

. . . - , 15, 49005, . . . ; e-mail: Gryshkevych.O.D@nas.gov.ua

The aim of this work is to develop plasma process devices and combinations thereof for the use in a process plant for the implementation of a combined process of metal parts working surface strengthening. All the component parts of the process plant meet progressivity criteria and can be mounted in the working chamber of a standard vacuum plant. Consideration is given to the features of the design and operation of plasma process devices constructed with the use of physical effects of the interaction of concentrated energy fluxes with the surface under treatment. To conduct ion-beam and ion-plasma treatment of the outer and inner surfaces of parts, several models of self-contained ion sources and magnetron sputtering systems have been developed, made, and tested. Consideration is given to the features of the functioning and destination of different construction arrangements of a vacuum-plasma plant for treatment of variously shaped parts. Recommendations are formulated on the choice of the optimum composition of process devices and construction arrangements of the vacuum-plasma plant for combined treatment of parts with inner and outer working surfaces.

. . . : . . . , - - . . . ,

[1]

. . . , . . . , - - -

\times) [2, 3].

— (

()

()

(-).

[4, 5].

(),

[6, 7, 8]

2 (. . 1).
(), 1,) 1,),

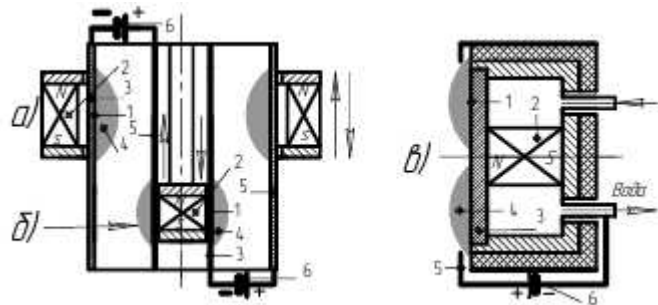
3.

4

(40÷100)

5 -

()



) - ;) -

1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 -
; 5 - ; 6 -

.1 -

, . . HIPIMS

[9, 10].

0,5)
« »

80 %
(. . -) 10 %

1 20 « »
[11, 12]

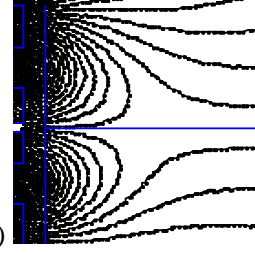
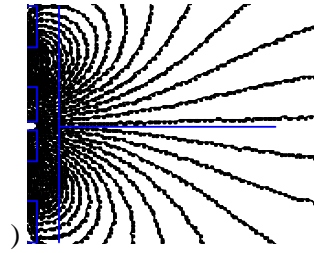
[13]

2,).

«

»

(. . 2,)).



)-

;)

.2-

()

[14]

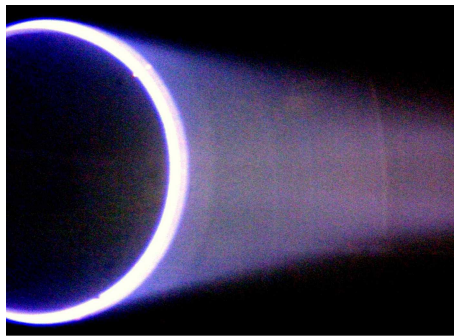
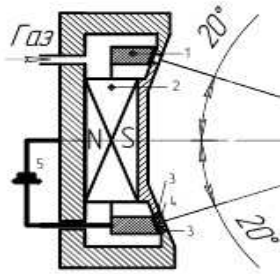
[15]

[16, 17].

« »
(, ,) [18],

. 3,
1
2
3.

4,



)
)- ;)

. 3-

(1000÷5000)

500

0,5

».

[15],

3.

[19]

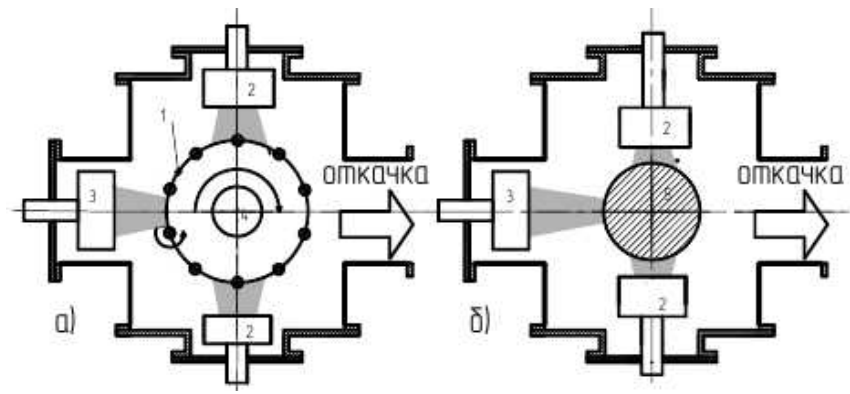
[20],

« ».

[21].

(.4),

[22],



-)
-)
- 1 - ;
- 2 - ;
- 3 - ;
- 4 - ;
- 5 - « »;
- 4 - « »

3 [23],

0,5 « »

[24].

[25, 26].

« »

" " . -
. « » , . -
. . . -
, . -
. -
, , -
- , -
. -
- - - -
« 3». - « -
» - -
(). 3-d -
. -
() . -
, .5,). [27],
, 1
2 (. .5,)). -
3, . () - 4,
. - , -
5. - , -
. , -
. 6 -
. -

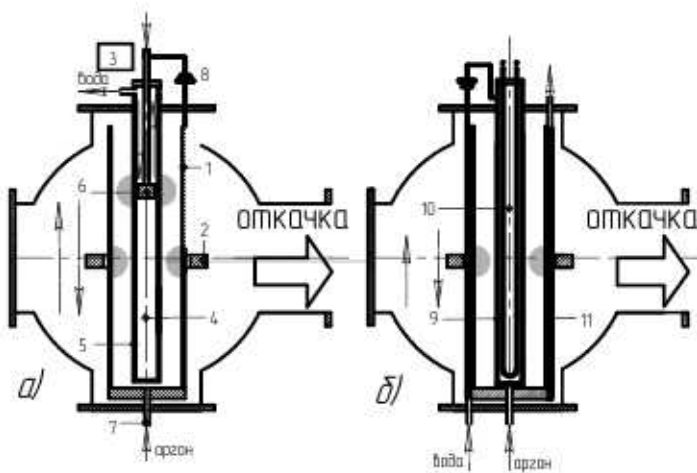
1)

2)

[28]. 3)

4)

[29],



-)
-)
- 1 - ; 2 - ; 3 -
- 4 - ; 5 - ; 6 - ;
- 7 - ; 8 - ; 9 - ; 10 - ;
- 11 -

5 -

9 (. . 5,)).

- - 10,

9 -

- 11,

1 « . . .4, »

2.

3

3. (

4.

3-d

« »

()

(, -) .

(. . .4,)) .

:

()

() .

[29].

100 .

(75 %)

50

(40÷45) .

(50,8) .

20

12,6 ² .

7,2 / ³ [28],

0,33,

0,75,

0,1,

10 .

106

; :
 - .
 [29],
 $(0,2 \div 0,25) / 3^2$, 50
 3 / .
 50
 NdFeB N38
 20 16
 6 12 N38 14 10
 ()
 0,4.
 1 50
 ONYX «Angstrom-
 sciences» () « » (,).

1

					U_d	I_d	J_d 2	N	L
ONYX	95,3	3,7	11,4		10^3	3		1,5	300
	-	-	-		700	1,5		0,75	300
50					700	5	250	3,0	300

50

10
 0,06 .
 $0,03 / \times \times$ $0,028 / \times \times$
 $(12,6^2)$ 6
 [30]
 . 1)
 1 ,
 2)
 $(380 \div 400)^\circ$.
 (3 ,
 $3 / ^2) 3)$.
 300° .

() .

50°÷70° .

— —
(—

0,3 —

0,7)

90° .

400° ÷500° .
12 18 10

HV 250 HV 1000 .

50 .
5×10⁻³ (8×10⁻⁴) ()

400° ÷500° ,

[27],

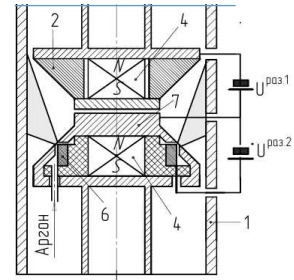
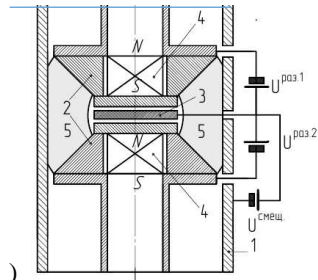
[31, 32],

6,),

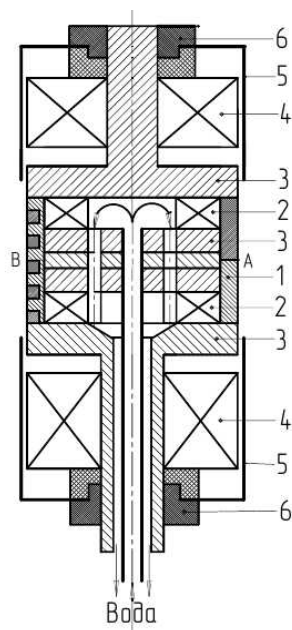
[33],

((0,5)) .

6,),



) 1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 - ; 5 - ; 6 - ; 7 - ; 8 - ; 9 - ; 10 - ; 11 - ; 12 - ; 13 - ; 14 - ; 15 - ; 16 - ; 17 - ; 18 - ; 19 - ; 20 - ; 21 - ; 22 - ; 23 - ; 24 - ; 25 - ; 26 - ; 27 - ; 28 - ; 29 - ; 30 - ; 31 - ; 32 - ; 33 - ; 34 - ; 35 - ; 36 - ; 37 - ; 38 - ; 39 - ; 40 - ; 41 - ; 42 - ; 43 - ; 44 - ; 45 - ; 46 - ; 47 - ; 48 - ; 49 - ; 50 - ; 51 - ; 52 - ; 53 - ; 54 - ; 55 - ; 56 - ; 57 - ; 58 - ; 59 - ; 60 - ; 61 - ; 62 - ; 63 - ; 64 - ; 65 - ; 66 - ; 67 - ; 68 - ; 69 - ; 70 - ; 71 - ; 72 - ; 73 - ; 74 - ; 75 - ; 76 - ; 77 - ; 78 - ; 79 - ; 80 - ; 81 - ; 82 - ; 83 - ; 84 - ; 85 - ; 86 - ; 87 - ; 88 - ; 89 - ; 90 - ; 91 - ; 92 - ; 93 - ; 94 - ; 95 - ; 96 - ; 97 - ; 98 - ; 99 - ; 100 -



1 - ; 2 - ; 3 - ; 4 - ; 5 - ; 6 - ; 7 - ; 8 - ; 9 - ; 10 - ; 11 - ; 12 - ; 13 - ; 14 - ; 15 - ; 16 - ; 17 - ; 18 - ; 19 - ; 20 - ; 21 - ; 22 - ; 23 - ; 24 - ; 25 - ; 26 - ; 27 - ; 28 - ; 29 - ; 30 - ; 31 - ; 32 - ; 33 - ; 34 - ; 35 - ; 36 - ; 37 - ; 38 - ; 39 - ; 40 - ; 41 - ; 42 - ; 43 - ; 44 - ; 45 - ; 46 - ; 47 - ; 48 - ; 49 - ; 50 - ; 51 - ; 52 - ; 53 - ; 54 - ; 55 - ; 56 - ; 57 - ; 58 - ; 59 - ; 60 - ; 61 - ; 62 - ; 63 - ; 64 - ; 65 - ; 66 - ; 67 - ; 68 - ; 69 - ; 70 - ; 71 - ; 72 - ; 73 - ; 74 - ; 75 - ; 76 - ; 77 - ; 78 - ; 79 - ; 80 - ; 81 - ; 82 - ; 83 - ; 84 - ; 85 - ; 86 - ; 87 - ; 88 - ; 89 - ; 90 - ; 91 - ; 92 - ; 93 - ; 94 - ; 95 - ; 96 - ; 97 - ; 98 - ; 99 - ; 100 -

() [34].

(i-Al)N.

7.

1. 2017. 3. . 100–114.
 2. , 1974. N12. . 2501–2516.
 3. , 2006. 576 .
 4. , 1968. 340 .
 5. , 1984. 336 .
 6. , 1972. 304 .
 7. , 1982. 72 .
 8. , 2008. 244 .
 9. *Kouznetsov V., Masak R., Schneider J. M. Yilmersson U. Petrov I.* A novel pulsed magnetron sputter technique utilizing very high target paver densities. *Surface and Coating Technology*. 1999. 2 – 3. P. 290–293.
 10. 1995. 5. . 422–433.
 11. *Levchuk D.* Plasma assisted techniques for deposition of super hard nanocomposite coatings. *Surface and Coating Technology*. 2007. 2007. P. 6071–6077.
 12. *Musil J., Jirana J.* The role of energy in formation of sputtered nanocomposite films. *Mater. Scien. Forum.* – 2005. V. 502. P. 291–296.
 13. *Window B. Savvides N.* Unbalanced magnetrons as sources of high ion fluxes. *J. Vac. Sci. Technol. A*. 1986. 3. P. 453–465.
 14. 2012. . 45–52.
 15. 1957. 2. . 63–70.
 16. , 1984. . 129–138.
 17. , 1989. 53 .
 18. *Zhurin V. V.* *Industrial Ion Sources: Broadbeam Gridless Ion Source Technology*. Published 2012 by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. . 311.
 19. URL: [http:// www.pronica.ru.htm/](http://www.pronica.ru.htm/)
 20. 2004. 3. . 74–83.
 21. 2000. 6. . 160–163.
 22. 2011. . 42–45.
 23. *Bizyukov A. A., Girka A. I., Sereda K. N.* *at all* Hall ion source with ballistic and magnetic beam focusing. *Hrjrdlems of atomic science and technology*. 2008. 6. P. 174–176.
 24. 219 – 232. URL: <http://www.technomag.doc/edu/ru/doc/483944.html>.
 25. 1965. 6. . 1363–1373.
 26. , 1986. 248 .
 27. 38845U, 6 23 14/00. 01.07.2008. 26.01.2009, . 1,4 .
 28. , 2011. 528 .
 29. 2013. 4. . 43–57.
 30. 2015. 85, . 126–134.
 31. 93471: 6 23 14/00. 11.05.2010. 10.02.2011, 3 .
 32. 89038. 6 23 14/00. 28.10.2013. 10.04.2014, . 7,4 .
 33. 2007. 2(18). . 112–121.
 34. 102744, 6 23 14/00. 28.10.2013. 25.11.2015, . 22, 5 .
- 16.10.2017,
11.12.2017