

Измерение напряженного состояния поверхности образца броневой стали и керамических пластин из карбида кремния

1. Подготовительные работы

Перед началом измерений была выполнена подготовка поверхности образца броневой стали путем очистки (травления) его участков на глубину 5-10 мкм.

Среда травления:

- 245 мл H_2O ;
- 80 г CrO_3 ;
- 650 мл H_3PO_4 (85%);
- 130 мл H_2SO_4 ;
- Травление анодное («+» на образце).

Время травления составило 1 час при плотности тока $0,5A/cm^2$.

2. Измерения образца броневой стали

Для измерения напряжений на поверхности образца броневой стали были выбраны характерные точки (см. рис. 1 и 2):

- вблизи сквозного пулевого отверстия (точки № 1, 2, 3, 1', 2');
- вблизи пулевой выбоины (точка № 4);
- вблизи сварного шва (точки № 3', 4', 5', 6').

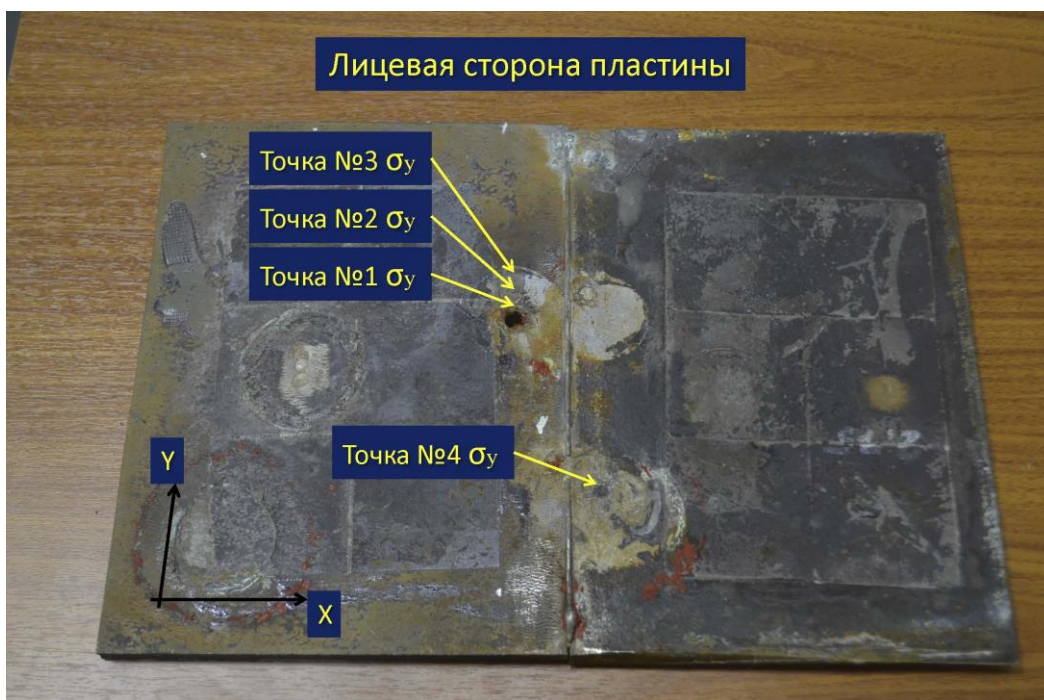


Рис.1. Схема характерных точек на лицевой стороне образца броневой стали σ_x -напряжение вдоль оси X, σ_y -напряжение вдоль оси Y.

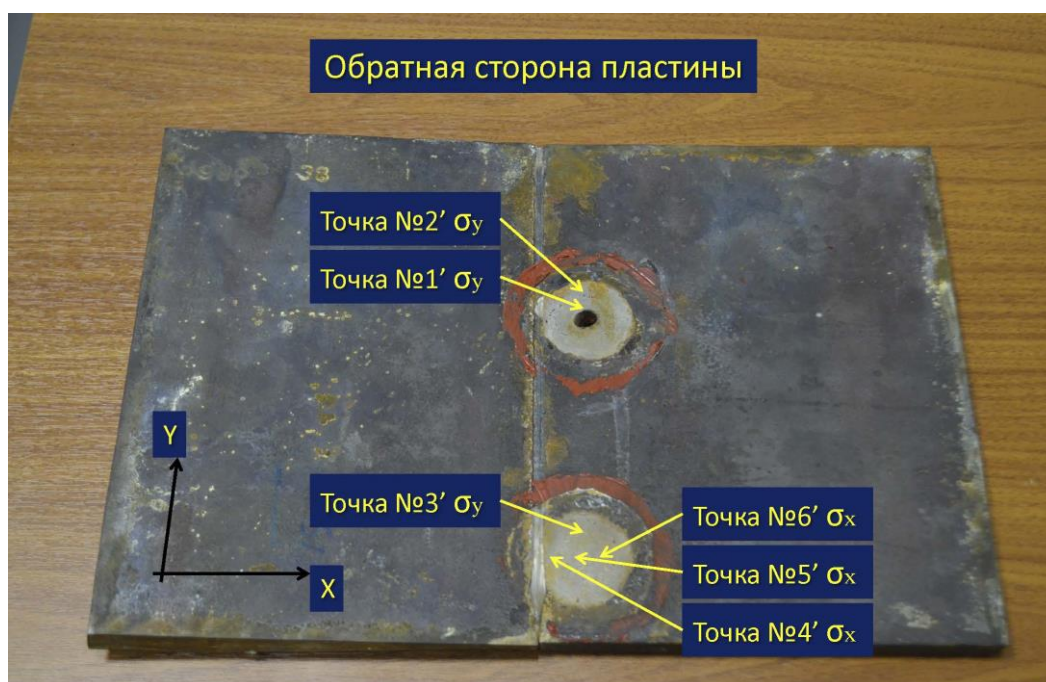


Рис.2. Схема характерных точек на обратной стороне образца броневой стали, σ_x -напряжение вдоль оси X, σ_y -напряжение вдоль оси Y

В таблице 1 представлены данные измерений характерных точек на образце броневой стали.

Таблица 1.

Наименование характерной точки	Напряжение, кг/мм ²	Ширина пика дифракции (кр.), отн. ед.	Ширина пика дифракции (син.), отн. ед.
№1 (5мм от края отверстия)	18	276	210
№2 (10мм от края отверстия)	40	147	174
№3 (20мм от края отверстия)	13	140	144
№1' (1мм от края отверстия вылет)	-13	556	216
№2' (3мм от края отверстия вылет)	23	212	199
№4 (выбоина)	19	142	144
№3' (вдоль шва на 5мм от шва)	-2	140	125
№4' (поперёк шва на 1мм от шва)	23	183	150
№5' (поперёк шва на 3мм от шва)	15	138	148
№6' (поперёк шва на 10мм от шва)	10	136	144

Из таблицы видно, что величины ширин дифракционных пиков в точках №1 и 1' имеют отличающиеся в большую сторону значения. Это говорит о том, что в кристаллитах структуры материала в данных точках имеются большие повреждения, и соответственно значения напряжений в них приближённые из-за того, что произошло существенное превышение условного предела упругости. Знак «минус» говорит о том, что кристаллы в точках №1' и 3' имеют сжимающие напряжения.

На рис.3 изображен схематический график напряжений на разрезе образца броневой стали в месте сквозного пулевого отверстия, из которого видно, что на лицевой стороне образца вблизи отверстия растягивающие напряжения сравнительно небольшие (связано с разрушением структуры), по мере удаления от отверстия возрастают и затем снова убывают. На обратной стороне вблизи отверстия сжимающие напряжения также сравнительно небольшие и по мере удаления от отверстия возрастают и далее очевидно снова убывают (на графике не показано).

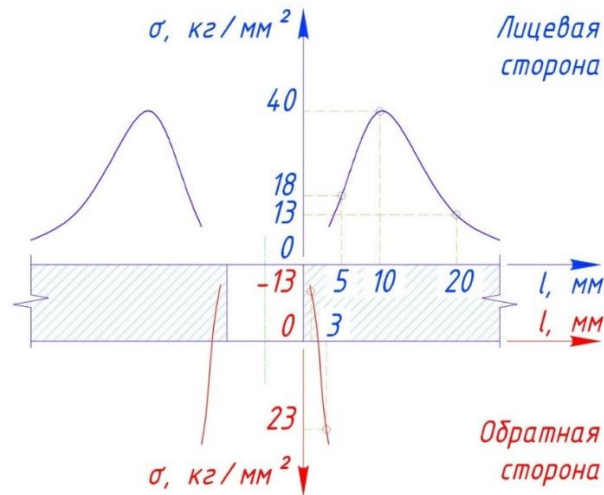


Рис.3. График напряжений на разрезе образца в месте пулевого отверстия

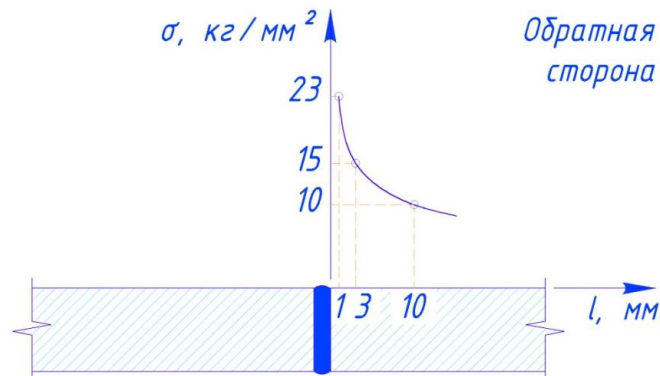


Рис.4. График напряжений на разрезе образца в месте сварного шва

Значения напряжений, представленные в таблице 1, вычислены при условии, что модуль Юнга равен 210000 МПа, коэффициент Пуассона 0,3. Такие параметры соответствуют средним параметрам стали. Для более точного измерения необходимо произвести калибровку прибора на данной марке стали с помощью разрывной машины.

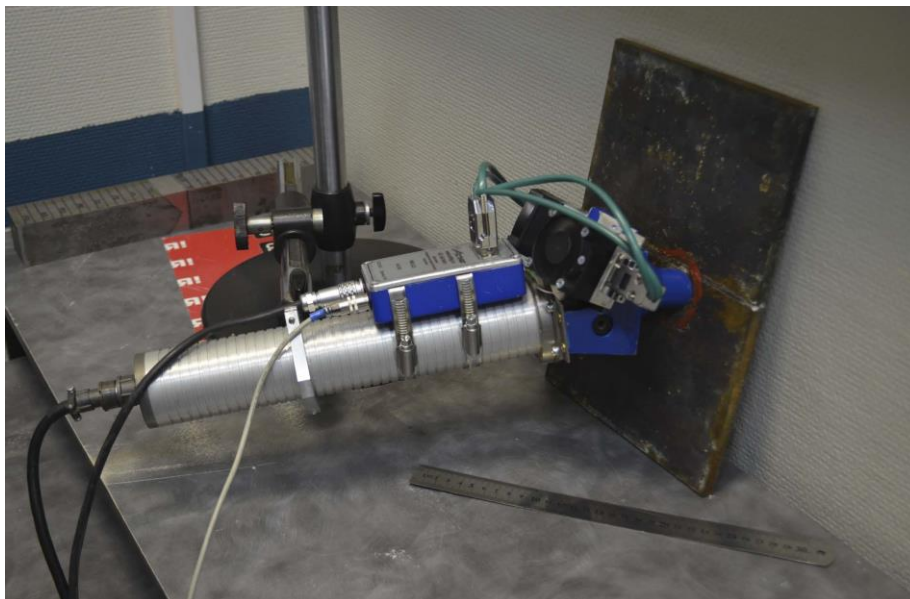


Рис.5. Процесс измерения характерной точки образца броневого стали

3. Измерение керамических пластин из карбида кремния

Для измерений были предоставлены три керамические пластины 50x50 кв.мм., на двух из которых были сколоты углы. Механическое напряжение измерялось на трёх пластинах с двух сторон, примерно по центру (см. рис.6).

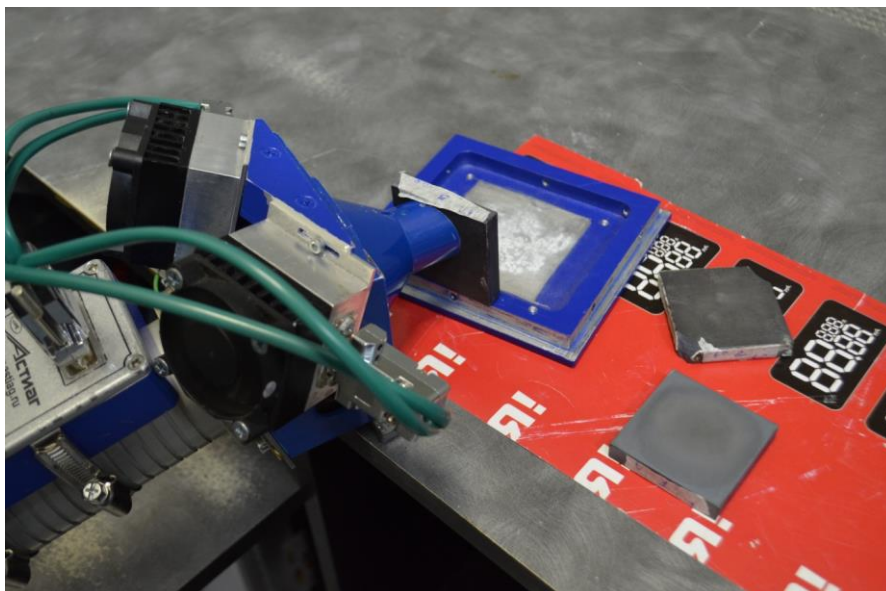


Рис.6. Процесс сканирования керамических пластин из карбида кремния

Значения напряжений в таблице 2 указаны условно, т.к. не было возможности откалибровать дифрактометр на данный тип материала. Модуль Юнга приняли равным 410000 МПа, коэффициент Пуассона 0,17. Процесс калибровки подразумевает измерение напряжения материала в разгруженной фазе (с «нулевыми» напряжениями) для обозначения точки отсчета и с известным не нулевым напряжением для определения угла наклона графика напряжения. Таким образом, данные, представленные в таблице, отражают лишь динамику или разницу между значениями напряжений, причем с большой степенью точности, т.к. дифракционная картина имела ярко выраженный характер.

Таблица 2.

№ пластины и сторона	Напряжения кг/мм ² (условно)	Примечание
1, сторона А	39	Из упаковки
1, сторона Б	17	
2, сторона А	56	Внешняя
2, сторона Б	5	Приклеенная к стали
3, сторона А	48	Внешняя
3, сторона Б	10	Приклеенная к стали

4. Выводы

Следует отметить, что для более точных измерений требуется:

- механическое удаление усиления шва без контакта с основным материалом образца;
- очистка поверхности путем травления пред механическим воздействием на образец;
- удаление грубых неровностей более 0,1 мм на поверхности исследуемого образца (заусенцы со стороны вылета пули и пр.);
- калибровка дифрактометра на исследуемом образце.

Измерения проводились с использованием рентгеновской трубки с анодом из хрома, радиационный фон около включенной установки соответствовал естественному (см. рис.7).

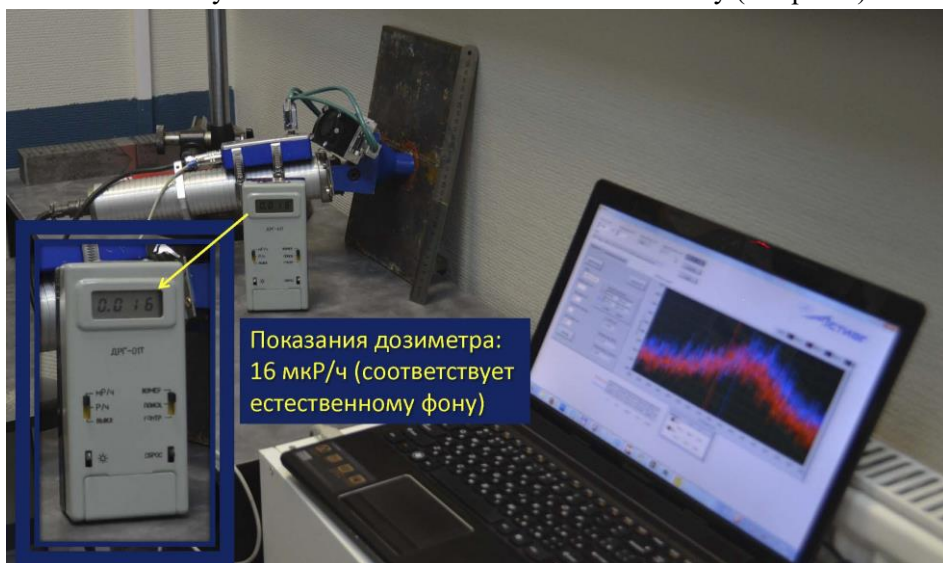


Рис.7. Радиационный фон в процессе сканирования

Сигналы для обработки отчётливы и имеют хорошее соотношение сигнала к шуму, по этой причине результаты измерений в целом являются надёжными, и прибор можно использовать для точных исследований материалов (броневая сталь, керамика карбида кремния) представленных образцов при правильно составленной и отработанной методике.



ООО «РаДиаТех»

Радиационные диагностические технологии

Россия, 188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, а/я 164

E-mail: rdt@radiatech.ru **radiatech.ru**