

УДК 621.391:634.231:622.2

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Академик АН Армянской ССР М. В. Касьян, В. А. Робсман, Г. Н. Никогосян

О флуктуациях частоты в спектрах акустической эмиссии
поверхностных трещин при обработке горных пород

(Представлено 10/IV 1987)

Явление излучения акустических сигналов от поверхностных трещин исследовалось при обработке скальных пород с применением резцов, фрез, сверл и шлифовальных кругов. В зависимости от параметров режима обработки изменялись условия трещинообразования на поверхности породы в зоне контакта материала и инструмента. Варьирование скоростью и глубиной резания позволило установить влияние плавного изменения параметров режима обработки на скачки частоты максимума спектральной плотности сигналов акустической эмиссии (АЭ).

Автоматизация при проведении экспериментов позволила выполнить накопление ансамбля сигналов АЭ на магнитном диске ЭВМ по мере их регистрации. Для дальнейшей обработки закономерностей изменения параметров сигналов АЭ использовали аппарат быстрого преобразования Фурье, вычисление спектральной плотности мощности, последовательно для каждого зафиксированного сигнала, и выделение частоты, соответствующей максимуму спектральной плотности. Вне зависимости от вида обработки материала на его поверхности формировались микро- и макротрещины, размеры и концентрация которых влияли на параметры генерируемых сигналов АЭ. Поэтому последние можно считать каким-то образом параметрами состояния необратимого процесса разрушения поверхности горной породы, когда фронт разрушения смещается не только по мере движения вдоль образца, но и перемещается в глубь его в зависимости от характеристик режима обработки породы. Частота, соответствующая максимуму спектральной плотности сигналов АЭ, была принята в качестве индикатора изменения состояния поверхности в процессе ее разрушения.

Скорость трещинообразования и перемещение фронта разрушения в глубь твердого тела определяются не только интенсивностью внешнего воздействия, но и концентрацией дефектов в среде, инерционными силами, поддерживающими процесс роста трещин, и т. п. Увеличение воздействия в ряде случаев может привести не только к ухудшению качества обрабатываемой поверхности, но и к сколу отдельных кусков породы или даже полному разрушению. На рис. 1 приведены результаты экспериментальных исследований скорости генерации поверхностных трещин при обработке цилиндрического образца гранита

резцом. Скорость резания была постоянной, а глубина резания увеличивалась по линейному закону. Как видно из графика изменения частоты максимума спектральной плотности, на начальных этапах резания флуктуации частоты не превышали диапазон 250 кГц. Однако на последующих этапах увеличение контактного усилия привело к

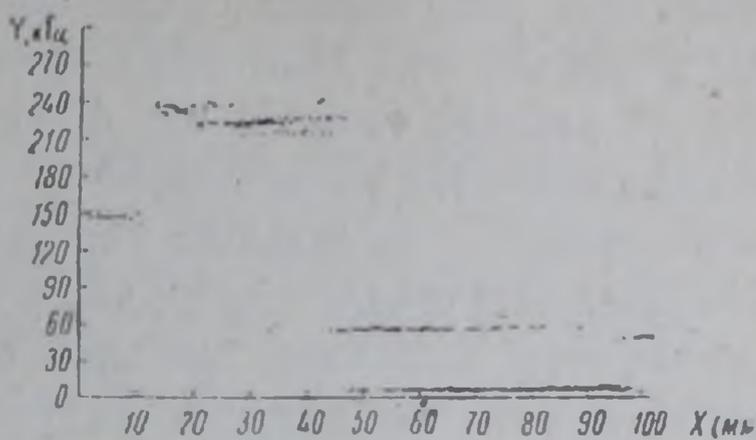
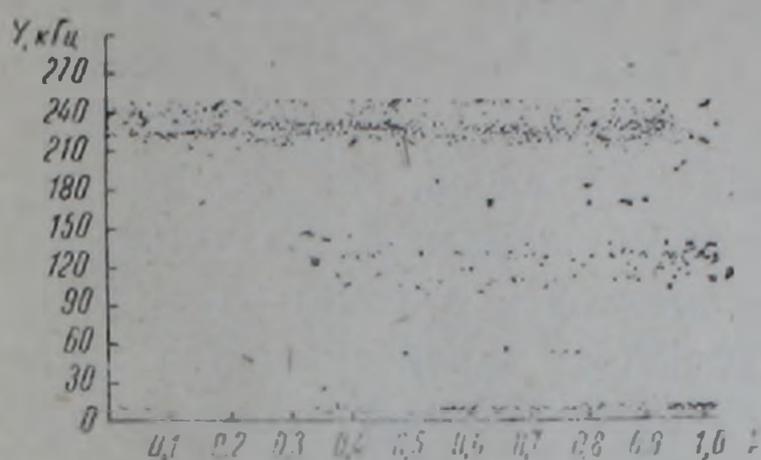


Рис. 1. Изменение частоты максимума спектральной плотности сигналов АЭ при резании гранита с увеличением глубины резания до его разрушения. Ось X —относительное увеличение глубины резания, мм; ось Y —частота максимума спектральной плотности от 0 до 300 кГц.

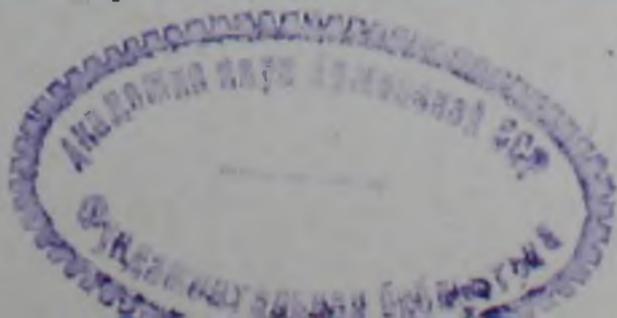
Рис. 2. Изменение частоты максимума спектральной плотности сигналов АЭ при сверлении гранита с плавным изменением усилия резания. Ось X —перемещение сверла в мм; ось Y —значение частоты максимума спектральной плотности АЭ от 0 до 300 кГц.

случайным выбросам частоты из устойчивого цикла осцилляций в области низких частот. Постепенно интенсивность таких скачкообразных выбросов в низкие частоты возрастала, что в итоге и привело к разрушению образца. Повторение экспериментов не дало существенных изменений по сравнению с излагаемым результатом. Сопоставление закономерностей изменения частоты максимума спектральной плотности при статическом нагружении кернов горных пород, их циклических испытаниях на сжимающие усилия и циклических температурных воздействиях также показало, что в процессе трещинообразования флуктуации частоты максимума спектральной плотности сигналов АЭ имеют несколько устойчивых периодов осцилляций, между которыми происходят скачки. При этом диапазоны таких флуктуаций в большей мере определяются внутренними свойствами материала и его начальным состоянием, чем размерами и характером внешних воздействий.

На рис. 2 изображен график изменения частоты максимума спектра при сверлении гранита. На нем так же четко выделяются три зоны различных флуктуаций. Первая зона, в диапазоне частот 210–250 кГц, соответствует одному усилию резания, вторая зона, 90–150 гГц, соответствует его уменьшению, а зона в области низких частот, наоборот,—увеличению значения силы резания сверла. Последнее, естественно, привело к расколу образца.

Таким образом, принятый индикатор и здесь показал качественные различия и границы между состояниями в процессе разрушения поверхности материала.

Обследование разрушенной поверхности показало, что увеличение усилия резания приводит к образованию и росту более крупных трещин и это соответствует сигналам АЭ в области низких частот по сравнению с режимами сверления при относительно невысоком усилии. Вероятно, существует также и определенная связь между критической



величиной давления, при котором происходит резкий скачок частоты максимума в спектрах сигналов АЭ. Диапазоны устойчивых осцилляций определяются как свойствами материала, так и параметрами резания, выбором инструмента.

Бинокулярные изменения размеров образующихся трещин показали, что есть определенная зависимость между частотой сигналов АЭ и линейными размерами трещин, а также мощностью сигналов и концентрацией трещин на поверхности породы. Качественной функциональной связи пока здесь установить не удалось, так как это связано также с начальной трещиноватостью образцов, значительным объемом требуемых однородных экспериментов и другими факторами. Кроме того, как известно, любой радиосигнал характеризуется тремя параметрами: амплитудой, частотой и фазой. Поэтому коррелировать параметры разрушения только с одним из параметров сигналов АЭ задача явно не корректная.

Обнаруженные предельные циклы и скачки между ними приводят к некоторым выводам относительно переходов и смены отдельных, качественно различных стадий трещинообразования. Здесь есть определенная аналогия с формулировкой понятия «катастрофа», когда относительно плавное изменение внешних управляющих факторов приводит к скачкообразному отклику системы (1). Это особенно четко можно проследить на последовательности изменений частоты максимума спектральной плотности сигналов акустической эмиссии, зафиксированных в процессе шлифования гранита с постоянной скоростью вращения круга, но с постепенным изменением силы давления в зоне контакта абразива и породы.

На рис. 3 показан график таких изменений частоты спектра при

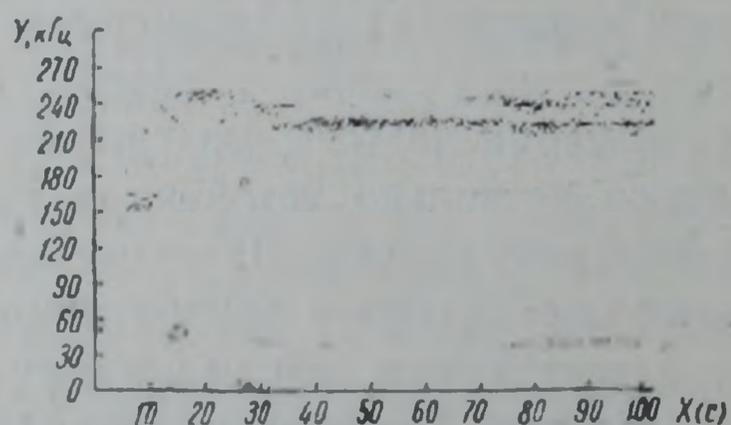
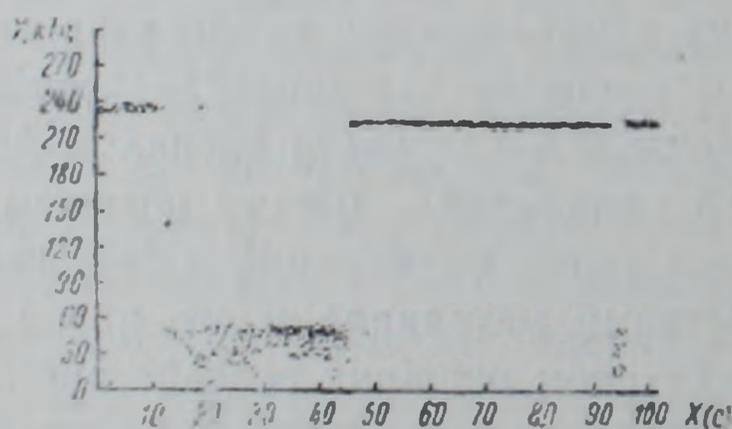


Рис. 3. Изменение частоты максимума спектральной плотности в процессе шлифования. Ось X —время в с; ось Y —частота в кГц

Рис. 4. Флуктуации частоты максимума спектра сигналов АЭ при постоянных параметрах режима шлифования

плавном уменьшении усилия шлифования, а затем вновь при его увеличении. Как видно из этого графика, здесь так же, как и при сверлении, при определенном усилии резания происходит резкий скачок частоты максимума спектра. И наоборот, постоянство режима обработки приводит к устойчивому диапазону частотных осцилляций (рис. 4).

Таким образом, в общем случае движение в фазовой плоскости «частота—воздействие» как бы состоит из нескольких периодических движений, некоторые из которых охватывают часть, а другие всю фазовую плоскость. Эти эксперименты служат хорошей иллюстрацией к

проблемам автоколебаний в процессах трещинообразования, их устойчивости к бифуркациям.

Несмотря на то, что изменения параметров сигналов АЭ носят стохастический характер в процессе обработки горных пород, флуктуации частоты максимума спектральной плотности могут служить достаточно надежным параметром для выбора режимов обработки и их оптимизации.

Наблюдения резких экстремумов в спектрах акустического излучения от образующихся трещин свидетельствуют о дискретности уровней энергии эмиссии, а их скачкообразные изменения внутри устойчивых циклов—об аналогичных движениях кончика трещины. Каждый такой скачок определяет зарождение новой структуры поверхностных трещин, т. е. должен отражаться на качестве обрабатываемой поверхности. Задача управления режимов обработки должна заключаться в том, чтобы параметры резания обеспечили постоянство диапазона флуктуаций частоты без каких-либо скачкообразных смещений в другую область частот. Однако это потребует дальнейших исследований, так как необходимо увязать режимы воздействия не только с величинами сигналов при потере устойчивости, но и с размерами флуктуаций в устойчивых циклах.

В заключение следует отметить, что анализ флуктуаций амплитуды и фазы при постоянных параметрах обработки не выявил таких закономерностей, которые бы как флуктуации частоты сигналов АЭ качественно идентифицировали поверхностное трещинообразование.

Ереванский политехнический институт им. К. Маркса
ВНИИ транспортного строительства

Հայկական ՍՍՀ ԳԱ ակադեմիկոս Մ. Վ. ԿԱՍՅԱՆ, Վ. Ա. ՌՈՐՍՄԱՆ, Գ. Ն. ՆԻԿՈՂՈՍՅԱՆ

Ապարների մշակման ժամանակ մակերևութային ճախերի ակուստիկ էմիսիայի սպեկտրներում հաճախականության տատանումների մասին

Բերված են տարբեր տեսակի գործիքներով ապարների մշակման ժամանակ առաջացած մակերևութային ճախերի ակուստիկ էմիսիայի ձայնական ազդանշանների մաքսիմումի հաճախականության փոփոխման արդյունքները: Անցկացված փորձերի ավտոմատացումը նախատեսել է կուտակված ազդանշանների մշակումը՝ օպտագործելով էՀՄ: Կատարված սպեկտրալ անալիզը ցույց է տվել, որ կայուն տատանումների դիապազոնը որոշվում է մշակվող նյութով, կտրման պարամետրերով և գործիքի ընտրությամբ: Որոշված է, որ սպեկտրալ խտության մաքսիմումի հաճախականության տատանումները կարող են ծառայել մշակման ռեժիմների ընտրությանն ու նրանց օպտիմիզացմանը:

Մշակման ռեժիմների կառավարման համար դրված է խնդիր, որը կայանում է կտրման պարամետրերով հաճախականության տատանման հաստատուն դիապազոնի ապահովման մեջ, առանց ուրիշ տիրույթ հաճախականության թռիչքաձև շեղումների:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ В. И. Арнольд, Теория катастроф, Изд-во МГУ, 1983.