Механизмы усталостного разрушения металлических изделий

Владимир Васильевич Харченко,
канд. техн. наук
v-ivanov-v@yandex.by

Постановка проблемы: принятие в химии понятий об образовании молекул из атомов без затрат энергии исключило в таких понятиях возможность изменения свойств атомов в создаваемых образованиях, что привело к отрицанию наличия у них физических свойств, присущих веществам, и препятствовало, в частности, установлению механизмов усталостного разрушения металлов. Целью работы является исследование изменения свойств соединенных зерен в металлических изделиях, на которые действуют многократно повторяемые нагрузки.

Результаты: установлены механизмы усталостного разрушения металлических изделий.

Практическая значимость: полученные представления позволяют давать рекомендации по выбору и созданию материалов деталей машиностроения, многократно подвергающихся силовому воздействию, и их диагностике в процессе эксплуатации.

Ключевые слова – вещество, атом, молекула, электрон, ядро, взаимодействие, деформация.

Имеющиеся сведения об усталостном разрушении металлов, в частности, [1] не пригодны для употребления в машиностроении, поскольку касаются только описания отличающихся между собой изломов. Это обстоятельство обуславливает постановку задачи, при решении которой определялись бы механизмы усталостного разрушения металлов.

На основании анализа микроструктур металлов полагают, что их состояние может меняться при изменении как формы зерен и положения их относительно друг друга, так и их делении. Однако механизмы, вызывающие появление новых состояний металла, вследствие изменения занимаемых их атомами пространств и перераспределения в этих пространствах заряженных частиц (электронов и ядер) атомов, не рассматриваются, поскольку согласно общепринятым представлениям об образовании вещества они не могут осуществляться. Это утверждение соответствует представлениям о том, что молекула является наименьшей частицей вещества, которая образована атомами, благодаря действию между ними валентной связи, и имеет только химические свойства, а как вид материи вещество состоит из фундаментальных частиц – кварков и лептонов. Здесь целесообразно отметить, что основную роль в предполагаемом механизме валентной связи играют взаимодействия между магнитными полями [2], якобы создаваемыми электронами при их движении по замкнутым орбитам в атомах. Такие представления не только не объясняют, например, различные механические свойства веществ, но и не соответствуют подтверждаемым явлениям. К ним относятся, в частности, как фиксируемые упругие и неупругие столкновения атомов, так и наблюдаемое отсутствие каких-либо магнитных полей, вызываемых движением электронов по замкнутым круговым орбитам [3]. Противоречат природным явлениям и представление о том, что вещество состоит из кварков и лептонов, поскольку оно образуется из сформированных атомов, благодаря электрическим и магнитным свойствам только таких частиц атома, как ядро и электроны. В силу взаимосвязанности природных явлений нет оснований предполагать появление у вещества физических свойств, обусловленных какими-либо иными причинами, кроме причин, вызванных взаимодействиями между указанными частицами атомов, и представлять вещество, состоящим из кварков и лептонов, а, следовательно, и отдельных атомов. Следует отметить, что новые химические элементы создают не из кварков и лептонов, а из ядер других атомов, что исключает возможность применения принятых понятий о веществе.

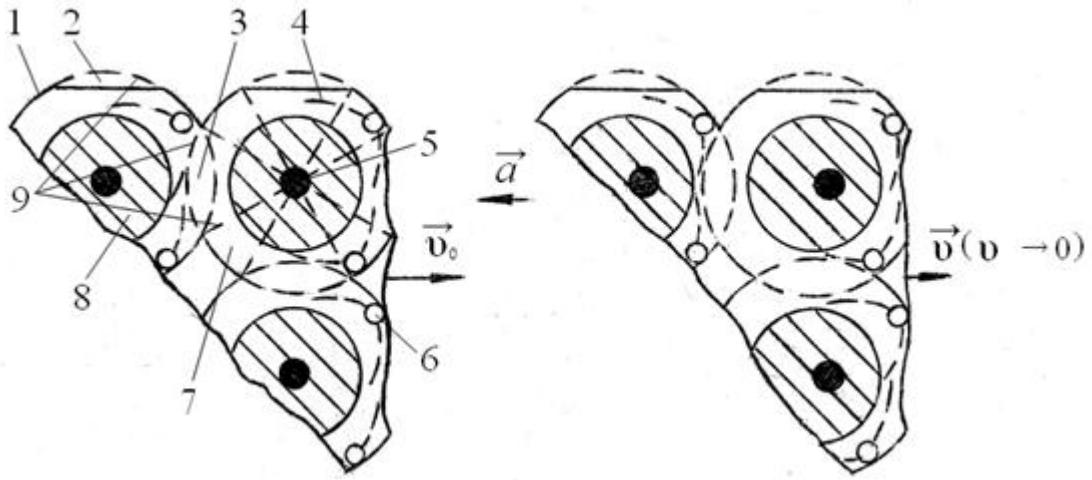

Рис. 1. Фрагмент поверхности тела, движущегося с ускорением $\vec{a}$, при изменении модуля его скорости от υ_0 до υ:

1 – условный контур границы молекулы; 2 и 3 – закрытая и запрещенная области для электрона; 4 – фрагмент вероятной траектории движения электрона; 5 – ядро; 6 – электрон, их положения во внешних областях пространств атома показаны условно с тем, чтобы наглядно отразить их количество; 7 – область расположения электронов; 8 – область расположения внутренних электронов атома; 9 – условная граница области

Образование молекулы из атомов приводит к нарушению их нейтральности, перераспределению в их объеме частиц, а также их электрических и магнитных полей и созданию в них различимых областей (рис. 1). Эти понятия лежат в основе новой модели молекулы и ее свойств [3-5]. Состояние металла при изменении взаимодействий между частицами его зерен или молекул [6] будет отличаться от исходного как изменением энергий таких частиц, так и энергией состояния или излучаемой энергией, которую можно фиксировать путем определения частоты инфракрасного излучения, например, изделия. Перераспределение энергии между ее составляющими для частиц молекулы, вызванное, например, изменением траекторий движения ядер относительно сложившихся траекторий движения электронов, приведет к изменению взаимодействий между ними и созданию нового состояния системы частиц.

Возможность указанного в качестве примера изменения траекторий движения у частиц молекулы для молекул металлических изделий, подвергаемых циклическим нагрузкам, подтверждена экспериментально Стюартом и Толменом. Однако тип частиц, которые могут изменять траектории под действием сил инерции, был определен неверно. Доказательства строились не на основании экспериментальных данных о возможности направленного движения заряженных частиц вдоль проводника только под действием электрического поля, а на основании абстрактных представлений. В качестве таких представлений были выбраны представления о том, что электроны в металлах являются относительно свободными; во вращающемся медном кольце ионы меди и электроны в кристаллической решетке движутся с одинаковой скоростью и др. [7]. В соответствии с ними было обосновано, что частицами, двигающимися вдоль проводника под действием сил инерции, являются электроны. Электроны проводника в эксперименте, если бы они были способны двигаться по инерции, переместились бы к наиболее удаленным от оси участкам его поверхности, что исключило бы направленное движение любых электрических зарядов вдоль него. Кроме того, если допустить, что представления о движении электронов под действием сил инерции все-таки справедливы, то вне зависимости от того, замкнута ли электрическая цепь на вращающейся катушке или через неподвижный относительно нее участок цепи, электрический ток должен фиксироваться, т.к. электроны и ядра совершают движения с разными скоростями.

Оказывается, что в первом случае ток электрических зарядов исключен из-за отсутствия возможности в замкнутой цепи, все участки которой совершают одинаковые движения, разделять заряды и создавать источник электрического поля. При торможении катушки могут изменяться только траектории движения ядер атомов проволоки, поскольку их скорости колебаний сравнимы с изменяющимися скоростями тормозящейся катушки, и меньше скоростей, с которыми электроны движутся вокруг ядра. Такое изменение траекторий движения ядер атомов на неподвижном участке замкнутой цепи создает разность потенциалов, вызывающую направленное движение электронов вдоль проводника.

Изменение траекторий движения ядер атомов в результате действия сил инерции, проявляющееся в опытах Стюарта и Толмена в создании направленного движения электронов вдоль проводника, в деталях машин, подвергающихся многократному силовому воздействию, будет приводить к их разрушению. Под действием сил инерции в таких деталях будут экстремально уменьшаться электрические силы притяжения между ядром, которое в момент их максимального действия наиболее удалено в направлении их действия от области 3, и электронами соседнего атома (рис. 1). Тогда как электрические силы между окружающими такое ядро электронами и соседним ядром, которое максимально приближается к указанной области, будут экстремально увеличиваться. Изменение взаимодействий между противоположно заряженными частицами атомов усилит колебания ядер атомов вдоль действия сил инерции. Усиление колебаний ядер наблюдается при нагревании тел, и оно обычно сопровождается снижением предела текучести материала. Противодействие окружающих молекул изменению объема нагревающейся молекулы или их ограниченного количества приведет к возрастанию в ней или в них упругих сжимающих деформаций. Наличие таких упругих деформаций и приложение к детали внешних сил, действующих по направлению сил инерции, для молекул с наибольшим удалением ядра от областей 3 будет в наибольшей степени сплющивать молекулу. Это будет происходить в силу того, что передача внешних сил в детали осуществляется от молекулы к молекуле в направлении их действия, благодаря воздействию друг на друга пространств атомов, заполненных однотипными результирующими полями. Такое воздействие одного указанного пространства на другое будет их изменять, вынуждая электроны двигаться по удлиненным орбитам по отношению к исходным орбитам. Изменение орбит, вследствие необходимости сохранения для электронов и ядер синхронности взаимодействий, приведет к увеличению для последних амплитуды колебаний, дополнительному нагреванию молекулы и уменьшению сил, связывающих атомы. Превышение сил сжатия атомов над силами взаимодействия между ними и наличие возможности упруго деформироваться окружающим молекулам вызовут изменение положения атомов относительно друг друга, обуславливая после снятия нагрузки с детали появление у молекулы остаточной деформации. В качестве внешних сил, вызывающих такие деформации молекул, могут быть и силы, возникающие со стороны других частей детали, вследствие их движения по инерции. Действие таких сил, как правило, более продолжительно, чем время, требующееся на изменение энергии состояния молекулы. Для ближайших молекул к таким пластически деформирующимся молекулам снятие нагрузки с детали приведет к возрастанию растягивающих напряжений у них и их последующему уменьшению из-за происходящих обменных процессов между нагревшимися и холодными молекулами. Уменьшение напряжений обусловлено тем, что в упруго деформировавшихся молекулах нагревание изменит направление колебаний ядер и уменьшит такое создавшееся в детали локальное напряжение. Нагревание молекул, ближайших к деформировавшимся молекулам, приведет также к тому, что некоторое количество следующих повторных воздействий на деталь не вызовет экстремальных упругих деформаций сжатия ранее пластически деформировавшихся молекул, а, следовательно, и возрастания их остаточной пластической деформации при воздействии внешней нагрузки, что будет замедлять процесс

разрушения детали. Для иных молекул внешнее воздействие будет ограничиваться упругими деформациями, возвращающими их в исходное положение. Учитывая изложенное, можно утверждать, что деформирование молекул осуществляется только благодаря изменению взаимодействий между всеми заряженными их частицами, а наблюдаемые на микроструктурах результаты деформации тел отражают лишь состоявшиеся процессы изменения как формы зерен и положения их относительно друг друга, так и их деления. Тогда как иные деформации или изменения состояния тела могут быть зафиксированы иными методами. Особенности будут проявляться и для взаимодействующих частиц приграничных атомов молекул, поскольку траектории колебаний ядер атомов в каждой молекуле металла ориентированы в пространстве по отношению к соседним молекулам со смещением. Если смещения ядер атомов по отношению к областям 3 молекулы увеличиваются по сравнению с аналогичными смещениями в соседних молекулах, и она деформируется пластически, то ее прочностные связи с соседними молекулами будут уменьшаться одновременно с изменением траекторий колебаний ядер и соответствующим уменьшением сил электрического взаимодействия между частицами приграничных атомов. По мере эксплуатации детали такие изменения могут, накапливаясь, возрастать и для отдельных молекул вызывать прекращение связи с соседними молекулами и отслаивание от них, что исключит разрыв металла и приведет только к образованию зон усталости с блестящей полированной поверхностью. К особенности, вызванной продолжительностью эксплуатации, можно отнести и деление на части накапливавших пластические деформации молекул. Деление возникает при достижении такой пластической деформации, при которой очередное изменение траекторий колебаний ядер нарушит равенство частот колебаний ядер молекулы. В местах, связывающих участки, которые расслаиваются, будут возникать дополнительные растягивающие напряжения, вследствие начавшегося процесса расслоения между зернами и ослабления сил взаимодействия между ними. Превышение их значений над значениями напряжения, при котором наступает разрыв таких мест детали, приведет к разрушению перемычек, разделявших близко расположенные участки, которые расслаиваются или уже расслоились. Такие разрушения являются локальными. На поверхностях излома, прошедшего по границам молекул в местах между расслоенными участками, возникнут зоны разрушения с матовой зернистой поверхностью. Еще один механизм разрушения обусловлен произошедшими в детали расслоениями и локальными разрушениями, уменьшающими прочностные свойства детали в каком-то из поперечных сечений в большей степени, чем в иных ее сечениях. При достижении прочностными свойствами материала в таком сечении детали прочности на разрыв, меньшей величины напряжения, при котором наступает разрыв, ее разрушат. Поверхность излома в этом случае будет образовываться благодаря разрушению связей между атомами в зерне и между зернами, поэтому зона разрушения будет иметь матовую зернистую поверхность.

Таким образом, для устранения усталостного разрушения металлических изделий их материалы необходимо выбирать с определенными электрическими взаимодействиями между ядрами и электронами молекул. Взаимодействия должны ограничивать влияние на частицы молекул сил инерции, возникающих при эксплуатации изделий, и исключать изменение траекторий их движения, вызывающее амплитуды колебаний ядер, достигающие амплитуд, которые имеют место при нагревании материала, уменьшающем его прочность и приводящем к пластической деформации молекул. Разработанные представления позволяют не только давать рекомендации по выбору материалов в машиностроении, но и по их созданию. Тогда как установление механизмов возникновения дефектов, приводящих к быстротечной реализации усталостного разрушения изделий после появления расслоений металла, позволяет рекомендовать для его предупреждения лишь электрические и магнитные методы диагностики, один из которых приведен в [6].

Литература

1. Иванова В.С. Разрушение металлов. М.: Металлургия. 1979. 168 с.
2. Некрасов Б.В. Курс общей химии. М.: Госхимиздат, 1962. 976 с.
3. Харченко В.В. Евразийский научный журнал. 2015, №12. С. 146-150 (info@journalpro.ru/archive/).
4. Макушок Е.М., Харченко В.В. Теория и практика машиностроения. 2003. № 2. С. 17–20.
5. Мрочек Ж.А., Харченко В.В. Машиностроение. Мн. 2012. Вып. 26, т. 1. С. 92-99.
6. Харченко В.В., Макушок Е.М., Мрочек Ж.А. Технологии и оборудование для прессования и штамповки. Мн.: Новое знание. 2008. 255 с.
7. Парселл Э. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1971. 448 с.