образом, независимо от вида трения, в процессе приработки исходная шероховатость поверхностей переходит в эксплуатационную, т.е. ту, при которой длительно будут работать эти поверхности.

Если обеспечить обработку контактирующих деталей таким образом, чтобы показатели качества их поверхностей (микрогеометрия и др.) будут совпадать с приработанными поверхностями при некоторой кинематике относительного движения и заданном режиме трения, то не было бы необходимости в приработке пары трения для перехода в установившуюся стадию изнашивания. Опыт показывает, что продолжительность приработки и объем изношенного металла тем меньше, чем ближе исходная шероховатость трущихся поверхностей приближается к шероховатости их после приработки.

Поскольку к установившейся стадии изнашивания одинаковые пары трения приходят с соответственно одинаковыми шероховатостями поверхностей, то при прочих равных условиях скорость установившегося изнашивания должна быть одной и той же. Влияние исходной шероховатости поверхности на интенсивность изнашивания ограничивается стадией приработки.

На рисунке 2 представлены кривые износа одной и той же пары трения, кривая 1 относится к исходной шероховатости поверхности, требующей приработки меньшей длительности  $t_1$ . Начиная с момента  $t_2$ , течение кривых параллельное: скорости изнашивания равны, но сохраняется постоянная разность износов  $\Delta I$ , обусловленная большей скоростью изнашивания в процессе приработки по кривой 2. Влияние этой разницы заметнее при меньшей установившейся скорости или интенсивности изнашивания.



**Рисунок 2 – Влияние исходной шероховатости поверхности на интенсивность изнашивания**

## **Модели качества рабочих поверхностей деталей и технология их обеспечения**

Как было показано ранее, улучшение микрогеометрии поверхностей трения в эксплуатации, формирование оптимальной шероховатости как правило, связано с деформацией микрообъемов металла поверхностных слоев, текстурированием и тонким диспергированием. Дополнительное упрочнение поверхностных слоев происходит за счет пластической деформации микрообъемов металла и изменения химического состава в направлении формирования прочных и пластичных вторичных структур, хорошо связанных с основным металлом и равномерно расположенных на поверхностях трения. Изменение химического состава металла поверхностных слоев, как правило, происходит путем взаимодействия металла с кислородом воздуха и активными компонентами смазки. Эффективность действия смазки в создании износостойких вторичных структур особенно увеличивается в присутствии различных активных веществ.

Проведенные исследования и практика позволили сформулировать модель оптимального состояния (качества) поверхностного слоя, формирующегося в эксплуатации (при трении), который способен обеспечивать длительную работоспособность деталей:

- микрорельеф, образующийся в эксплуатации, должен соответствовать максимально возможной деконцентрации внешнего нагружения поверхности;
- структурное состояние поверхностного слоя должно обеспечивать образование равномерно легированного, текстурированного тонкого слоя металла высокодисперсного строения;
- поверхностный слой должен быть достаточно активизирован, что необходимо как для протекания явлений структурной приспособляемости, стабильность и устойчивость которой при эксплуатации обуславливается динамическим равновесием процессов образования и разрушения вторичных структур, так и для образования стабильного эпитаксиального граничного слоя смазки.

Получение такого эксплуатационного микрорельефа и формирование рабочего состояния поверхностного слоя будет в первую очередь зависеть от исходного технологического микрорельефа и состояния поверхностного слоя, полученных при изготовлении деталей (модель оптимального технологического качества). Этого, как показывают исследования и опыт эксплуатации можно достичь при выполнении определенных условий обработки :

а) должно обеспечиваться образование новой поверхности с регулярным микрорельефом при стабильном и равномерном упрочнении и напряженности поверхностного слоя, отличающегося высокой плотностью дислокаций и равномерным их распределением;

б) полученные геометрические параметры микрорельефа поверхности должны отличаться высокой однородностью формы, размеров и расположением неровностей, с большими радиусами скругления их вершин и впадин, обеспечивающие деконцентрацию внешнего нагружения;

в) применяемые при обработке технологические среды ( СОЖ, покрытие, смазка) должны обеспечивать снижение свободной поверхностной энергии, пластифицирование, изменение структурного состояния поверхностного слоя (легирование);

г) структурное состояние поверхностного слоя должно характеризоваться высокодисперсностью кристаллических зерен, блоков, фаз, однородностью и равномерностью их распределения по объему металла, текстурой;

д) химическое состояние поверхностного слоя должно отличаться высокой концентрацией и равномерностью распределения легирующих элементов по объему металла.

Формирование подобного состояния поверхностного слоя наиболее в полной мере обеспечивается процессами ППД и комбинированного упрочнения при вибрационно-статическом и динамическом воздействии деформирующего инструмента в условиях полной определенности технологических факторов обработки.

К таким процессам отделочно- упрочняющей обработки относятся:

а) вибронакатывание, вибровыглаживание, ультразвуковое, вибро ударное накатывание и др., объединенные общими признаками ударноимпульсного воздействия на микронеровности металла и регуляризацией характеристик его поверхности;

б) способы комбинированной антифрикционно-упрочняющей обработки (КАУО), сочетающие операции нанесения антифрикционных и износостойких покрытий с ударно-импульсной механической, электроискровой, лазерной, ионно-плазменной обработками.

Исследования и практика показали, что эти способы прогрессивны и экономичны при обработке различных материалов и групп деталей. Особенно они эффективны для деталей, работающих в сложных условиях: при высоких знакопеременных нагрузках, недостаточности смазки, влиянии агрессивных сред; вакуума и др. При этом способы КАУО обеспечивают формирование высоких характеристик качества поверхности не только в процессе изготовления деталей, но и создают условия, способствующие целенаправленному изменению и улучшению этих характеристик в процессе эксплуатации.

Выполненные исследования показали, что комбинированное упрочнение поверхностей позволяет в 2-3 раза сократить длительность приработки и снизить приработочный (начальный) износ деталей из различных материалов; в 2-5 раз в зависимости от условий испытаний повысить износостойкость деталей из высокопрочных материалов; расширить в 2-4 раза пределы работоспособности пар трения как по удельной нагрузке, так и по температуре; в 5-10 раз повысить сопротивление образованию задиров и схватыванию, в частности деталей из титановых сплавов и нержавеющей сталей.