

Телков И.А., Лазуткин С.Л.  
*Муромский институт Владимирского государственного университета*  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, д. 23  
E-mail: telkoviv@yandex.ru

### **Общность технологических задач при обработке хрупких и пластичных материалов**

Процессы обработки различных материалов, таких как металл, дерево, смеси из минералов и металлических порошков имеют значительные различия из-за физико-механических свойств объектов. Однако, процессы, происходящие при обработке таких материалов давлением, во многом сходны между собой и позволяют выявить общность подходов к ним.

Явления, имеющие место при контакте тел, во многом определяются свойствами материалов, из которых они изготовлены, а также состоянием их поверхностных слоев. Считается, что при контакте нагруженные участки поверхностей получают энергетические воздействия на уровне разрушения структурных связей. Однако в реальной действительности доля энергии, создающей разрушение, снижается в очень значительной степени. Это снижение обусловлено диссипативными свойствами поверхностных структур (диссипативных структур).

Все твердые материалы делятся на кристаллические и аморфные. Однако, с физической точки зрения твердыми телами могут считаться только кристаллы. Их атомы располагаются в узлах регулярной пространственной структуры - кристаллической решетки, структурной единицей которой является элементарная ячейка.

Аморфные вещества, в отличие от кристаллических, имеют ближний порядок в расположении молекул, который становится хаотическим при удалении от данной молекулы на несколько диаметров. У таких веществ отсутствует точка плавления. Они изотропны. Течение, как и у жидкостей, происходит при любой нагрузке и резко интенсифицируется с повышением температуры, поэтому они не обладают пределом текучести. Напряжения и деформации являются функциями нагрузки, времени и температуры.

Атомы и другие частицы, находящиеся внутри тела, взаимодействуют при наиболее плотной укладке с соседними. Результирующая всех сил взаимодействия стремится к нулю. Для частицы, находящейся на поверхности, взаимодействие не уравновешивается и направлена внутрь тела. Иначе говоря, некая сила действует на граничную молекулу. Поэтому, поверхностная частица обладает избыточной энергией по сравнению с внутренними (поверхностной энергией).

Наличие нескомпенсированных связей у граничных частиц приводит к оседанию на поверхности частиц окружающей среды, что снижает запас поверхностной энергии. Процесс поглощения поверхностью частиц называют адсорбцией. Поверхность в разных точках имеет разную поверхностную энергию. Микродефекты обладают повышенной адсорбционной активностью. За счет физической адсорбции на поверхности молекулы газов и воды оседают в первую очередь на активных участках - центрах адсорбции.

Сорбированные частицы образуют пленки. Свойства пленок могут существенно отличаться от свойств материала основы. Наиболее важными являются коэффициент теплового расширения, хрупкость, прочность. Из-за различия в свойствах пленки могут растрескиваться и отслаиваться, что существенно влияет на интенсивность разрушения.

Особое значение имеет физическая адсорбция молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПАВ, адсорбированные на поверхности твердого тела, способны уменьшать сопротивление пластической деформации поверхностного слоя, пластифицируют его. Это явление называют эффектом П.А. Ребиндера. Материал легче обрабатывается, поэтому в состав смазочно-охлаждающих жидкостей, применяемых при механической обработке металлов, добавляют ПАВ. Вторым проявлением эффекта является проникновение молекул ПАВ в систему микротрещин и места скопления дислокаций. Добираясь до устья микротрещины, молекулы ПАВ, стремясь к началу устья, действуют как клин, раздвигают микротрещину, и она продвигается дальше внутрь материала. Так понижается прочность всего тела, которое при определенных условиях без силового воздействия может распасться на мелкие блоки.

С геометрической точки зрения тело делимо до бесконечности, но тела физические имеют предел делимости. Например, разделяя гранитный массив на более мелкие агрегаты, можно получить элементарные составляющие, которые уже не представляют собственно гранит, а

## Секция 18. Техносферная безопасность

слюду, ортоклаз или кварц (составные части гранита). В случае с грунтом, в конце концов получим частицы песка и коллоидальные частицы, различающиеся по форме, физическим свойствам и химическому составу, для стали получают частицы различных свойств с различным содержанием углерода и пр.

Взаимное перемещение частиц, приводящее в конечном счете, к их более плотной переупаковке и получению более плотной структуры сводится к полному или частичному разрушению связей между ними. Наиболее прямым путем разрыва связей между двумя любыми агрегатами явилось бы создание в зоне их контакта напряжения растяжения, достаточного для образования начальной трещины и последующего разрыва. При этом, в пластичных материалах, взаимное перемещение агрегатов и частиц легче происходит от касательных напряжений, вызывающих сдвиговые деформации, а в хрупких – от напряжения разрыва.

В процессе энергообмена, сопровождающего технологическое воздействие на материал происходит накопление внутренней энергии, что приводит к росту напряжений и температуры. При этом происходит переход элементарных ячеек на новый энергетический уровень взаимодействия (рис.3). Согласно закону о сохранении энергии можно записать:

$$E_{под} = E_{погл} + \Delta E, \quad (1)$$

где  $E_{под}$  – количество подведённой энергии в материал;  $E_{погл}$  – энергия поглощённая материалом;  $\Delta E$  – диссипативные потери.

Диссипация предполагает, что не вся подводимая энергия рассеивается, часть её остаётся в поверхностном слое материала. При этом следует создать условия для того, чтобы оставшуюся часть энергии использовать на осуществление фазовых превращений, появления новых фаз, изменение сплошности, шероховатости, химической неоднородности, твердости, коэффициента трения и пр.

Очевидно, что количество поглощаемой энергии разными материалами определяется гравитационными и электромагнитными взаимодействиями между элементарными ячейками и, в конечном счёте, имеет наследственную природу. При этом система переходит на новый стационарный уровень.

Тогда

$$E_{под}^n = E_{погл}^{n-1} + \Delta E, \quad (2)$$

где  $E_{под}^n$  – подводимая к материалу энергия необходимая для перевода на следующий энергетический уровень;  $E_{погл}^{n-1}$  – накопленная материалом энергия при предыдущем энергетическом воздействии.

Если при воздействии на материал количество подводимой энергии будет меньше чем существующий энергетический уровень взаимодействия элементарных ячеек, то условие перевода на другой энергетический уровень не будет выполняться, и подведённая энергия рассеется. С другой стороны, если  $E_{под} \gg E_{погл}$ , то начнётся процесс разрыва связей между элементарными ячейками и в материале начнутся фазовые и структурные изменения - материал начнёт разрушаться.

Таким образом, важное значение приобретает дозировка и локализация вводимой в обрабатываемый материал энергии. При этом физическое состояние материала характеризуется уровнями энергии взаимодействия элементарных ячеек последнего. Их состояние определяет эффективность оборудования и технологии его применения. В связи с этим существует необходимость выбора вида и характера энергетического потока и его наиболее рациональное сочетание с распределением общего энергетического поля между механической, физической и химической составляющими. Этот выбор и управление можно осуществить по критерию интенсивности поглощения энергии обрабатываемым материалом при его нагружении.