

ЛАЗЕРНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

П.А.Болотских, Г.А.Травин
БГУ

Идея выступления и написания статьи появилась в ходе дискуссии. В своем докладе проф. И.М.Неклюдов отметил целесообразность применения ультразвука в решении некоторых частных задач по тематике V Российско-Японского симпозиума. Не вникая в сущность проблемы, обратим внимание на преимущества и механизм возбуждения ультразвуковых колебаний (УЗК) лазерным возбуждением.

Первый лазер был создан в 1960 г., а с 1963 г. стали появляться публикации по теории и технике лазерного возбуждения УЗК. Первоначально лазерная генерация ультразвука изучалась как физическое явление с теоретическим интересом, а позднее - как привлекательный метод с некоторыми возможностями применения в области промышленного контроля материалов. К настоящему времени число публикаций чрезвычайно велико (см., например, работы Чабанова В.Е. из Санкт-Петербурга). До развала Союза по заданию Минатомэнерго нами проводились теоретические и экспериментальные исследования лазерных методов контроля металла оборудования и трубопроводов АЭС.

Рассмотрим некоторые преимущества лазерного возбуждения и регистрации УЗК. Наиболее существенным достоинством является то, что задачи возбуждения и регистрации УЗК можно решать на значительном расстоянии от исследуемого материала. Дистанционность и неконтактность особенно желательны при контроле металла с высокой температурой или со сложной конфигурацией поверхности, а также при контроле металла в "грязной" зоне АЭС, нахождение в которой вредит здоровью обслуживающего персонала.

Лазерная генерация ультразвука более предпочтительна по сравнению не только с контактными, но и бесконтактными средствами возбуждения УЗК. Так, при использовании электронных лучей требуется помещение образца в вакуумный колокол, а в случае возбуждения волн на основе электромагнитного акустического преобразования генераторы должны помещаться на расстоянии 1 мм и менее от поверхности исследуемого образца.

Другим существенным преимуществом лазерного возбуждения ультразвука является то, что колебания различной природы и направленности можно получить, применяя один и тот же источник излучения. Это объясняется наличием нескольких механизмов генерации, которые можно выбрать путем простого изменения мощности оптического излучения или условий облучения поверхностей. При малом диаметре пятна (0,5...0,8 мм) доля мощности рэлеевских волн в металле с коэффициентом Пуассона 0,25 составляет 67% от полной мощности всех видов волн, а продольные и поперечные волны составляют 7% и 26% мощности соответственно. При малой плотности излучения (30...50 МВт/см²) акустическое возбуждение вызывается тепловым расширением за счет возникновения механических напряжений, направленных в основном параллельно поверхности на малой глубине (примерно 1 мкм для лазерного импульса длительностью 30 нс). С увеличением плотности излучения (50...250 МВт/см²) наблюдается быстрое испарение поверхностного слоя (выброс) вещества. Нормально направленные силы вызывают возбуждение продольных волн по нормали к поверхности. Повреждение образца можно существенно уменьшить и даже исключить за счет применения покрытия поверхности. Ориентировочные оценки показывают, что, например, при длительности импульса 10⁻⁸с, амплитуды акустических импульсов, возбуждаемых лазерным излучением, составляют 10⁻⁸...10⁻¹² м. Дальнейшее увеличение плотности излучения (выше 250 МВт/см²) мало влияет на амплитуду акустической волны.

Путем изменения формы луча, что достигается применением простейших оп-

тических элементов (аксиконов, линз и т.д.), можно от одного и того же источника получить различные диаграммы направленности акустических волн. Например, при лазерном излучении в форме тонкого кольца волны сходятся к центру.

При обосновании оптимальной длительности импульса лазерного излучения необходимо учитывать дисперсию, которая приводит к расширению длительности акустического сигнала, и зависимость коэффициента затухания УЗК от частоты. Так, например, коэффициент затухания продольных волн оказывается пропорциональным частоте примерно до частот 10 МГц; при более высоких частотах коэффициент затухания резко возрастает. По результатам теоретических и экспериментальных исследований мы пришли к выводу о том, что оптимальная длительность импульса при лазерном возбуждении УЗК для получения высокого разрешения должна составлять 10...20 нс.

Полученные данные позволяют выбрать тип лазера для канала возбуждения акустических волн в металле.