

МАСШТАБНЫЙ ФАКТОР В ТРИБОЛОГИИ И ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

Н. К. Мышкин, С. А. Чижик, М. И. Петроковец

Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова 32А, 246050 г. Гомель, Беларусь.

С зарождения трибологии как науки пространственно-временной масштаб процессов, происходящих при трении и износе, является кардинальным вопросом, с ответом на который связаны надежды на раскрытие природы фрикционного взаимодействия. Это обстоятельство обусловлено двумя основными факторами, с которыми приходится иметь дело трибологам.

Первый аспект обсуждаемой проблемы связан с мультимасштабностью процессов трения и износа. Первой и очевидной причиной этого является наличие на трущихся поверхностях неровностей различного размера от макроотклонений до субшероховатости. Причем роль этих неровностей в процессах фрикционного взаимодействия, как правило, весьма различна.

Второй аспект обусловлен тем, что трибосистемы развиваются в новых масштабных областях. Прежде всего, речь идет о развитии прецизионного машиностроения, базирующемся на микроэлектромеханических системах с характерным линейным размером в десятки и сотни микрон. Такое изменение привычного для трибологов масштаба трущихся систем может привести к ревизии основных принципов трибологии, в частности, касающихся механизмов деформации и адгезии, включая соотношение между этими компонентами.

Нельзя сказать, что оба эти аспекта не рассматривались ранее. Например, известны работы Костецкого и его учеников по исследованию влияния размера образца на его износ. Важным этапом в развитии теоретической трибологии стала умозрительная многоуровневая модель Арчарда “сферы на сфере”, которая позволила разрешить вопрос о характере контактного деформирования неровностей по зависимости между площадью контакта и нагрузкой. Однако только широкое внедрение методов зондовой микроскопии открыло новые возможности для решения такого типа задач. Зондовая микроскопия обеспечивает аналитические исследования исходными данными, например, при построении многоуровневых контактных моделей. Характерно, что теперь можно отказаться от предположений о характере распределения неровностей нанометрического масштаба (субшероховатость), если использовать гипотезу типа Винклера. При этом удастся учесть поверхностные силы практически любой природы (Ван-дер-Ваальсовы, капиллярные, электростатические и т.д.).

С другой стороны, зондовая микроскопия позволяет проводить прямые измерения на микро- и наноуровнях (царапанье, износ, перенос, индентирование и т.д.).

Но следует иметь в виду, что зондовая микроскопия, способствуя эффективному решению трибологических задач, ставит перед исследователями новые и достаточно сложные проблемы. Уменьшение масштаба измерения требует адекватной интерпретации получаемых данных. Так, механические свойства контактирующих материалов, такие как модуль упругости и твердость, могут отличаться не только по величине, но и по физическому смыслу. Другими словами, физическая интерпретация экспериментальных данных и поиск их самоподобия становится актуальнейшей проблемой при изменении масштаба измерения. По существу, остается открытым вопрос о корреляции трибологических характеристик, полученных на микро- и наноуровнях, с данными макроиспытаний.

В заключении следует отметить, что в настоящее время трибология пытается повторить путь атомной физики, которая прошла путь от простейших моделей к современной квантовой механике. Как и в случае с физикой, плодотворной должна оказаться теория, сочетающая континуальный и дискретный подходы.