

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУЖКИ И ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ НАНОМЕТРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

Саклакова А. Е.,

научный руководитель – Кочкина Г. В.

Сибирский государственный аэрокосмический университет

Исследования в области нанометровой обработки (далее НО) проводятся с конца 1990-х. Большой интерес к изучению НО связан с развитием нанотехнологий, что привело к формированию теоретических основ НО и позволило лучше понять физику НО, а также привело к развитию собственных управляемых методов исследования для удовлетворения современных требований в области нанотехнологий и нанонауки. Нанометровая обработка очень перспективна в производстве датчиков, акселерометров, приводов, микро-зеркал, оптоволоконных разъемов и микро-дисплеев. На самом же деле применение нанопродуктов повысит производительность микропродукции в вопросах чувствительности, селективности и стабильности.

Формирование стружки и формообразование поверхности могут быть смоделированы с помощью моделирования молекулярной динамики (далее MD-моделирование). MD-моделирование нанометрового процесса резания монокристаллического алюминия показывалось на рис. 1. После врезания лезвия режущей кромки (рис. 1, а) атомы заготовки сжимаются в зоне резания у передней поверхности и режущей кромки. Нарушенные кристаллические решетки заготовки и начало дислокаций можно наблюдать на рис. 1, б. На рис. 1, в показано накопление дислокации, необходимой для формирования стружки. Стружка удаляется с единицей атомного кластера, как показано на рис. 1, г. На обработанной поверхности наблюдается разрушение решетки материала заготовки.

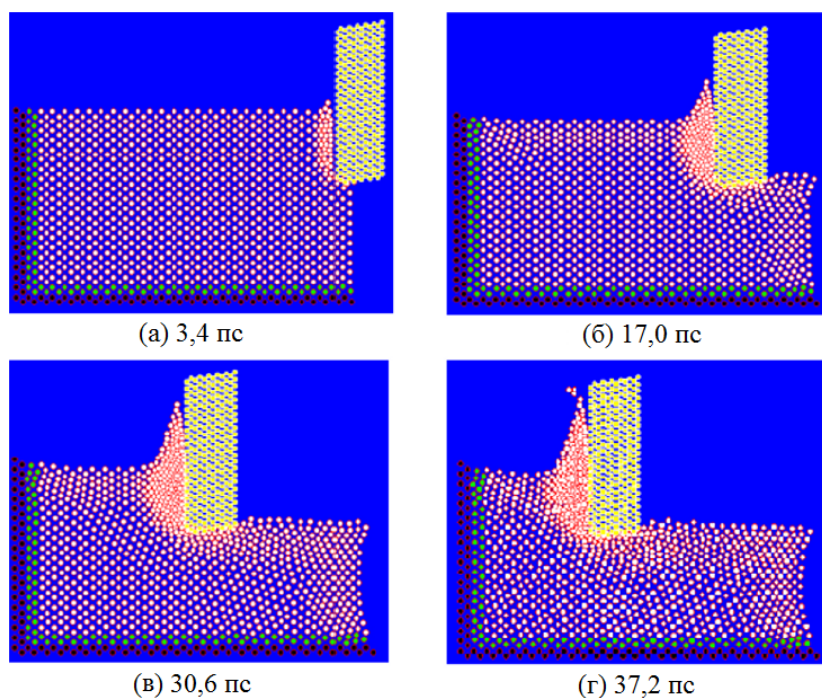


Рис. 1. MD-моделирование нанометрового процесса обработки (скорость резания – 20 м/с, глубина резания – 1,4 нм, радиус режущей кромки – 0,35 нм)

Механизм формирования стружки и формообразования поверхности нанометрового процесса резания заключается в следующем: в связи с врезанием лезвия режущей кромки в заготовку, сила притяжения между атомами заготовки и атомами алмазного инструмента становится отталкивающей. Поскольку энергия сцепления атомов алмаза намного больше, чем у атомов алюминия, решетка заготовки сжимается. Когда энергия напряжения в сжатой решетке превышает определенный уровень, тогда атомы начинают изменяться таким образом, чтобы освободить энергию деформации. Когда энергия не достаточна для перестановки атомов, некоторая дислокационная активность генерируется. Силы отталкивания между сжатыми атомами в верхнем слое и атомами в нижнем слое возрастают так, что верхние атомы движутся вдоль режущей кромки, и в то же время силы отталкивания от атомов инструмента вызывают сопротивление восходящего потока стружки в сжатых атомах под линией разреза. При движении режущей кромки, некоторые дислокации движутся вверх и исчезают по мере приближения к поверхности.

Это явление соответствует процессу формирования стружки. В результате последовательной генерации и исчезновения дислокаций, стружка стабильно удаляется. После прохождения инструмента освобождается давление на боковую поверхность. Слои атомов двигаются вверх и в результате возникает упругое восстановление, таким образом обработанная поверхность генерируется. В связи с этим можно сделать вывод, что удаление стружки и механическое формообразование поверхности является природой движение скольжения дислокаций внутри кристаллических зерен материала заготовки. В обычном резании дислокации происходят из существующих дефектов между кристаллическими зёрнами, что облегчает движение дислокаций и приводит к незначительным силам резания по сравнению с нанометровым резанием.

Важным вопросом нанометровой обработки является минимальная толщина недеформированной стружки, потому что это связано с предельной точностью обработки. В принципе размер минимальной недеформированной толщины стружки будет определяться минимальным атомным расстоянием в пределах заготовки. Но в практике сверхточных методов обработки, размер минимальной недеформированной толщины стружки во многом зависит от величин переднего и заднего углов алмазного режущего инструмента, способности режущего инструмента к сверхточной обработке и окружающей среды обработки.

Высота атомов на поверхностном слое обработанной поверхности создает шероховатость поверхности. Для этого, 2-D MD-моделирование Ra может быть использовано для оценки полученной шероховатости поверхности. Параметры целостности поверхности также могут быть вычислены на основании результатов моделирования. На самом деле, рельеф обработанной поверхности получают в результате копирования профиля инструмента на поверхности заготовки, которая имеет определенное движение подачи относительно инструмента. Степень шероховатости поверхности регулируется управляемым движением станка (или относительным движением между инструментом и заготовки) и характеристикой передачи профиля инструмента для заготовки. Для прогнозирования и управления процесса нанометровой обработки необходима модель многомасштабного анализа, которая может полностью смоделировать станок и режущее движение инструмента, воздействие на окружающую среду и взаимодействие заготовки инструмента определяющим образом.