

Исследование с помощью неразрушающего рентгеновского кристалл-дифракционного анализатора (HePKA) напряженно-деформированного состояния стального образца при растяжении на разрывной машине INSTRON

Цель работы:

Измерение при помощи анализатора HePKA механических напряжений на поверхности стального образца при приложении к образцу известных растягивающих усилий и сравнение измеренных значений с расчетными.

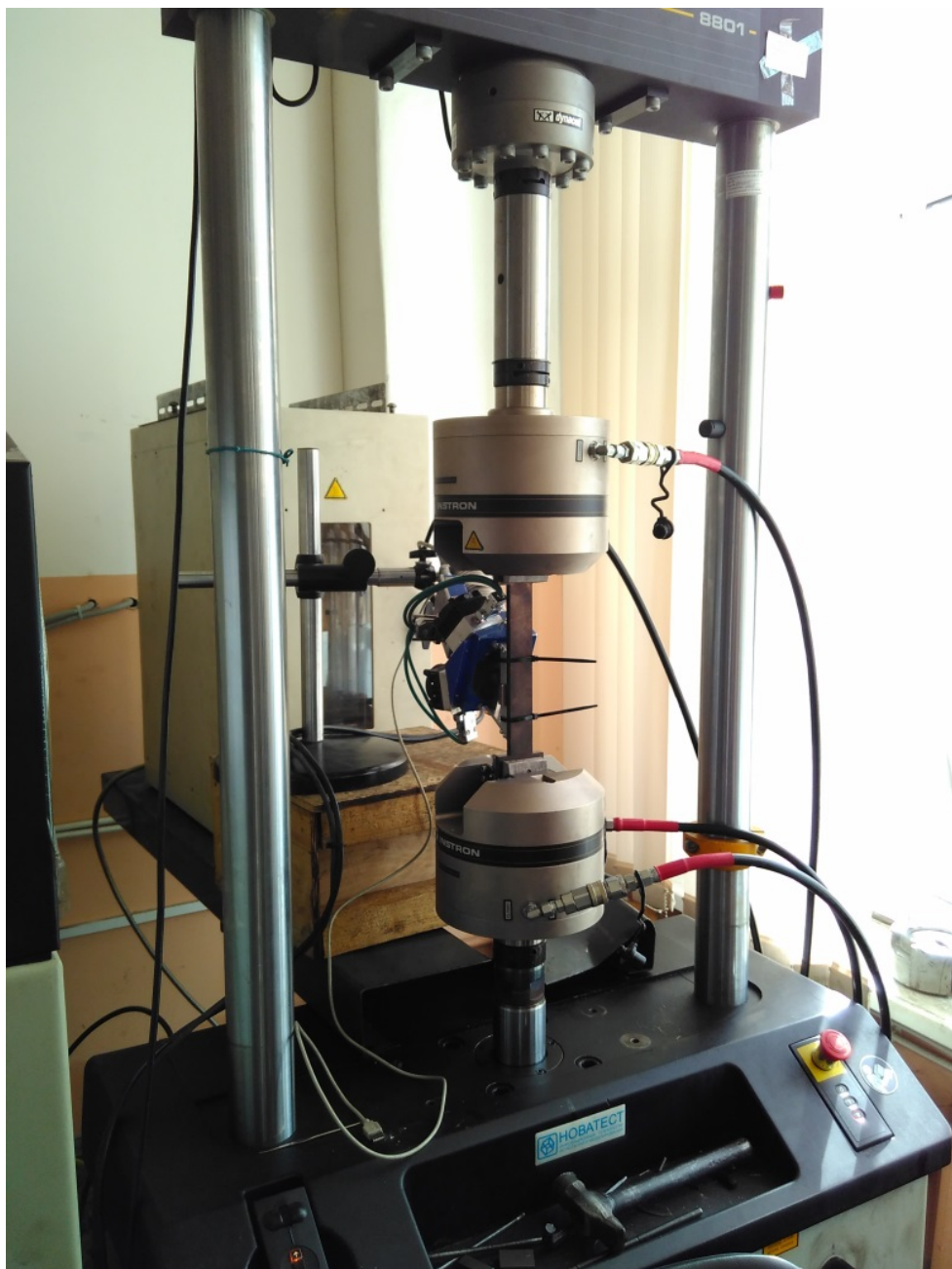


Рис.1. Установка стального образца на разрывную машину

Исследование:

В качестве образца использовалась заранее отожженная (для снятия остаточных напряжений использовался метод термической обработки с последующей выдержкой) стальная полоса (Ст3) с сечением 30х9 мм.

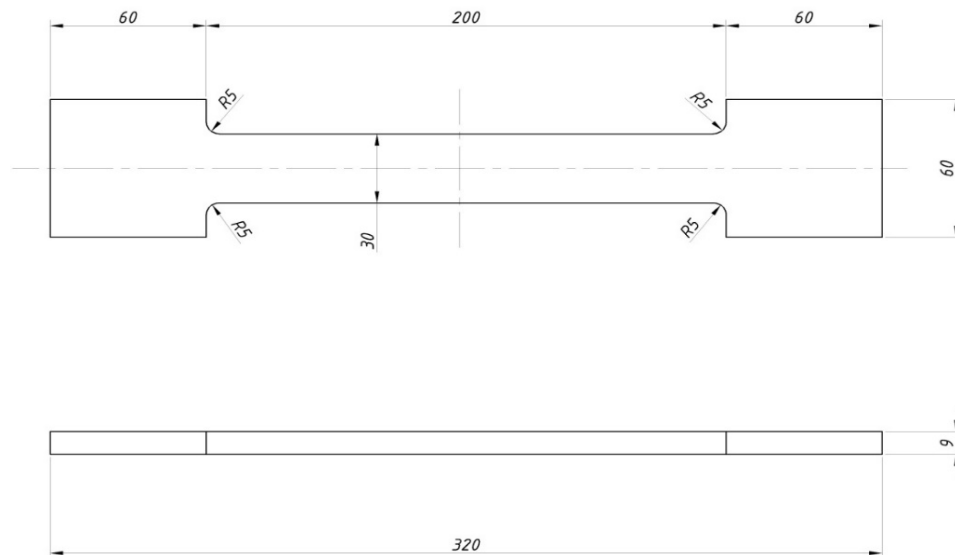


Рис.2. Размеры образца испытаний

После установки образца на разрывную машину, к образцу прикладывалась растягивающая нагрузка с шагом ~10 кН (~1020 кгс). Было произведено 11 серий измерений при различных напряжениях, значения которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

№	Нагрузка, Н	Напряжение INSTRON, кг/кв.мм	Положение пика 90(син), рix	Положение пика 50(кр), рix	Ширина пика 90(син), рix	Ширина пика 50(кр), рix	Напряжение HePKA, кг/кв.мм	Разница напряжений INSTRON HePKA, кг/кв.мм
1	100	0,04	2878,22	2899,58	102,69	92,08	0,09	-0,05
2	9970	3,77	2866,30	2900,83	108,82	93,90	3,2	0,57
3	19900	7,52	2847,17	2909,24	94,85	88,00	9,7	-2,18
4	29830	11,27	2837,88	2911,30	97,43	89,46	12,44	1,17
5	39750	15,02	2825,74	2913,95	94,08	90,50	15,95	-0,93
6	49660	18,77	2815,59	2920,01	97,89	87,45	19,8	-1,03
7	59550	22,51	2803,52	2924,06	95,93	91,19	23,63	-1,12
8	69400	26,23	2789,53	2922,14	92,36	90,28	26,5	-0,27
9	79240	29,95	2776,75	2928,22	92,72	88,79	30,97	-1,02
10	89000	33,64	2663,87	2943,15	147,7	141,04	61	-27,36
11	50	0,02	2757,63	2905,33	132,66	132,68	30,07	-30,05

Рис.3. Таблица измеренных механических напряжений

Механические деформации кристаллического вещества разделяются на упругие, когда материал способен вернуться в исходное состояние, и пластичное. При упругой деформации зависимость между механическим напряжением и деформацией имеет линейный характер. После достижения предела упругости пластичная деформация характеризуется нелинейной зависимостью. В процессе измерений 1 - 9 четко прослеживается линейная зависимость измеренных механических напряжений (Таблица 2), что и характеризует упругую деформацию. В 10 измерении виден резкий скачок напряжения, а также резкое увеличение ширины дифракционных пиков, что свидетельствует о переходе исследуемого материала в область пластической деформации. Последнее, 11 измерение проводилось после снятия растягивающего усилия с материала. Измерение характеризуется увеличенной шириной дифракционных пиков и ненулевым значением остаточного напряжения.

Сравнивая измерения 10, 11 с предыдущими измерениями можно утверждать, что на поверхности образца появилось структурно-напряжённое состояние (напряжения 2-го рода).

Таблица 2

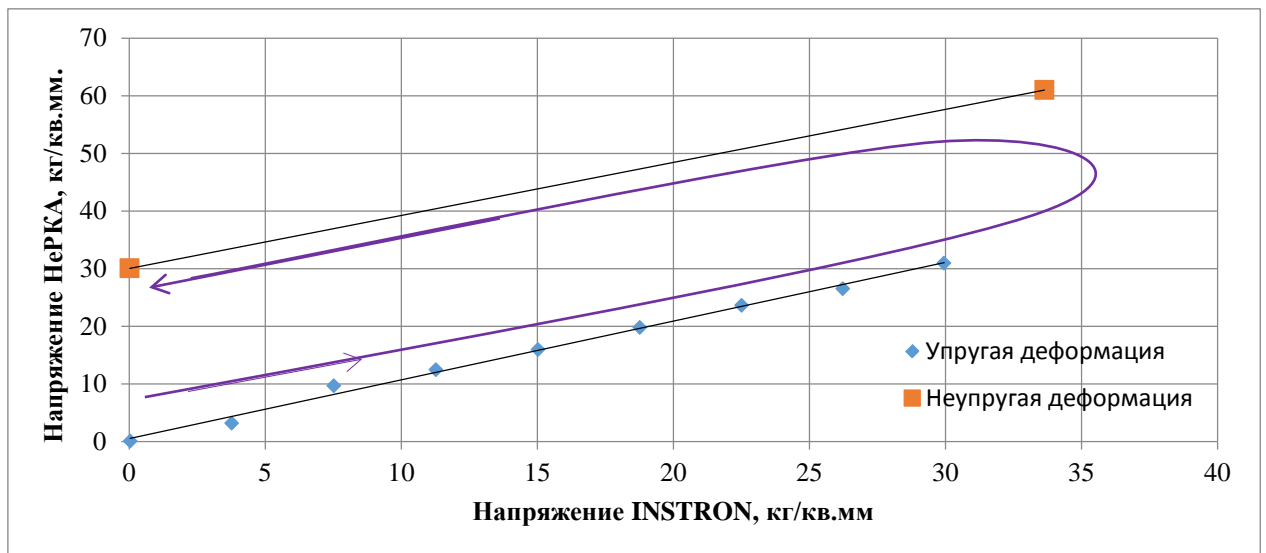


Рис.3. График измеренных механических напряжений

После пластических нагрузок, деформация с образца не исчезла (Рис. 4). Образец удлинился на 7 мм.

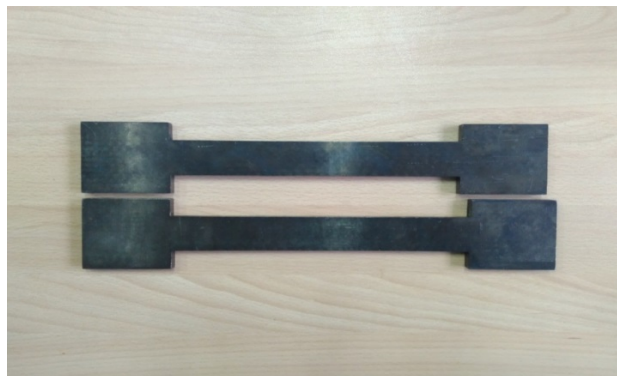


Рис.4. Сверху образец, который не подвергался растягивающим усилиям на разрывной машине, снизу образец после испытаний



Вывод:

Сравнивая показания механических напряжений неразрушающего рентгеновского кристалл-дифракционного анализатора HePKA и разрывной машины INSTRON (см. таб. 1), можно отметить, что в пределах упругой деформации средняя погрешность не превышает 1 кг/кв.мм.

Измеренные значения напряжений имеют линейную зависимость от растяжения образца, что и характеризует упругую деформацию материала. По изменению ширины дифракционных пиков можно судить о типе деформации, а именно произошли структурные изменения металла на поверхности образца за счёт перехода из зоны упругости в зону пластичности. Таким образом, с помощью анализатор HePKA можно измерять упругую деформацию первого рода за счёт смещения дифракционных пиков, и судить о наличии деформации второго рода за счёт изменения ширины дифракционных пиков.