

СПЕКТРАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ СТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ

А.В. Баранов, В.А. Вагнер, О.В. Быкова

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

В настоящее время при использовании кинематических пар в механизмах машин наиболее используемыми являются пары материалов сталь-сталь, смазываемые различными смазочными композициями. Структура и состав поверхностных слоев элементов трения при этом в процессе приработки не остаются постоянными. Материал приспособляется к режимам и условиям трения, претерпевая, значительные структурные изменения поверхностного слоя. При этом тонкий фрикционный слой материала приобретает определенные свойства, связанные с резким повышением его физической и химической активности.

В таком активированном неравновесном состоянии с точки зрения термодинамики материал не может находиться долго. Он должен перейти в равновесное состояние и это предполагает наличие активных процессов пассивации. Процесс пассивации может идти различными путями. Наиболее патологическим на практике является адгезионное взаимодействие поверхности с материалом контртела. Знание направленности и сущности этих процессов позволяет физически оправданно подходить к решению трибологических задач, связанных с качественным и количественным описанием процессов трения и изнашивания металлов.

Трудность изучения процессов трения и изнашивания заключается в невозможности применения тонких прямых методов исследования в самом процессе фрикционных взаимодействий реальных микроконтактов, закрытых поверхностями. Испытания и последующие исследования, разнесенные по времени, могут не отражать сущности процессов происходящих при трении. Особенно это относится к структурным исследованиям материала. Тем не менее, изменение химического состава подповерхностных слоев имеет некоторую инертность благодаря тому, что процессы диффузии при перестройке структуры материала, как одного из видов процессов пассивации, значительно замедляются. Поэтому исследования элементного состава тонких подповерхностных слоев могут частично раскрыть картину фрикционных процессов.

В качестве метода исследований был выбран метод послойного Оже-электронного анализа поверхности со снятием материала на глубину с помощью потока α – частиц. Исследования выполнялись в лаборатории прочности ФТИ им. Иофе А.Ф. на установке LH-10 (LTYBOLD HERATUS).

Сравнительному исследованию подверглись образцы поверхностей пары трения сталь 45 + сталь 45 ($H = 240HV$, $V = 0,2$ м/с, $P = 0,5$ МПа), смазочная среда – инертный материал Литол 24.

На рис. 1 представлены зависимости атомной концентрации (C_x) основных химических элементов исходной поверхности одного из элементов пары, подвергшейся шлифованию, в функции глубины подповерхностного исследования (H). На рис. 2 – результаты тех же исследований полностью приработанной поверхности. Интерпретировать эти данные можно следующим образом.

При обычных исходных условиях поверхность металла содержит естественные окислы и хемосорбированные слои, высота которых не превышает 0,1 мкм. Более глубокие слои содержат элементный состав, соответствующий равновесному объемному состоянию материала.

При фрикционном взаимодействии глубина изменения элементного состава доходит до значения 1 мкм в основном за счет значительного проникновения кислорода в глубь. Кислород может находиться в растворенном и в химически связанном состоянии. Однако небольшой градиент концентрации кислорода по глубине при его значительной абсолютной величине говорит о значительной диффузионной активности этого элемента в активированном слое с образованием окисных соединений. Определяемая граница слоя в пределах 1 мкм говорит об уровне проникновения первоначального активирующего пластического деформирования при трении. На основании сказанного можно сделать ряд выводов и предположений.

Трение резко повышает физическую и химическую активность поверхностей.

На относительно большую глубину проникает кислород, модифицируя поверхность окислами железа нестехиометрического состава с недостатком по кислороду типа $\text{FeO}_{0,3}$ с относительно четкой границей раздела слоя основного материала и модифицированного «третьего тела».

Наличие модифицированного механически

ослабленного регенируемого окисного подслоя предполагает реализацию в данных условиях механохимического окислительного изнашивания с автовосстановлением третьего тела.

Объектом разрушения при трении разумно считать частицы этого ослабленного слоя, или более верхних, еще менее прочных, что соответствует выполнению условия внешнего трения.

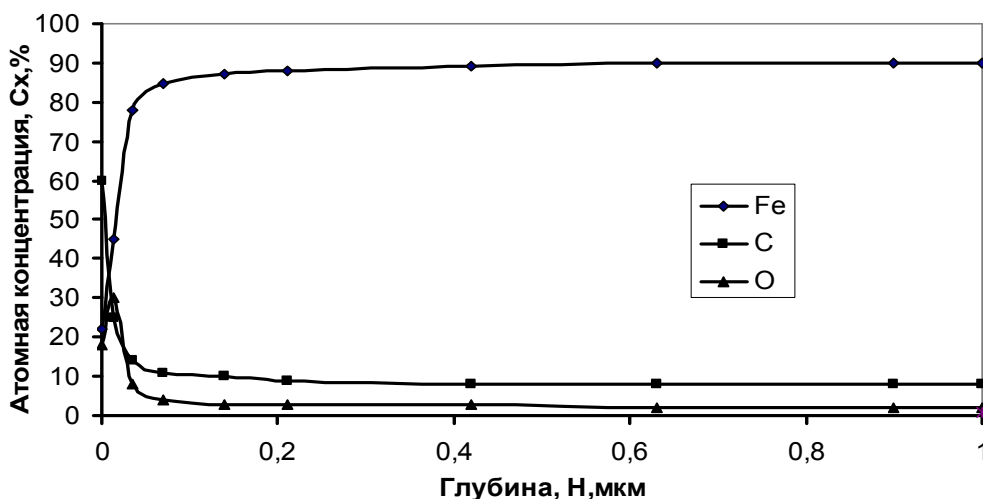


Рисунок 1 - Химический состав исходных поверхностей

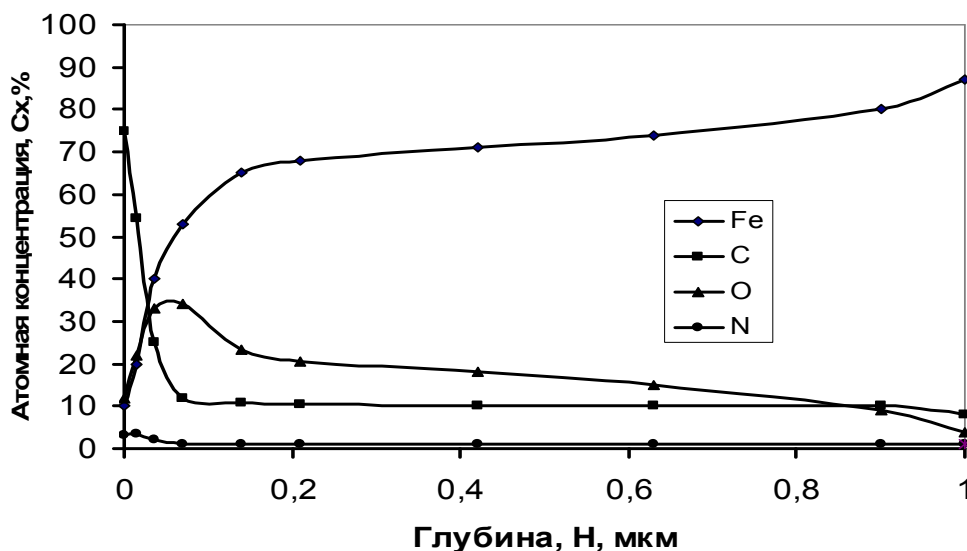


Рисунок 2 - Химический состав поверхностей после приработки