

КАВИТАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ TiN

А.Д. Погребняк¹, А.М. Махмуд²¹Сумской институт модификации поверхности
Украина²Сумской государственной университет
Украина

Поступила в редакцию 15.03.2011

С помощью растровой электронной микроскопии и методом микровзвешивания в работе изучено состояние нанокристаллического покрытия из TiN, после кавитационного воздействия ультразвука большой мощности. Покрытия из TiN толщиной 5 мкм наносились на подложки из стали методом КИБ. Показано, что покрытия хорошо защищают подложки от кавитационной эрозии в течение одного часа непрерывного воздействия.

Ключевые слова: нанокристаллическое покрытие, электронная микроскопия, покрытия TiN, ультразвук.

За допомогою растрової електронної мікроскопії і методом мікрозважування в роботі вивчено стан нанокристалічного покриття з TiN, після кавітаційного впливу ультразвуку великої потужності. Покриття з TiN товщиною 5 мкм наносилися на підкладки зі сталі методом КІБ. Показано, що покриття добре захищають підкладки від кавітаційної ерозії протягом однієї години безперервного впливу.

Ключові слова: нанокристалічне покриття, електронна мікроскопія, покриття TiN, ультразвук.

Using scanning electron microscopy and by microbalance in the study the state of nanocrystalline coatings of TiN, after cavitation effects of ultrasound of high power. Coatings of TiN thickness of 5 microns deposited on steel by the IRB. Shown that the coating protects the substrate from the well of cavitation erosion for at least one hour of continuous exposure.

Keywords: nanocrystalline coatings, electron microscopy, coatings of TiN, ultrasound.

ВВЕДЕНИЕ

Толщина покрытия составляла 5 мкм. Величина микротвердости покрытия, определенная с помощью микротвердомера ПМР-3, была равна 20 ГПа.

Полученное покрытие помещалось в дистиллированную воду, куда также опускалась коническая насадка ультразвукового пьезокерамического излучателя прибора УЗДН-А (рис. 1).

Мощность УЗ-излучения определялась по

формуле: $P_{изл} = \frac{k \cdot P_{max}}{S}$, где, k – коэффициент;

P_{max} – максимальная мощность излучателя; S – площадь излучающей насадки.

Радиационное давление проявляется в эффекте фонтанирования. Так как оно направлено от среды с большим радиационным давлением (с большой плотностью энергии). Образующийся фонтанчик, как и давления, всегда направлен в сторону жидкости.

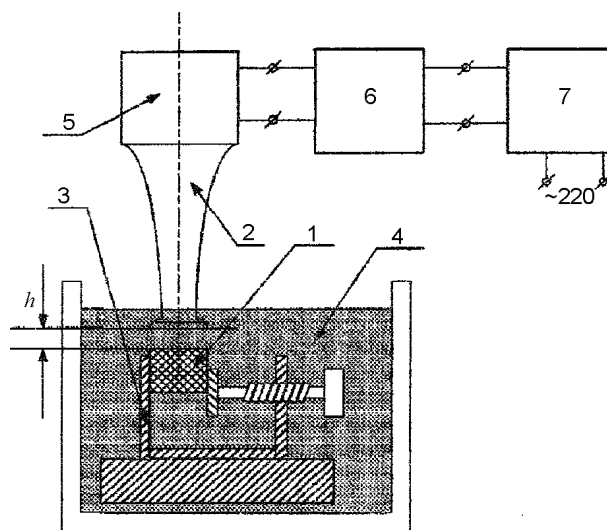


Рис. 1. Схема установки для ультразвукового воздействия на образцы с покрытиями: 1 – образец; 2 – УЗ концентратор с конической насадкой; 3 – фиксирующее устройство; 4 – емкость с водой; 5 – пьезострикционный излучатель; 6 – УЗ-генератор; 7 – блок питания.

Исследования проводились при разной интенсивности кавитации (табл. 1): ультразвуковое облучение проводилось при удельной

Среднее значение величины фонтана

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	k	$P_{изд}$
1 – 4	0	0	0	Кавитация								1,64
5	Кавитация			15	21,3	31,3	39	45	48,3	51,6	0,5	42,2
6	30	38,3	41,1	56,5	66	72,1	80	85	90,6	95	0,6	50,6
7	60	67,5	75	83	91,5	96	102	110	118	129	0,7	59,1
8	70	77	88	90	101	107	116	121	130	140	0,8	67,5
9	78	84	93	102	111	117	123	130	136	145	0,9	76
10	75	85	98	106	113	117	123	132	140	152	1	84,4

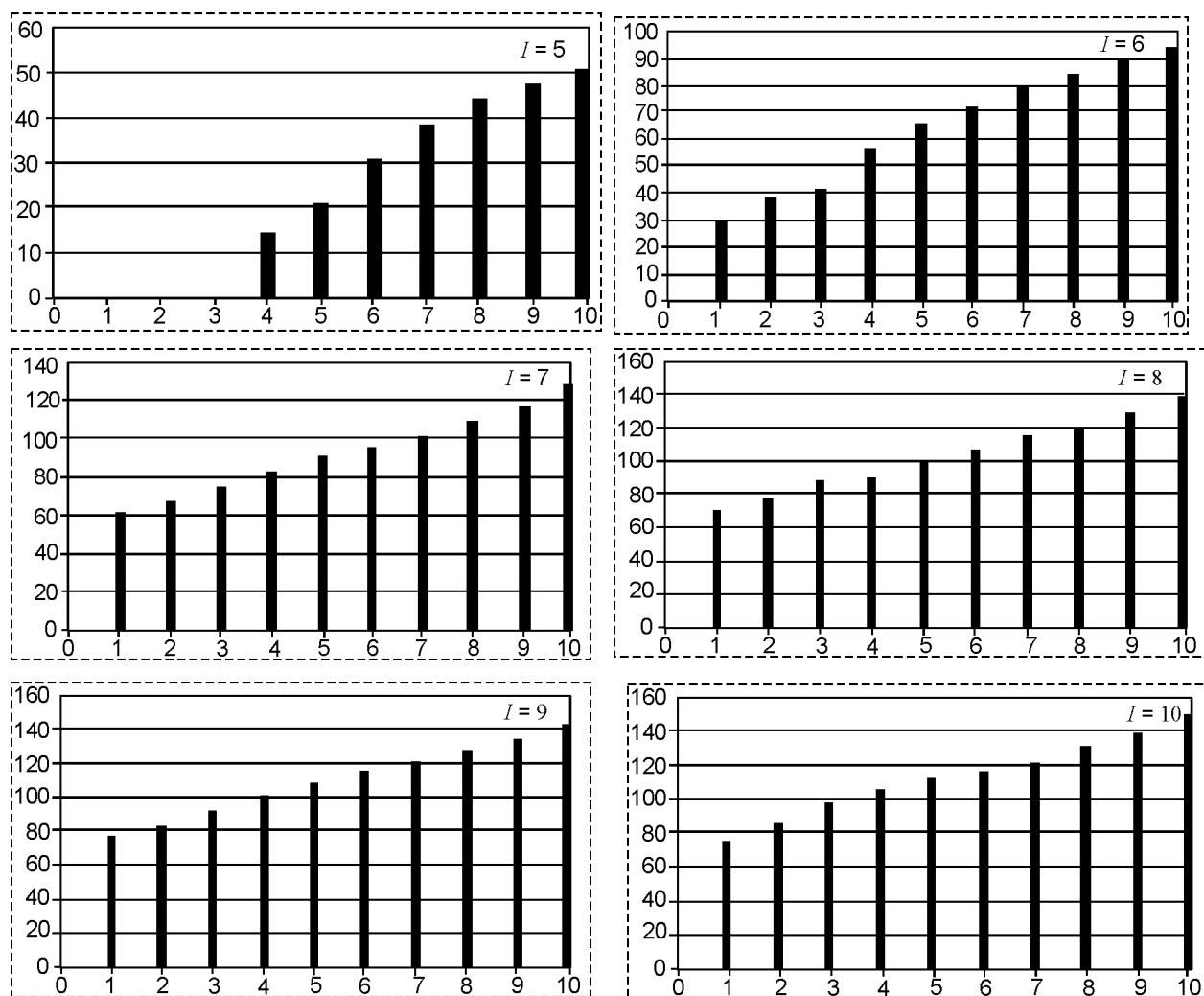


Рис. 2. Диаграммы зависимости высоты фонтана от мощности ультразвука.

мощности излучения от 36 до 84 Вт/см². Озвучивание проводилось в течение 10 – 60 мин (рис. 2).

Кавитационная эрозия изучалась методом растровой электронной микроскопии с помощью электронного микроскопа РЭМ-102 (рис. 3, 4) в режиме вторичных электронов

при ускоряющем напряжении 20 кВ. Кроме того, после каждого испытания образцы взвешивались на микровесах, для сравнения таким же испытаниям подвергались образцы без покрытий.

Исследуемыми параметрами сопротивления покрытий кавитации были инкубационный период повреждения и мгновенный уро-



Рис. 3. Общий вид растрового электронного микроскопа РЭМ-100. 1 – пульт управления вакуумной среды; 2 – вакуумметр; 3 – колонна микроскопа; 4 – видео-контрольное устройство; 5 – детектор с видеоусилителем.

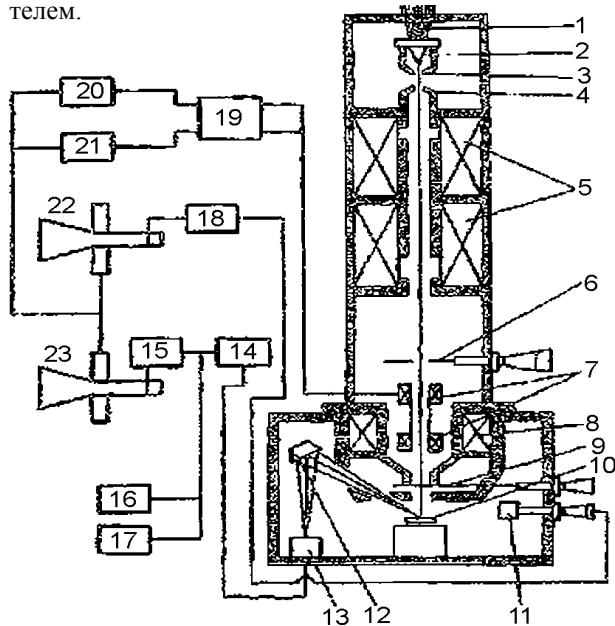


Рис. 4. Функциональная схема растрового электронного микроскопа: 1 – изолятор электронной пушки; 2 – накаливаемый V – образный катод; 3 – фокусирующий электрод; 4 – анод; 5 – блок двух конденсорных линз; 6 – диафрагма; 7 – двухъярусная отклоняющая система; 8 – объектив; 9 – диафрагма; 10 – объект; 11 – детектор вторичных электронов; 12 – кристаллический спектрометр; 13 – пропорциональный счетчик; 14 – предварительный усилитель; 15 – блок усиления; 16 и 17 – аппаратура для регистрации рентгеновского излучения; 18 – блок усиления; 19 – блок регулировки увеличения; 20 и 21 – блок горизонтальной и вертикальной разверток; 22 и 23 – электронно-лучевые трубки.

вень эрозии после УЗ воздействия заданной продолжительности (рис. 5).

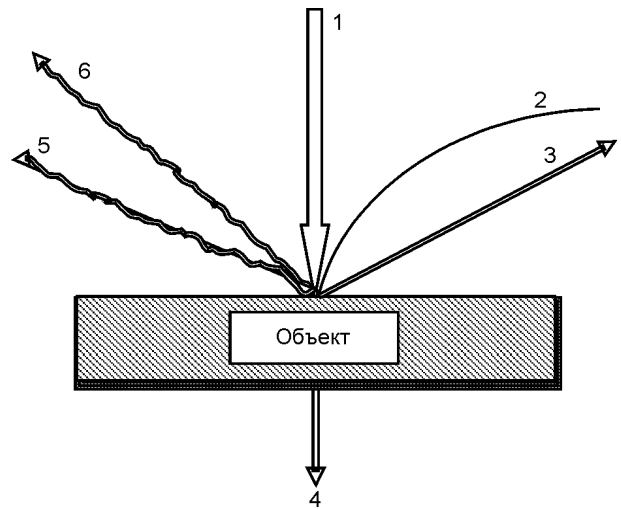


Рис. 5. Виды излучений, возникающие при взаимодействии электронов зонда с биологическим объектом: 1 – электронный зонд; 2 – вторичные электроны; 3 – упругорассеянные электроны; 4 – электроны, прошедшие через объект; 5 – катодолуминесценция; 6 – рентгеновское излучение.

Было установлено, что нанокристаллическое покрытие из TiN, нанесенное на нержавеющую сталь, вызывает продление инкубационного периода по сравнению со сталью без покрытия (см. табл. 2), однако показатели мгновенного уровня эрозии близки друг к другу.

Таблица 2

Значение величины мощности при разной интенсивности

I , отн.ед.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , Вт/см ²	0,41	0,82	1,23	1,64	42,2	50,6	59,1	67,5	76,0	84,4

Но после инкубационного периода на образце с покрытием наблюдалось разрушение или локальное отслоение покрытия (эрозия была больше).

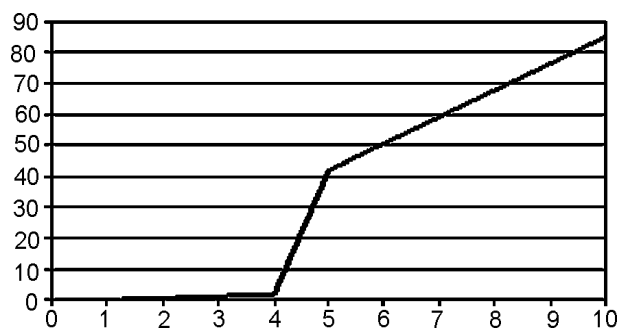


Рис. 6. График зависимости мощности от синхронизации.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 7 приведены данные по изменению массы образцов из стали 30 и нержавеющей стали 9ХС без покрытия и с покрытиями из нитрида титана после воздействия ультразвуком мощностью 76 Вт/см^2 в течение 20 – 60 мин. Было установлено, что подложки без покрытия через 20 минут УЗ воздействия на стали 30 и нержавеющей стали 9ХС произошло изменение массы образцов, а стали 30 + TiN и нержавеющей стали 9ХС + TiN – не изменилась. На графике видно, что изменение больше у стали 30 чем нержавеющей стали 9ХС.

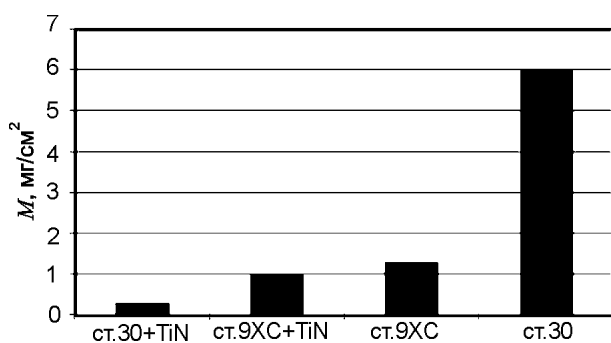


Рис. 7. Нарезные образцы.

Если увеличить время воздействия (до 60 минут) УЗ излучения на образцы с покрытиями из нитрида титана, произойдет изменение массы, большее изменение имеет сталь 30, чем сталь 9ХС. Результаты изменения массы образцов приведены в табл. 3.

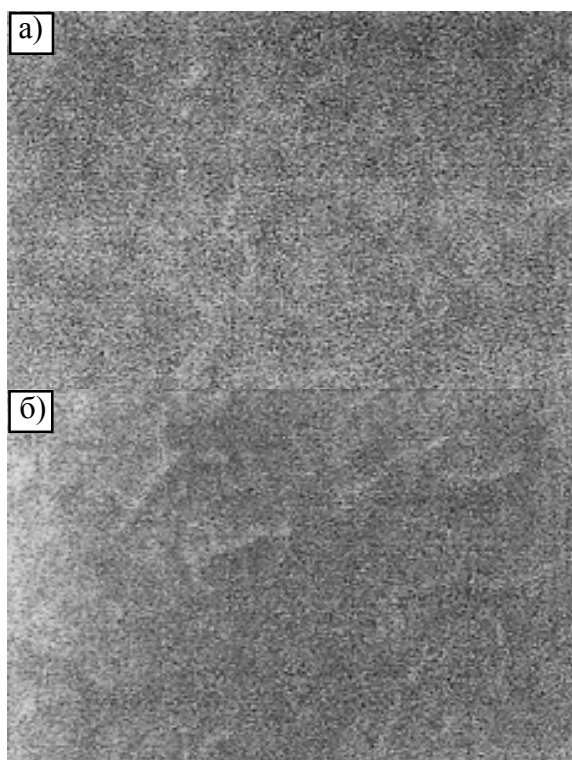
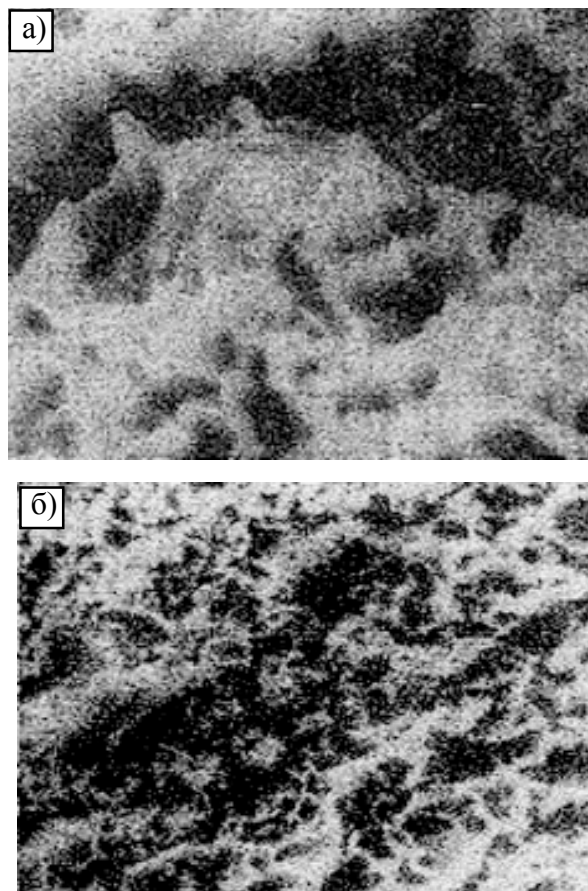
Таблица 3

Характеристики стали при воздействии УЗ

№	Материал образца	Время воздействия УЗ, мин	$\Delta m, \text{ мг/см}^2$
1	Сталь 30	20	5,95
2	Сталь 9ХС	20	1,31
3	Сталь 9ХС+TiN	20	0
4		60	1
4	Сталь 30+TiN	20	0
4		60	0,25

Анализ полученных результатов показал, что основными факторами, отвечающими за увеличение инкубационного периода систем с металлической основой и твердым нанокристаллическим покрытием, являются высокая твердость материала основы и высокий уровень адгезии покрытия.

Результаты растровой электронной микроскопии представлены на рис. 8 – 10.

Рис. 8. Вид поверхности покрытием TiN после УЗ обработки в течение 50 минут – а) и 60 минут – б) при мощности 76 Вт/см^2 при увеличении $1000\times$. Кавитационное разрушение подложек.Рис. 9. Вид поверхности стали 30 после непрерывной УЗ обработки в течение 20 минут – а), при увеличении $3090\times$ и 50 минут – б), при увеличении $2220\times$ при мощности 76 Вт/см^2 .

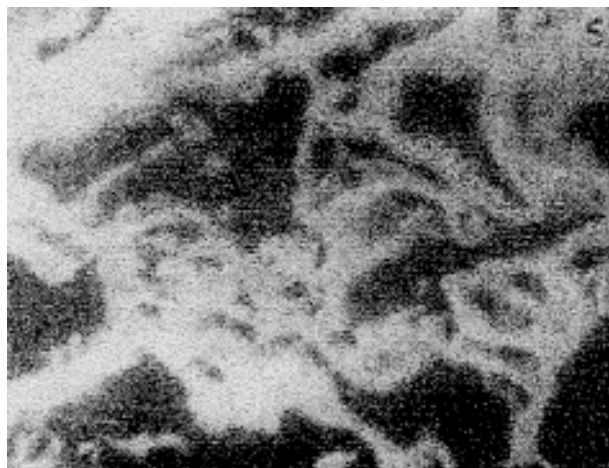


Рис. 10. Вид поверхности стали 30 после непрерывной УЗ обработки в течение 20 минут при мощности 76 Вт/см² при увеличении 2220X.

ВЫВОДЫ

Изучено влияния УЗ кавитации на образцы из стали 30 и нержавеющей стали 9ХС без покрытия и с покрытием из нанокристаллического TiN.

Определены параметры УЗ поля, варьируемым параметром в экспериментах выбрано время воздействия на образцы.

Методом микровзвешивания показано, что нанокристаллические покрытия из TiN эффективно защищают подложки при режимах УЗ воздействия, близким к максимальным.

С помощью растровой электронной микроскопии показано, стальные подложки подвержены вязкому кавитационному разрушению по всей площади воздействия, тогда как покрытия из TiN имеют латентный период

сопротивления кавитации, после которого происходит локальное повреждение площадях образца.

Полученные экспериментальные результаты хорошо согласуются с литературными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вероман В.Ю., Аренов А.Б. Ультразвуковая обработка материалов. – Ленинград, 1971. – 144 с.
2. Карупу В.Я. Электронная микроскопия. – Л.: Вища школа, 1984. – 208 с.
3. Кульментьева О.П. Методические указания к лабораторной работе “Изучение конструкции ультразвукового диспергатора УЗДН-А” по дисциплине “УЗ и ВЧ технологии и оборудование” для студентов специальности 7.090802 дневной формы обучения – Сумы: СумГУ. – 2002. – 20 с.

LITERATURA

1. Veroman V.Yu., Arenkov A.B. Ultrazvukovaya obrabotka materialov. – Leningrad, 1971. – 144 s.
2. Karupu V.Ya. Elektronnaya mikroskopiya. – L.: Vishcha shkola, 1984. – 208 s.
3. Kulmentyeva O.P. Metodicheskiye ukazaniya k laboratornoy rabote “Izucheniye konstruktсии ultrazvukovogo dispergatora UZDN-A” po distsipline “UZ i VCh tekhnologii i oborudovaniye” dlya studentov spetsialnosti 7.090802 dnevnoy formy obucheniya – Sumy: SumGU. – 2002. – 20 s.