



Рис. 1.5. Эксплуатационные свойства поверхностного слоя

## 1.2. Методы исследования состояния поверхностного слоя

С целью исследования состояния поверхностей трения и структуры поверхностных слоев применяют различные физические методы. Наиболее известными и распространенными являются: а) оптическая и электронная микроскопия; б) электронная, рентгеновская и тепловая нейтронная дифракция; в) электронно-зондовый анализ, лазерный и ионный микрозондаж; г) эмиссионная ОЖЭ (Аугера) и абсорбционная спектроскопия [18, 43, 75, 81, 137, 150].

**Оптическая металлография.** Исследования проводятся с использованием разной конструкции оптических микроскопов при увеличениях 100...2000 в светлом и темном поле с целью качественного определения фазового и структурного состава сплавов, а также количественного содержания фаз, размера, формы и

распределения структурных составляющих. Оптическая микроскопия разрешает эффективно исследовать микротопографию поверхности. Этот метод применяется и для оценки состояния поверхностей трения (следов усталостного изнашивания, наличия повреждений типа pitting и spalling, царапин; переноса материала вследствие схватывания, задира; установления вида изнашивания и т.п.).

**Электронная микроскопия.** Здесь преодолен главный недостаток оптических микроскопов, связанный с их невысокой разделительной способностью, поскольку для освещения исследуемой поверхности в микроскопах используют электроны с очень малой эффективной длиной волны. Электронный микроскоп позволяет наблюдать и измерять особенности структуры на атомном уровне, исследовать характер процессов разрушения поверхностного слоя, изучать структуру границ зерен.

**Рентгенографическая, электронная, нейтронная дифрактометрия.** Эти методы позволяют исследовать как очень толстые, так и совсем тонкие слои металла. В особенности успешным является применение указанных методов при анализе поверхностей трения, где наблюдаются значительные пластические деформации, разрушение, изменения состава и структуры тонких приповерхностных слоев материалов пары трения.

**Рентгеноструктурный анализ.** Дает возможность установить фазовый состав сплавов, исследовать тонкую структуру металла, степень совершенства кристаллической решетки, ориентацию кристаллов, структурные изменения в приповерхностном слое при термической, механической обработке и трении.

**Масспектральный анализ.** Позволяет использовать газовыделение как индикатор процессов трения, а также элементного состава и характера распределения составляющих материала.

**Рентгеноспектральный микроанализ (электронный зонд).** Используется для исследования распределения химических элементов в материале, а также для изучения и идентификации разнообразных включений и выделений на поверхности трения.

**Лазерное и ионное микрозондирование.** Наряду с рентгеноспектральным анализом разрешает проводить анализ элементов с миллионными долями концентрации в зоне размером в несколько атомных слоев.

**Эмиссионная ОЖЭ-спектроскопия.** Позволяет установить наличие в поверхностном слое элементов с очень малой концентрацией.

**Измерение микротвердости.** Метод служит для исследования фаз и структурных составляющих в сплаве, для определения степени упрочнения каждой фазы исследуемой системы, измерения локальной твердости поверхностей трения и приповерхностных слоев материала.

**Измерение фактической площади контакта.** В исследовательской и технологической практике используются несколько групп методов: оптические, электрические, акустические и информаторов (реплик).

**Оптические методы** позволяют непосредственно наблюдать образование и расширение зоны фактического контакта при изнашивании. Недостатком здесь является необходимость использования одного из образцов из прозрачного оптического материала.

**Электрический метод** разрешает провести оценку фактического поля контакта по изменению величины электрического сопротивления областей контакта поверхностей, которое возникает в результате увеличения под нагрузкой числа точек контакта и величины единичных площадей контакта.

**Акустический метод** базируется на том, что контакт твердых тел более или менее проницаем для ультразвуковых волн в зависимости от соотношения фактической и номинальной площадей контакта. Он может использоваться для оптически прозрачных или непрозрачных материалов при статическом положении и при относительном перемещении поверхностей.

**Метод информаторов (реплик)**, которыми могут быть тонкая фольга, люминесцентная краска, напыленная углеродная пленка или среда с радиоактивными элементами. Сущность метода состоит в том, что в результате контакта тел фольга, которая находится между ними, испытывает изменение поверхности в области фактического контакта; другие из указанных информаторов, нанесенные на одну из исследуемых поверхностей, оставляют следы на второй поверхности при их контактировании, по которым можно установить размеры зон фактической площади контакта.