

УДК 621.165

А.А. ТАРЕЛИН, чл.-корр. НАНУ; ИПМаш НАН України, Харьков;
Н.В. СУРДУ, канд. техн. наук; ИПМаш НАН України, Харьков;
А.В. НЕЧАЕВ, вед. инженер ИПМаш НАН України, Харьков

ВЛИЯНИЕ КАТОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ СТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПАРОКАПЕЛЬНОМ ПОТОКЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЕЕ МИКРОТВЕРДОСТИ

Проведено експериментальное исследование влияния полярности электрического заряда парокапельного потока на изменение микротвердости поверхностного слоя стального образца, обдуваемого потоком. Обнаружено, что при катодной поляризации поверхности исследуемых образцов металла парокапельным потоком микротвердость поверхности снижается более чем на 50 % в диапазоне нагрузки на пирамидку индентора от 10 до 50 грамм. В случае обдува воздухом катодная поляризация приводит к незначительному увеличению микротвердости.

Ключевые слова: микротвердость, наводороживание, катодная поляризация, турбинные лопатки.

Введение

Ранее, в работах [1, 2] авторами было выдвинуто предположение о безусловном влиянии электрофизических явлений проточной части ЦНД, на развитие процесса эрозионного разрушения рабочих лопаток. Причем, возникновение катодной поляризации поверхности рабочих лопаток, сопровождающейся наводороживанием лопаточного материала, является определяющим фактором с позиции интенсификации процесса эрозии. Это обусловлено тем, что наводороживание лопаточного материала оказывает большое влияние на изменение его механических свойств, которое может проявляться в значительном уменьшении инкубационного периода развития эрозионных явлений. В этой связи возникает актуальная задача выяснения степени влияния полярности электрических процессов, возникающих на поверхности обдуваемого влажнопаровым потоком металла, на характер изменения его прочностных свойств.

Основная часть

Накопившиеся у нас экспериментальные факты и модельные представления о физических условиях и явлениях, протекающих на поверхностях сопловых лопаток в ЦНД, позволяют выдвинуть рабочую гипотезу о том, что образующиеся в проточной части положительно заряженные капли влаги, взаимодействуя с поверхностью рабочих лопаток, приводят преимущественно к ее катодной поляризации, способствуя тем самым ее наводороживанию. Ион водорода (протон), обладая определенными физико-химическими и геометрическими свойствами, «захватывается» ядром дислокации и, нейтрализуя электростатические силы отталкивания между механически поляризованными атомами ядра дислокации, способствует уменьшению размеров и энергоемкости ядер дислокаций [3–5], повышая их подвижность. Это должно способствовать заметному снижению микротвердости наводороженного металла.

Для проверки этой гипотезы нами была изготовлена экспериментальная установка (см. рис. 1), позволяющая отчасти имитировать электрофизические явления, возникающие на поверхности рабочих лопаток при воздействии электрически заряженного влажнопарового потока.

В качестве генератора влажного пара использовали лабораторный котел емкостью

© А.А. Тарелин, Н.В. Сурду, А.В. Нечаев, 2013

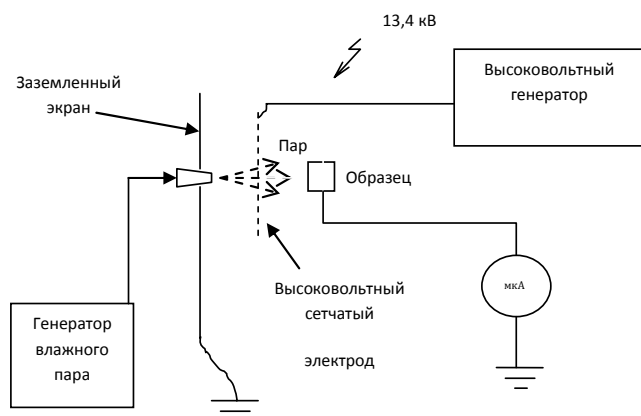


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

8 л, из которого по подогреваемому паропроводу пар попадал в направляющую стеклянную трубку и, проходя через мелкоячеистую нержавеющую сетку, на которую подавали напряжение порядка 13 кВ, заряженный влажнопаровой поток обдувал поверхность исследуемого образца. В качестве модели фрагмента поверхности рабочей лопатки был образец в виде параллелепипеда с размерами 56×18×17 мм. Одна из поверхностей

исследуемого образца полировалась до зеркальной чистоты и ориентировалась параллельно сетке на расстоянии порядка 15 мм.

Методика экспериментальных исследований.

Исследования проводились на образце, изготовленном из стали 20Х13. Поверхность образца шлифовалась, а затем полировалась в соответствии с требованиями для определения микротвердости. На подготовленном образце выбиралась область поверхности для исследований, и при помощи прибора ПМТ-3 проводились измерения исходной микротвердости при трех различных нагрузках на индентор – 10, 30 и 50 грамм. После определения исходных значений микротвердости заземленный образец подвергался воздействию парокapельной струи, приходящей на поверхность образца через сетчатый электрод под положительным потенциалом 13,4 кВ. Пар направлялся на выбранную для исследований область поверхности. Расход пара составлял не более 1 кг в час. Скорость пара порядка 300 мм/с. Температура перед выходом в атмосферу в диапазоне (100–102) °С. В цепи заземления образца был включен стрелочный микроамперметр на 100 микроампер. В процессе обработки образца стрелка микроамперметра вздрагивала, но амплитуда колебаний была менее 1 мкА. Время обработки составляло 1,5 часа. После обработки поверхность образца подвергали повторным испытаниям на микротвердомере. Для измерения микротвердости находили область отметок оставленных при предварительных измерениях и повторные проводили в их непосредственной близости.

При испытании на микротвердость численным значением результата измерения является частное от деления нагрузки P (в кг) на боковую поверхность F отпечатка (в мм²) в предположении, что углы у отпечатка такие же, как у самой пирамиды

$$H_{\mu} = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = \frac{1,854P}{d^2}, \quad (1)$$

где α – угол при вершине алмазной пирамиды (136° или 2,47 радиан). Если P выразить в граммах, а d – в микронах, то формула для вычисления принимает вид, кг/мм²

$$H_{\mu} = \frac{1854P}{d^2}. \quad (2)$$

При вычислении глубины h отпечатка для пластичных материалов, у которых нет упругого становления, можно воспользоваться формулой

$$h = \frac{d}{2\sqrt{2} \cdot \text{tg}(0,5\alpha)}, \quad (3)$$

которая для $\alpha = 136^\circ$ принимает вид $h \approx d/7$.

При нагрузке на индентор равной $P = 10$ грамм замеры производились по 20 точкам. Для нагрузок 30 и 50 грамм замеры производились по 12. Из полученных замеров отбрасывались наибольшее и наименьшее значение, для остальных производились расчеты и статистическая обработка. Значение микротвердости в каждой точке рассчитывалось по формуле (2), а глубина внедрения – по формуле (3). Среднее значение $\langle H_\mu \rangle$ микротвердости определялось по формуле

$$\langle H_\mu \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_\mu)_i, \quad (4)$$

где $(H_\mu)_i$ – результат i -го измерения микротвердости; n – количество измерений.

Среднеквадратичная погрешность измерений оценивалась по формуле

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\langle H_\mu \rangle - (H_\mu)_i]^2}{n(n-1)}}. \quad (5)$$

Степень относительного изменения микротвердости поверхности, обработанной пароконденсатным или воздушным потоком, рассчитывалась по формуле:

$$\varepsilon(H_\mu) = \frac{(H_\mu)_i - (H_\mu)_i^*}{(H_\mu)_i} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $(H_\mu)_i$ – значение микротвердости в i -ой точке необработанной поверхности; $(H_\mu)_i^*$ – значение микротвердости в i -ой точке обработанной поверхности.

Результаты и их обсуждение

Результаты измерений микротвердости поверхности исследуемого образца в исходном состоянии и после ее катодной поляризации в пароконденсатном потоке представлены в таблицах 1–3. На рис. 2–4 представлены гистограммы размеров отпечатков индентора при различных нагрузках обработанных и необработанных поверхностей.

Таблица 1

Значение H_μ обработанной и необработанной паром поверхности при $P = 10$ грамм

№ п/п	Исходное состояние поверхности				После катодной поляризации поверхности				$\varepsilon(H_\mu)$
	Диагональ отпечатка d , мкм	$(H_\mu)_i$, кг/мм ²	$[\langle H_\mu \rangle - (H_\mu)_i]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	Диагональ отпечатка, d^* , мкм	$(H_\mu)_i^*$, кг/мм ²	$[\langle H_\mu^* \rangle - (H_\mu)_i^*]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	
1	8,68	246,08	3681,65	1,24	11,780	133,60	1867,44	1,68	45,71
2	8,99	229,40	1935,86	1,28	12,400	120,58	911,29	1,77	47,44
3	9,30	214,36	838,68	1,33	12,555	117,62	741,40	1,79	45,13
4	9,30	214,36	838,68	1,33	13,020	109,37	360,14	1,86	48,98
5	9,61	200,75	235,73	1,37	13,020	109,37	360,14	1,86	45,52
6	9,61	200,75	235,73	1,37	13,330	104,34	194,59	1,90	48,03
7	9,61	200,75	235,73	1,37	13,485	101,95	133,75	1,93	49,21
8	9,92	188,40	9,01	1,42	13,795	97,42	49,48	1,97	48,29
9	10,23	177,16	67,95	1,46	13,950	95,27	23,83	1,99	46,22
10	10,23	177,16	67,95	1,46	14,570	87,34	9,33	2,08	50,70
11	10,23	177,16	67,95	1,46	14,880	83,73	44,30	2,12	52,73

Окончание таблицы 1

12	10,23	177,16	67,95	1,46	15,035	82,02	70,11	2,15	53,70
13	10,23	177,16	67,95	1,46	15,655	75,65	217,30	2,24	57,30
14	10,54	166,89	342,65	1,51	15,810	74,17	262,99	2,26	55,56
15	10,85	157,49	779,02	1,55	16,895	64,95	647,09	2,41	58,76
16	10,85	157,49	779,02	1,55	17,515	60,44	897,29	2,50	61,63
17	11,47	140,92	1978,17	1,64	17,980	57,35	1091,67	2,57	59,30
18	11,77	133,83	2659,36	1,68	18,910	51,85	1485,53	2,70	61,26
$\langle H_{\mu} \rangle = \langle 185,40 \rangle$			$S_n = 6,98$	$\langle 1,44 \rangle$	$\langle H_{\mu}^* \rangle = \langle 90,39 \rangle$		$S_n = 5,53$	$\langle 1,97 \rangle$	$\langle 56,99 \rangle$

Таблица 2

Значение H_{μ} обработанной и необработанной паром поверхности при $P = 30$ грамм

№ п/п	Исходное состояние поверхности				После катодной поляризации поверхности				$\epsilon(H_{\mu})$
	Диагональ отпечатка, d , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}) - (H_{\mu})_{i_2}]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	Диагональ отпечатка, d^* , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}^*$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}^*) - (H_{\mu}^*)_{i_2}]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	
1	14,26	273,52	1168,39	2,04	21,855	116,45	109,15	3,12	57,43
2	14,26	273,52	1168,39	2,04	20,305	134,90	835,44	2,90	50,68
3	14,88	251,20	140,73	2,12	20,925	127,03	442,18	2,99	49,43
4	15,19	241,05	2,94	2,17	22,785	107,14	1,29	3,25	55,56
5	15,50	231,51	61,33	2,21	22,32	111,65	31,88	3,19	51,77
6	15,50	231,51	61,33	2,21	25,11	88,21	316,34	3,59	61,90
7	15,50	231,51	61,33	2,21	24,645	91,57	208,10	3,52	60,44
8	15,50	231,51	61,33	2,21	25,73	84,01	483,39	3,67	63,71
9	16,12	214,04	639,94	2,30	24,8	90,43	242,33	3,54	57,75
10	16,12	214,04	639,94	2,30	22,63	108,61	6,80	3,23	49,26
$\langle H_{\mu} \rangle = \langle 239,34 \rangle$			$S_n = 6,67$	$\langle 2,18 \rangle$	$\langle H_{\mu}^* \rangle = \langle 106,0 \rangle$		$S_n = 5,45$	$\langle 3,30 \rangle$	$\langle 56,27 \rangle$

Таблица 3

Значение H_{μ} обработанной и необработанной паром поверхности при $P = 50$ грамм

№ п/п	Исходное состояние поверхности				После катодной поляризации поверхности				$\epsilon(H_{\mu})$
	Диагональ отпечатка, d , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}) - (H_{\mu})_{i_2}]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	Диагональ отпечатка, d^* , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}^*$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}^*) - (H_{\mu}^*)_{i_2}]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	
1	21,70	196,86	2053,79	3,10	27,280	124,56	52,76	3,90	36,73
2	18,91	259,24	290,93	2,70	27,125	125,99	75,54	3,87	51,40
3	19,22	250,94	76,77	2,74	28,055	117,78	0,23	4,01	53,07
4	20,46	221,45	429,89	2,92	27,745	120,42	9,75	3,96	45,62
5	18,91	259,24	290,93	2,70	29,295	108,02	86,17	4,18	58,33
6	20,15	228,31	192,31	2,88	27,900	119,09	3,20	3,98	47,84
7	18,91	259,24	290,93	2,70	27,435	123,16	34,34	3,92	52,49
8	19,84	235,50	44,58	2,83	29,605	105,77	133,01	4,23	55,09
9	19,53	243,04	0,74	2,79	27,900	119,09	3,20	3,98	51,00
10	18,60	267,95	664,10	2,66	29,140	109,17	66,11	4,16	59,26
$\langle H_{\mu} \rangle = \langle 242,18 \rangle$			$S_n = 7,99$	$\langle 2,18 \rangle$	$\langle H_{\mu}^* \rangle = \langle 117,30 \rangle$		$S_n = 2,27$	$\langle 4,02 \rangle$	$\langle 51,56 \rangle$

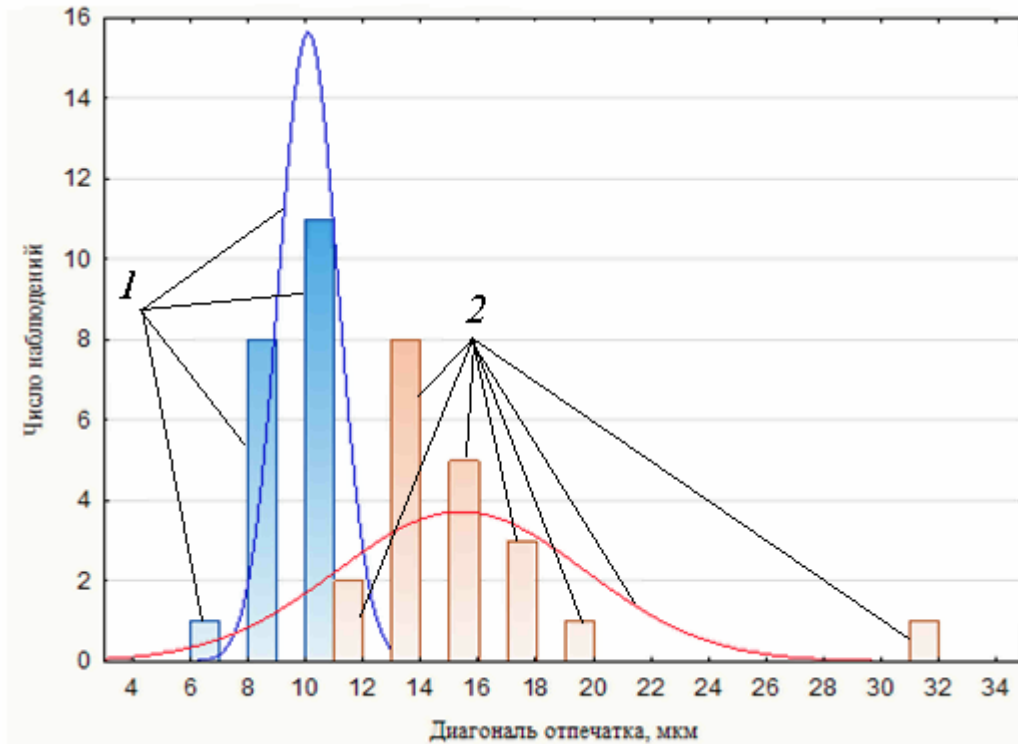


Рис. 2 – Гистограмма размеров отпечатков индентора на контрольном и обработанном паром образце при нагрузке 10 грамм:
 1 – контрольный образец; 2 – образец, обработанный парокapelным потоком

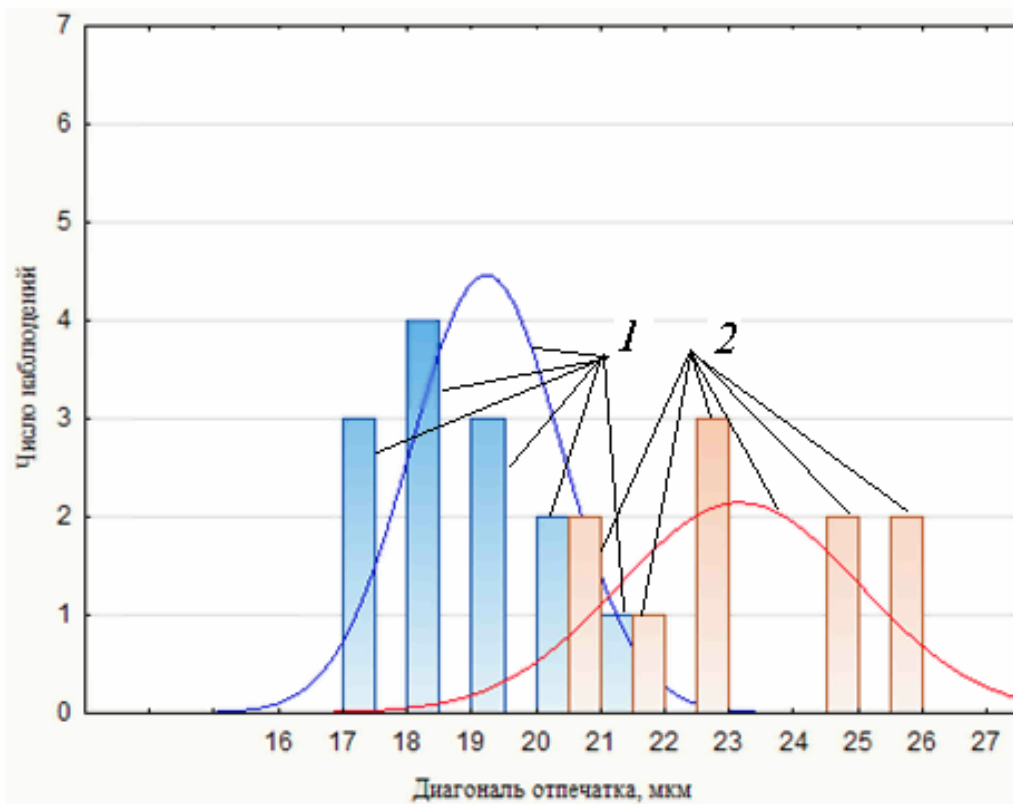


Рис. 3 – Гистограмма размеров отпечатков индентора на контрольном и обработанном паром образце при нагрузке 30 грамм:
 1 – контрольный образец; 2 – образец, обработанный парокapelным потоком

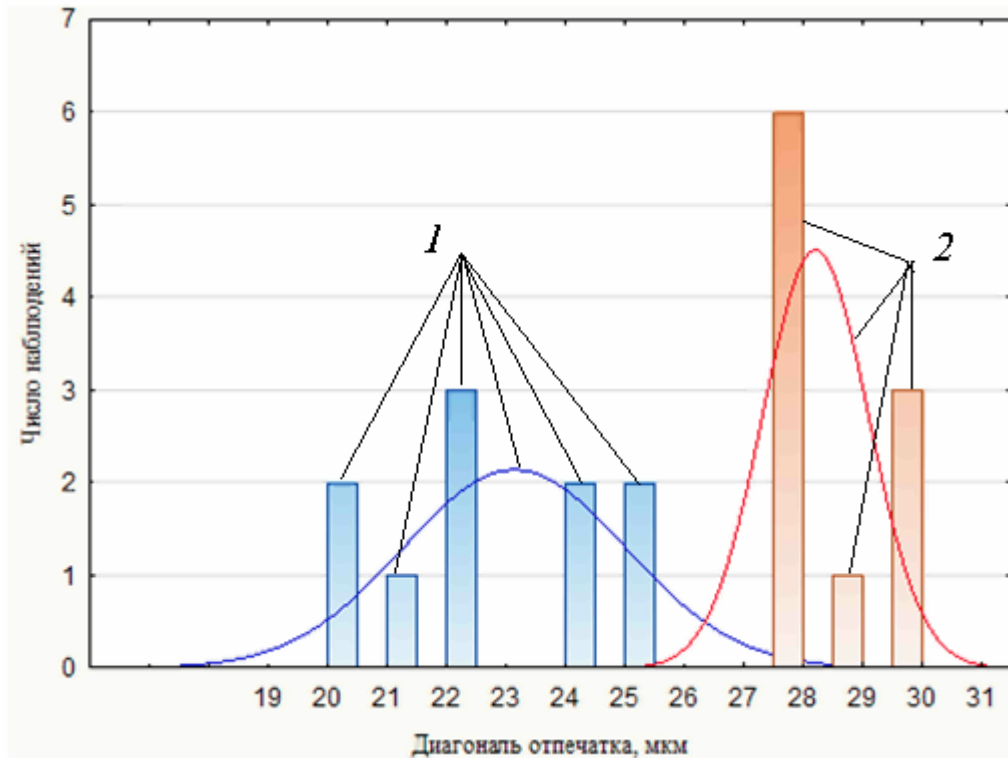


Рис. 4 – Гистограмма размеров отпечатков индентора на контрольном и обработанном паром образце при нагрузке 50 грамм:
 1 – контрольный образец; 2 – образец, обработанный парокapelным потоком

Таблица 4

Описательная статистика для пара

Вид измерения	P, г.	Значения				
		Кол. измер.	Среднее	Минимум	Максимум	Стд. откл.
Поверхность исходная	10	20	10,06	7,75	11,78	1,018
Поверхность обработанная		20	15,34	11,01	31,16	4,284
Поверхность исходная	30	10	15,28	14,26	16,12	0,654
Поверхность обработанная		10	23,11	20,31	25,73	1,864
Поверхность исходная	50	10	19,20	17,36	21,7	1,163
Поверхность обработанная		10	28,15	27,13	29,61	0,883

В соответствии с рабочей гипотезой, основное влияние на механические свойства металлов должно оказывать наводороживание, которое сопутствует катодной поляризации поверхности образца в парокapelном потоке. Что и подтверждается полученными результатами. Однако, при анализе полученных результатов было выдвинуто предположение о том, что причиной уменьшения микротвердости поверхности, подвергаемой катодной поляризации, могут быть не только протоны, а и другие положительно заряженные ионы, возникающие, например, при ионизации воздуха. Поэтому было принято решение проверить характер влияния катодной поляризации поверхности образца с помощью воздушного потока. Для этого выходная часть паровой трубки была подключена к миниатюрному компрессору, дающему струю воздуха с близкими скоростными свойствами к струе использованного ранее генератора пара. Экспозиция в струе воздуха также была 1,5 часа. Результаты

измерений представлены в таблицах 4–6, а на рис. 5–7 представлены гистограммы отпечатков индентора на контрольной и обработанной заряженным воздухом поверхностях.

Таблица 5

Значение H_{μ} обработанной и необработанной воздухом поверхности при $P = 10$ грамм

№ п/п	Исходное состояние поверхности				После катодной поляризации поверхности				$\varepsilon(H_{\mu})$
	Диагональ отпечатка, d , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}) - (H_{\mu})_i]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	Диагональ отпечатка, d , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}^*$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}^*) - (H_{\mu}^*)_i]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	
1	15,50	77,17	36,60	2,21	13,18	106,73	1267,94	1,88	-38,30
2	14,88	83,73	159,12	2,12	16,12	71,35	0,05	2,30	14,79
3	15,65	75,70	20,95	2,23	14,57	87,34	262,94	2,08	-15,37
4	15,96	72,79	2,77	2,28	13,49	101,88	946,13	1,93	-39,97
5	16,58	67,44	13,52	2,37	17,05	63,78	53,93	2,43	5,44
6	19,22	50,19	438,13	2,74	16,9	64,91	38,52	2,41	-29,34
7	18,14	56,34	218,38	2,59	17,98	57,35	189,62	2,57	-1,79
8	15,81	74,17	9,32	2,26	15,35	78,69	57,23	2,19	-6,08
9	14,88	83,73	159,12	2,12	14,11	93,12	484,12	2,01	-11,21
10	16,28	69,95	1,36	2,32	15,04	81,96	117,56	2,15	-17,17
$\langle H_{\mu} \rangle = \langle 71,12 \rangle$		$S_n = 3,43$	$\langle 2,33 \rangle$		$\langle H_{\mu}^* \rangle = \langle 80,71 \rangle$	$S_n = 6,16$	$\langle 2,20 \rangle$		$\langle -13,48 \rangle$

Таблица 6

Значение H_{μ} обработанной и необработанной воздухом поверхности при $P = 30$ грамм

№ п/п	Исходное состояние поверхности				После катодной поляризации поверхности				$\varepsilon(H_{\mu})$
	Диагональ отпечатка, d , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}) - (H_{\mu})_i]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	Диагональ отпечатка, d^* , мкм	$(H_{\mu})_{i_2}^*$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}^*) - (H_{\mu}^*)_i]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	
1	24,03	96,32	0,002	3,43	21,08	125,17	58,26	3,01	-29,95
2	22,17	113,16	281,962	3,17	23,25	102,89	894,44	3,32	9,07
3	24,03	96,32	0,002	3,43	22,01	114,81	323,53	3,14	-19,20
4	22,79	107,09	114,884	3,25	22,94	105,69	734,82	3,28	1,30
5	26,04	82,03	205,764	3,72	22,63	108,61	585,25	3,23	-32,41
6	24,96	89,28	50,304	3,56	13,95	285,81	23413,10	1,99	-220,14
7	22,79	107,09	114,884	3,25	20,77	128,93	14,97	2,97	-20,40
8	24,80	90,43	35,246	3,54	20,31	134,84	4,15	2,90	-49,10
9	24,80	90,43	35,246	3,54	21,55	119,77	169,86	3,08	-32,44
10	24,65	91,54	23,357	3,52	23,41	101,49	980,24	3,34	-10,87
$\langle H_{\mu} \rangle = \langle 96,37 \rangle$		$S_n = 3,094$	$\langle 3,44 \rangle$		$\langle H_{\mu}^* \rangle = \langle 132,80 \rangle$	$S_n = 17,38$	$\langle 3,03 \rangle$		$\langle -37,81 \rangle$

Таблиця 7

Значение H_{μ} обработанной и необработанной воздухом поверхности при $P = 50$ грамм

№ п/п	Исходное состояние поверхности				После катодной поляризации поверхности				$\epsilon(H_{\mu})$
	Диагональ отпечатка, d , мкм	$(H_{\mu})_i$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}) - (H_{\mu})_i]^2$	Глубина внедрения, h , мкм	Диагональ отпечатка, d^* , мкм	$(H_{\mu})_i^*$, кг/мм ²	$[(H_{\mu}^*) - (H_{\mu}^*)_i]^2$	Глубина внедрения h , мкм	
1	29,92	62,13	39,427	4,27	26,35	80,11	7,146	3,76	-28,93
2	31,78	55,07	177,928	4,54	25,58	85,00	4,938	3,65	-54,35
3	29,14	65,50	8,459	4,16	26,04	82,03	0,569	3,72	-25,23
4	29,30	64,79	13,118	4,18	25,58	85,00	4,938	3,65	-31,20
5	29,45	64,13	18,319	4,21	25,11	88,21	29,528	3,59	-37,56
6	26,82	77,32	79,457	3,83	25,73	84,01	1,523	3,67	-8,65
7	27,59	73,07	21,698	3,94	26,35	80,11	7,146	3,76	-9,63
8	26,66	78,25	96,919	3,81	26,66	78,25	20,478	3,81	0,00
9	26,20	81,03	159,182	3,74	26,35	80,11	7,146	3,76	1,14
10	29,76	62,80	31,463	4,25	25,58	85,00	4,938	3,65	-35,35
$\langle H_{\mu} \rangle = \langle 68,41 \rangle$		$S_n = 4,09$	$\langle 3,44 \rangle$		$\langle H_{\mu}^* \rangle = \langle 132,80 \rangle$		$S_n = 17,38$	$\langle 3,03 \rangle$	$\langle -37,81 \rangle$

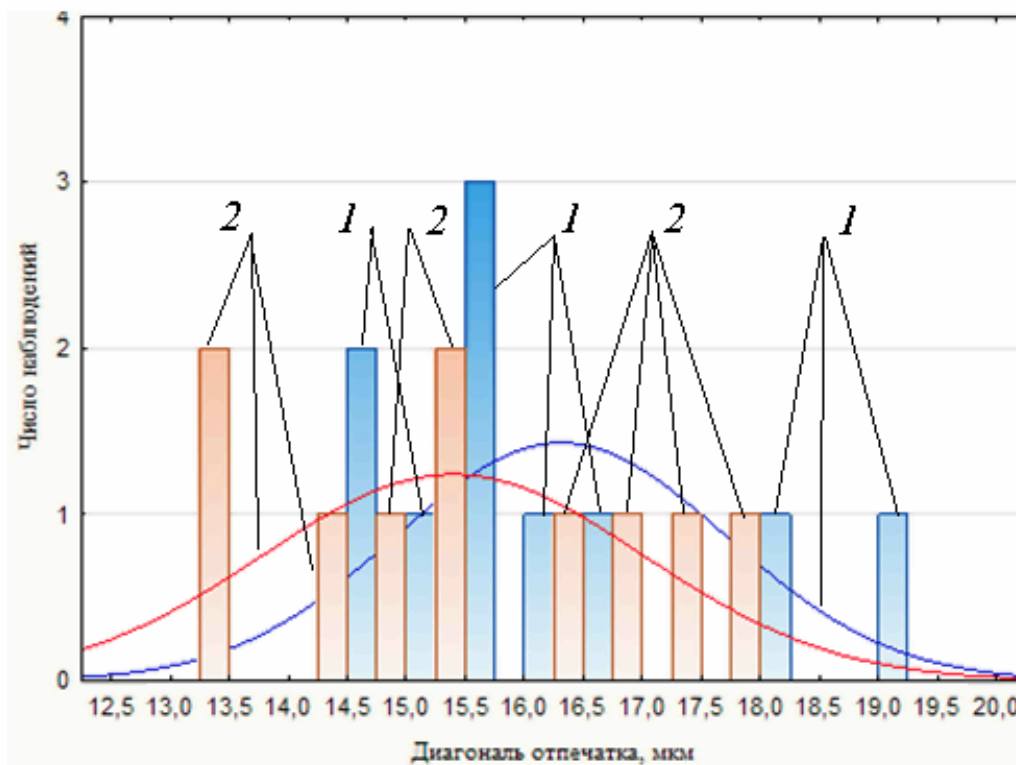


Рис. 5 – Гистограмма размеров отпечатков индентора на контрольном и обработанном воздухом образце при нагрузке 10 грамм:
 1 – контрольный образец; 2 – образец, обработанный воздушным потоком

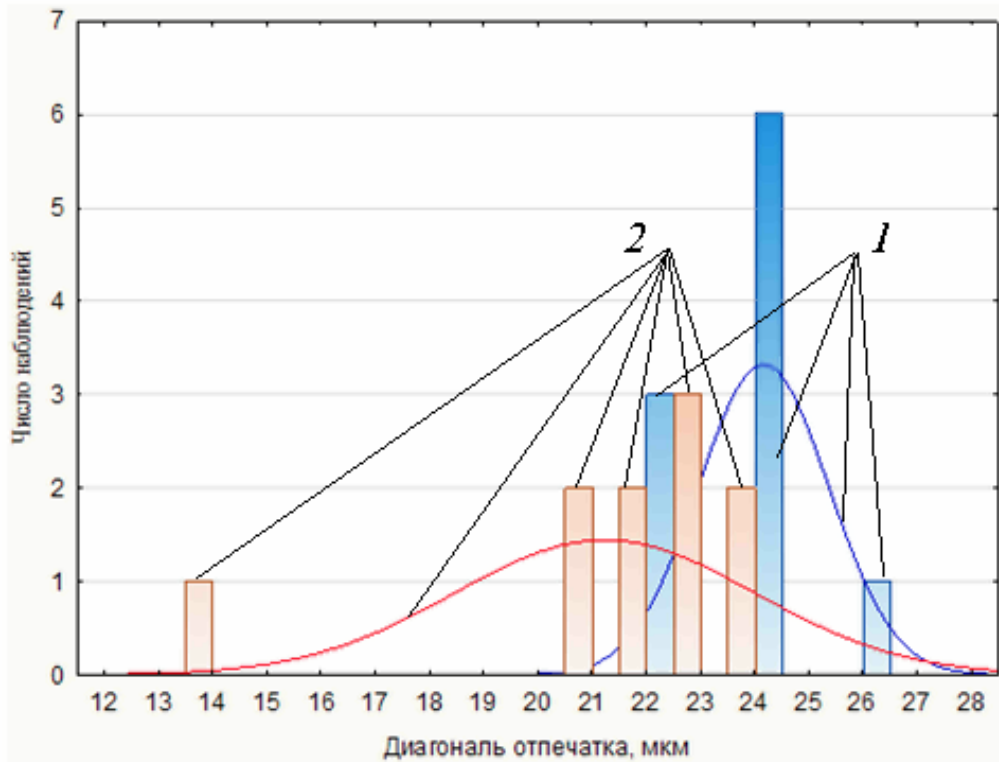


Рис. 6 – Гистограмма размеров отпечатков индентора на контрольном и обработанном воздухом образце при нагрузке 30 грамм:
 1 – контрольный образец; 2 – образец, обработанный воздушным потоком

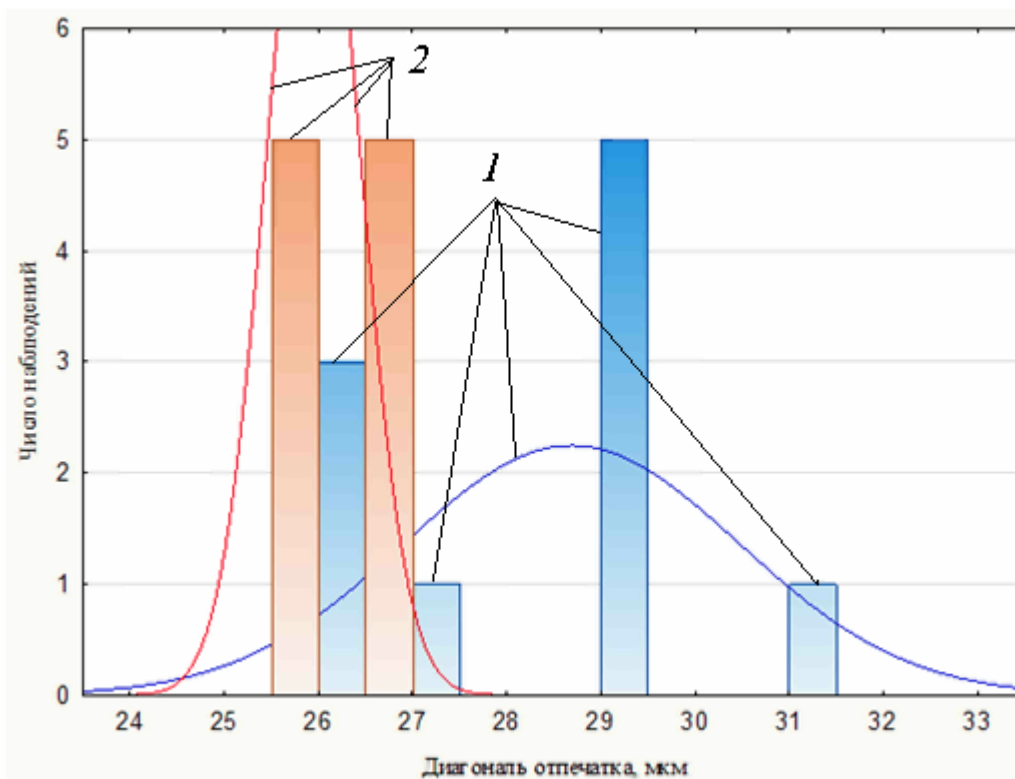


Рис. 7 – Гистограмма размеров отпечатков индентора на контрольном и обработанном воздухом образце при нагрузке 50 грамм:
 1 – контрольный образец; 2 – образец, обработанный воздушным потоком

Описательные статистики

Вид измерения	P, г.	Значения				
		Кол. измер.	Среднее	Минимум	Максимум	Стд. откл.
Поверхность исходная	10	10	16,29	14,88	19,22	1,3920
Поверхность обработанная		10	15,38	13,18	17,98	1,6057
Поверхность исходная	30	10	24,11	22,17	26,04	1,1996
Поверхность обработанная		10	21,19	13,95	23,41	2,7586
Поверхность исходная	50	10	28,66	26,20	31,78	1,7757
Поверхность обработанная		10	25,93	25,11	26,66	0,4892

Из анализа приведенных результатов видно, что характер изменения значения микротвердости поверхности исследуемого образца, подверженного катодной поляризации в воздухе и в парок капельном потоке отличается, причем принципиально. Если катодная поляризация в парок капельном потоке приводит к **уменьшению** микротвердости поверхности, определяемой на всех трех исследованных нагрузках, более чем на 50 %, то катодная поляризация в воздухе приводит к **увеличению** микротвердости в зависимости от нагрузки на пирамиду от 13 % при $P = 10$ г до 37 % при $P = 30-50$ г. При этом если в первом случае обработка приводит к **уменьшению** в 1,2–3,5 раза среднеквадратической погрешности S_n измерения, то во втором случае наоборот, обработка приводит к **увеличению** среднеквадратической погрешности S_n в 2–5 раз. По видимости это может быть связано с тем, что воздействие положительно заряженных ионов при катодной поляризации металлической поверхности в воздушном потоке приводит к локальному образованию соединений в виде монокристаллических пленок (например, азотистых, окисных или других), способствующих гетерогенному повышению микротвердости металла.

Выводы

1 Воздействие положительно заряженных капель влаги на поверхность металлов сопровождается изменением их прочностных свойств, которое проявляется в уменьшении микротвердости поверхности на 50 %. При этом разброс значений микротвердости значительно уменьшается, что свидетельствует о проявлении адсорбционно-пластифицирующего эффекта, вызванного наводороживанием [4, 5].

2 Воздействие положительно заряженных ионов воздуха на поверхность металлов сопровождается изменением их прочностных свойств, которое проявляется в локальном увеличении микротвердости поверхности на (13–37) %, при этом разброс прочностных свойств значительно увеличивается.

3 Вопрос изучения механизма влияния поляризации электрофизических явлений, возникающих на поверхности металлов, на механические свойства металлов требует своего дальнейшего разрешения, поскольку полученные результаты позволят уточнить методы защиты от эрозионно-коррозионного разрушения металлических материалов в условиях, прежде всего электрофизических явлений проточной части ЦНД паровых турбин.

Список литературы: 1. Тарелин, А.А. Влияние электрофизических явлений в проточной части паровых турбин на физико-механические свойства элементов [Текст] / А.А. Тарелин, Н.В. Сурду // Проблемы машиностроения. – 1999. – № 3-4. – С. 100-108. 2. Тарелин, А.А. Электрофизические аспекты каплеударного разрушения элементов проточной части паровых турбин [Текст] / А.А. Тарелин,

Н.В. Сурду, А.В. Нечаев // Энергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. Вісник НТУ «ХП»: 36. наук. праць. – Х.: НТУ «ХП», 2012. – № 7. – С. 88-96. – ISSN 2078-774X. **3.** Сурду, Н.В. Микромеханизм влияния сред на пластическое деформирование и разрушение металлов. Часть 1. О наличии полости вдоль оси дислокации [Текст] / Н.В. Сурду // Вопросы проектирования и производства летательных аппаратов: Сб. науч. трудов. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2000. – Вып. 23(6). – С.116-123. **4.** Сурду, Н.В. Микромеханизм влияния сред на пластическое деформирование и разрушение металлов. Часть 2. Модель микромеханизма [Текст] / Н.В. Сурду // Вопросы проектирования и производства летательных аппаратов: Сб. науч. трудов. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2001. – Вып. 24(1). – С. 139-147. **5.** Сурду, Н.В. Микромеханизм адсорбционного влияния сред на свойства деформируемых металлов [Текст] / Н.В. Сурду // Труды III Международной конференции «ВОМ-2001»: Водородная обработка материалов. – Донецк: ДГТУ, 2001. – Т. 2. – С. 374-376.

Поступила в редколлегию 13.01.13

УДК 621.165

Влияние катодной поляризации стальной поверхности в парокрапельном потоке на изменение ее микротвердости [Текст] / А.А. Тарелин, Н.В. Сурду, А.В. Нечаев // Вісник НТУ «ХП». Серія: Энергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХП», 2013. – № 14(988). – С. 24-34. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2078-774X.

Експериментально досліджено вплив полярності електричне зарядженого парокрапельного потоку на зміну мікротвердості поверхневого шару сталевго зразка, що обдувається. Встановлено, що за катодної поляризації поверхні досліджених зразків металу парокрапельним потоком мікротвердість поверхні знижується більше ніж на 50% в діапазоні навантажень на пірамідку від 10 до 50 грам. У разі обдування поверхні повітрям катодна поляризація навпаки приводить до незначного підвищення мікротвердості.

Ключові слова: мікротвердість, наводнення, катодна поляризація, турбінні лопатки.

The experimental research of effect of polarity electric charge of wet steam on change of microhardness blanket of the steel was spent. It is revealed that in case cathodic polarisation of a surface steel by wet steam, microhardness of a surface decreases more than on 50 % over the range loadings on the indenter from 10 to 50 gramme. Air cathodic polarisation leads to microhardness increase.

Keywords: microhardness, hydrogenation, cathodic polarisation, turbine blade.