

С.Д. Гилев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ ВВ ДЛЯ СВАРКИ ВЗРЫВОМ

Исследованы физические свойства водосодержащих аммиачно-селитряных взрывчатых веществ. Показана принципиальная возможность использования жидких ВВ для сварки металлов взрывом.

Наиболее широкое применение для сварки взрывом получили взрывчатые вещества (ВВ) на основе аммиачной селитры. Это связано, с одной стороны, способностью смеси типа аммонит — аммиачная селитра работать в области динамических параметров, наиболее благоприятной для получения сварного соединения, а с другой, — низкой стоимостью аммиачно-селитряных ВВ. В настоящее время именно эти ВВ — основа технологии сварки взрывом [1—3].

Цель настоящей работы — исследование возможности применения жидких ВВ для сварки взрывом. Преимущества жидких и жидкоподобных ВВ: большая технологичность процесса заряжания (возможность механизированной перекачки ВВ по трубопроводам и шлангам при помощи насосов) и высокая гомогенность заряда, исключающая образование воздушных полостей и других неоднородностей. Это особенно важно для длинных и относительно узких аксиальных полостей, где нет развитой свободной поверхности (изделия типа труба — стержень, труба — труба). В данной работе исследовались водосодержащие ВВ на основе аммиачной селитры, что связано с их низкой стоимостью, соизмеримой со стоимостью стандартных аммиачно-селитряных ВВ.

В промышленности водосодержащие аммиачно-селитряные ВВ применяются для буровзрывных работ [4]. Для повышения плотности сыпучих ВВ пустоты заполняют жидкостью, что придает им текучесть, пластичность и другие структурно-механические свойства, а применение воды в качестве наполнителя аммиачно-селитряных ВВ увеличивает их среднюю плотность. В обширной литературе мы не нашли упоминания об использовании для сварки взрывом жидких ВВ.

Водосодержащие ВВ для сварки взрывом должны удовлетворять ряду требований: они должны представлять собой достаточно однородную жидкость или жидкоподобную субстанцию, легко заполняющую весь предоставленный ей объем; должны надежно детонировать при толщине слоя 10—15 мм; скорость детонации ВВ должна иметь значение меньше (или около) 3 км/с.

В данной работе исследованы физические свойства водосодержащих ВВ, состоящих из следующих основных компонентов: аммонит 6ЖВ с насыпной плотностью $\rho = 1 \text{ г/см}^3$, аммиачная селитра с $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$, вода, алюминиевая пудра ПАП-1 ($\rho = 0,5 \text{ г/см}^3$) и ПАП-2 ($\rho = 0,35 \text{ г/см}^3$) (ГОСТ 5494-71). Размер зерна аммиачной селитры составлял $\sim 0,5 \text{ мм}$. Изучаемые ВВ отличались в первую очередь процентным содержанием отдельных компонентов.

Практика показала, что водосодержащие ВВ на основе аммонита, аммиачной селитры, воды и алюминиевой пудры имеют смысл в некотором интервале содержания компонентов. Так уменьшение количества воды (ниже 15—17 %) приводит к образованию влажной смеси, не обладающей необходимой текучестью, а при увеличении содержания воды (более 25 %) — к негомогенности состава (расслоение компонентов). Избыток алюминиевой пудры (более 10 % по массе) снижает текучесть ВВ, что создает неудобства при эксплуатации состава (сильное пыление). Характерный состав на основе упомянутых компонентов представляет собой достаточно подвижную жидкоподобную субстанцию, в которой визуально доминирует алюминиевая пудра.

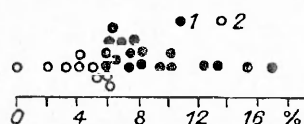


Рис. 1.

Детонационную способность определяли так. Водосодержащее ВВ заливали в полихлорвиниловую трубку (диаметр 18, толщина стенки 1, длина 250 мм). Детонатор ЭДВ-1 целиком утапливали в ВВ. О факте детонации или ее отсутствии судили по наличию остатков сборки во взрывной камере после подрыва детонатора. В проведенной серии экспериментов (около 50 опытов) варьировали массовое содержание компонентов, аммонита 23—82, селитры 0—51, воды 15—31 и алюминиевой пудры 0—17 %.

Из полученных данных следуют выводы.

1. Составы типа аммонит — вода обладают неудовлетворительной детонирующей способностью. Детонационная способность повышали сенсibilизацией составов газовыми пузырьками введением в ВВ высокодисперсной алюминиевой пудры. Положительный эффект введения газовых пузырьков связан с тем, что при сжатии их в детонационной волне они сильно разогреваются и служат “горячими точками”, способствующими распространению детонации по заряду.

2. Для возбуждения детонации в заряде ВВ содержание алюминиевой пудры ПАП-1 должно быть не менее 6 %. Результаты испытания составов с различным содержанием алюминиевой пудры представлены на рис. 1. По горизонтальной оси отложено процентное содержание алюминиевой пудры (1 — детонация данного состава, 2 — детонации нет). В случае использования алюминиевой пудры ПАП-2 состав детонировал при ее содержании не менее 4,5 %.

Для измерения скорости детонации водосодержащее ВВ заливалось в дюралевую трубку диаметром 20 и толщиной 2 мм. Электроконтактным датчиком фиксировалось время прохождения детонационной волной на базе 150 мм. Результаты экспериментов представлены в таблице. Проведено три серии опытов. В первой (контрольной) фиксировалась скорость детонации стандартных составов для сварки взрывом. Во второй и третьей — исследовались водосодержащие ВВ с алюминиевой пудрой ПАП-1 и ПАП-2 соответственно. Данные таблицы демонстрируют возможности широкой вариации скорости детонации для различных составов водосодержащих ВВ (3,3÷4,6 км/с). С повышением плотности заряда вследствие частичного растворения водой аммиачной селитры и, соответственно, увеличения удельной энергии ВВ скорость детонации исследованных ВВ все же выше скорости порошкообразных составов.

Из таблицы (опыты 514 и 525) видно, что при уменьшении количества воды скорость детонации ВВ снижается (понижается плотность состава), а при повышении содержания пудры скорость детонации увеличивается (опы-

| Серия | Номер опыта | Исследуемый состав, % | | | | D, км/с |
|-------|-------------|-----------------------|-------------------|------|-------------------|---------|
| | | аммонит бЖВ | аммиачная селитра | вода | алюминиевая пудра | |
| I | 513 | 50 | 50 | — | — | 2,8 |
| | 571 | 33 | 67 | — | — | 2,0 |
| II | 523 | 35 | 35 | 20 | 9,8 | 4,1 |
| | 514 | 37 | 37 | 20 | 6,1 | 3,9 |
| | 524 | 29 | 44 | 18 | 8,2 | 3,9 |
| | 525 | 38 | 38 | 17 | 6,4 | 3,6 |
| | 534 | 24 | 47 | 21 | 7,9 | 3,3 |
| III | 576 | 24 | 48 | 19 | 8,8 | 4,6 |
| | 573 | 24 | 49 | 22 | 5,7 | 4,3 |
| | 569 | 24 | 49 | 22 | 5,7 | 4,2 |
| | 574 | 25 | 51 | 17 | 4,8 | 4,2 |



Рис. 2.

ты 523 и 514, 574 и 576) (большее число “горячих точек” в единице объема ВВ). Сопоставление опытов серии II и III, а также данных по детонационной способности, убеждает в существенном влиянии на детонационные свойства характеристик высокопористой среды (пудра ПАП-2 имеет большую удельную поверхность частиц, чем ПАП-1, и, соответственно, отличается количество воздуха, вносимого вместе с пудрой в жидкий состав).

Данные таблицы указывают на реальность достижения приемлемых для сварки взрывом величин D (3,3 км/с — опыт 534). Для задач сварки взрывом необходимо стремиться к уменьшению значения D , что может быть получено уменьшением количества воды и пудры (см. таблицу). Достигается это в установленных выше пределах, связанных со структурными свойствами и способностью к детонации. Возможные направления дальнейшей работы с водосодержащими ВВ — более точный подбор процентного содержания компонентов, использование других веществ (более сложные составы), а также исследование иных способов создания “горячих точек”, например внесение в жидкость вместо пудры пустотелых микросфер.

Экспериментальная проверка возможности применения водосодержащих ВВ для сварки взрывом выполнена на примере сварки латунных труб (внешний диаметр 30, толщина стенки 2 мм) со стальным стержнем (Ст. 3, диаметр 15÷20 мм). Использование состава 24 % аммонита, 47 % аммиачной селитры, 21 % воды и 8 % алюминиевой пудры ПАП-1 дало хорошие результаты. Во вскрытом после взрыва образце на границе раздела латунь — сталь отчетливо видна характерная для сварки взрывом волнообразная структура (рис. 2).

Физические свойства водосодержащих ВВ определяются содержанием компонентов. Для исследованных ВВ характерные значения основных физических свойств водосодержащих ВВ для сварки взрывом составляют: плотность 1,2 г/см³, скорость детонации $\approx 3\div 4$ км/с, критический диаметр ≈ 12 мм, вязкость $\sim 10^{-2}$ Па · с, температура замерзания ≈ -15 °С.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о принципиальной возможности использования жидких ВВ для сварки взрывом. Такие ВВ обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными порошкообразными ВВ.

В заключение автор выражает благодарность Н.Г. Скоробогатых за техническую помощь в проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дерibas А.А. Физика упрочнения и сварки взрывом. — Новосибирск: Наука, 1980.
2. Конон Ю.А., Первухин Л.Б., Чудновский А.Д. Сварка взрывом. — М.: Машиностроение, 1987.
3. Крунин А.В., Соловьев В.Я., Попов Г.С., Крыстев Б.Р. Обработка металлов взрывом. — М.: Металлургия, 1991.
4. Дубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. Промышленные взрывчатые вещества. — Москва: Недра, 1988.

630090, г. Новосибирск, ИГиЛ СО РАН

Поступила в редакцию 19/XI 1993,
после доработки 11/I 1994