

УДК 541.8 002+661

Соболев В.В. д.т.н., проф., Куливар В.В. аспирант, Ищенко Б.С. аспирант.
*Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г.
Днепропетровск, Украина.*

Зазимко В.И. к.т.н., доц.

*Государственное ВУЗ «Донецкий национальный технический университет»,
г. Покровск.*

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ВЗРЫВЧАТЫЕ КОМПОЗИТЫ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ К ЛАЗЕРНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

Лазерное инициирование взрывчатых веществ вызывает повышенный интерес как с точки зрения исследования закономерностей развития быстрых химических реакций, так и практического использования явления: дистанционного подрыва взрывчатых веществ (ВВ), формирования профилированных детонационных и ударных волн, разработки оптоволоконных систем управления пиросредствами. Естественно, что для решения практических задач желательно иметь высокочувствительные к лазерному импульсу взрывчатые составы (ВС), поскольку большинство взрывчатых веществ являются слабо поглощающими материалами для излучения рубинового ($\lambda=0,69$ мкм) и неодимового ($\lambda=1,06$ мкм) лазеров, наиболее часто используемых в практике, то естественными представляются результаты ряда исследований [1; 2], в которых предлагается использовать сильно поглощающие добавки, такие как сажа, порошки, металлов, окислов. Однако, экспериментально показано, что добавки в первичные инициирующие ВВ уменьшают их чувствительность [2].

Введение поглощающих добавок снижает прозрачность ВВ, то есть объем вещества, в котором выделяется световая энергия, уменьшается. В этом случае очаг зажигания формируется вблизи поверхности образца ВВ. Это воздействие можно снизить, если увеличить прозрачность образцов ВВ, а также если использовать ВВ с малым временем перехода от горения к детонации. Последнее характерно для комплексных ВВ, что и обусловило их выбор в качестве объекта исследований.

Задача повышения прозрачности ВВ решилась путем приготовления вязкой основы, представлявшей собой суспензию порошка ВВ в растворе полимера, прозрачного для лазерного излучения [3]. После нанесения такого состава на поверхность какого-либо материала быстролетучий растворитель испаряется, в результате чего образуется твердое покрытие, представляющее собой высокоэнергетический композит, состоящий из микрокристаллов ВВ, рассеянных в твердом полимере, заполняющего пространство между ними.

В качестве полимеров опробованы полиметилметакрилат (ПММ), полиизобутилен, перхлорвинил и др. В результате исследований установлено,

что наиболее удовлетворительными параметрами обладает ПММ, растворенный в хлороформе.

Исследования чувствительности проведены с использованием твердотельного лазера на стекле, активированным неодимом. Лазер работал в режиме модуляции добротности резонатора, длительность импульса $t_q=25$ нс, энергия ≥ 100 мДж, длина волны $\lambda = 1,06$ мкм. Взрывчатые составы наносились в виде тонкого покрытия на площади около 1-1,5 см². Диаметр лазерного пучка на уровне 80% интенсивности равнялся 4 мм. Массовая концентрация полимера выбиралась равной 10%.

В настоящее время экспериментально исследований измерена чувствительность более 30 взрывчатых составов. В дальнейшем их наименование будет обозначаться заглавными буквами ВС и соответствующим номером, например, ВС1, ВС2, ВС3 и т.д., табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические свойства некоторых комплексных ВВ.

Чувствительность взрывчатых составов к лазерному моноимпульсу

С	ρ , г/см ³	D, км/с	Масса заряда по гексоген, г	Чувствительнос ть		T _{нир} , °С	E _{кр} , Дж/см ²
				к удару, мм (копер Велера)	К трению, кгс/см ²		
			>0,5			300	70 · 10 ⁻³
	3,00	6,5	0,01	60/125		180	2,3 · 10 ⁻³
	2,03		0,02			265	>16
	4,6	7,6	0,2	60/100		350	5 · 10 ⁻³
	1,81	7,43	>0,5		600		>14
0	2,05	8,03	0,5		840		>7
1	2,08		>0,5		4800		>15
4	1,88		>0,5		200		>13
5	1,2			17,5/60			14 (горение)
6	1,1	5,1				139	12 · 10 ⁻³
7	1,5	6,7	0,05	75/200		152	40 · 10 ⁻³
4	3,8	4.5					700 · 10 ⁻³

Часть взрывчатых составов не удалось инициировать лазерным импульсом с плотностью ≥ 10 Дж/см², несмотря на то, что такая плотность энергии была достаточна для испарения вещества (образования кратера). Все эти материалы имеют красно-коричневый цвет, а, следовательно, поглощают свет красной и, вполне вероятно, ближней инфракрасной области спектра. Поэтому введение прозрачного полимера в образец ВВ не дает существенного эффекта. Другая ситуация наблюдается при зажигании взрывчатых составов, прозрачных для лазерного излучения. Для этих материалов получены anomalously высокие значения чувствительности: 2×10^{-3} Дж/см² (BC2), 5×10^{-3} Дж/см² (BC7), 12×10^{-3} Дж/см² (BC16), 40×10^{-3} Дж/см².

Взрывчатый состав BC7 под действием лазерного импульса детонирует, в то время как под действием других инициирующих импульсов (удар, надкол, действие огня и т.д.) горит. Это свойство представляется очень важным с точки зрения безопасного обращения с этим веществом и перспектив использования как первичного инициирующего в средствах взрывания оптической системы инициирования.

Критические плотности энергии зажигания составов BC2, BC7, BC16, BC17, являются, на наш взгляд, уникальным, так как подобная чувствительность при аналогичных условиях эксперимента не обнаружен ни для одного из ранее исследованных ВВ, в том числе и первичных инициирующих.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование особенностей воспламенения конденсированных сред с поглощающими добавками при концентрированном подводе энергии / В.Е. Александров, А.В. Долголапов, В.Б. Иоффе и др // Физика горения и взрыва. – 1983. – Т.19, №4. – С.17-20.
2. Карабанов Ю.В., Карпухин И.А. Общие закономерности инициирования систем окислитель-горючее при механических и лазерных импульсных воздействиях // Химическая физика процессов горения и взрыва. Детонация. – Черноголовка, 1992. – С.59-60.
3. Илюшин М.А., Судариков А.М., Целинский И.В. и др. Металлокомплексы в высокоэнергетических композициях. – СПб: ЛГУ им. А.С.Пушкина, 2010. – 188 с.