

СОСТАВЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО (ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО) НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Гальваническое нанесение металлических покрытий — один из наиболее широко применяемых технологических процессов, подробно освещенных в специальной литературе. В данной главе, соответственно задачам настоящей книги, приводятся лишь сведения рецептурного характера с частными технологическими указаниями, рассчитанные на использование их персоналом, достаточно знакомым с гальванотехникой.

Рецепты составов и режимы их применения охватывают практически все используемые в промышленности виды покрытий и предоставляют специалистам большой материал для выбора, сопоставления и создания новых вариантов электролитов. Разумеется, ими далеко не исчерпывается все разнообразие практически применяемых составов, тем более что число их ежегодно пополняется многими десятками разработанных рецептов.

1. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ МЕДНЕНИЯ

Нанесение медных покрытий на различные, в основном на черные, металлы — один из наиболее часто встречающихся в производственном обиходе гальванических процессов. Как правило, медь наносится в качестве подслоя (промежуточного слоя) между основным металлом (например, сталью) и последующим покрытием (например, никелем или хромом). Составы электролитов, используемых для нанесения меди, разнообразны по типу и содержанию компонентов.

Различают следующие основные группы медных электролитов: кислые, щелочные, цианистые, пирофосфатные, борфтористые, кремнефтористые, аммонийные и ряд других.

1.1. КИСЛЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ (г/л)

1. Медь сернокислая — 160—230; серная кислота — 60—78. $t=20^{\circ}\text{C}$; $D_k=2-6\text{ А/дм}^2$.

2. Медь сернокислая — 250; серная кислота — 75; $t=35-40^{\circ}\text{C}$; $D_k=3-5\text{ А/дм}^2$.

3. Медь сернокислая — 200; меласса — 0,8; серная кислота — 50; тиомочевина — 0,04. $t=20^{\circ}\text{C}$; D_k — до 7 А/дм².

4. Медь сернокислая — 250; серная кислота — 20; хромовый ангидрид — 2. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=5\text{ А/дм}^2$.

5. Медь сернокислая — 230—270; серная кислота — 60—75; спирт этиловый — 8—10. $t=35-40^{\circ}\text{C}$; $D_k=6-12\text{ А/дм}^2$.

6. Медь сернокислая — 180—210; НДСК — 0,1—0,2; серная кислота — 50—70; тиомочевина — 0,02—0,035. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=5-6\text{ А/дм}^2$.

7. ДЦУ — 0,5—1; медь сернокислая — 250; серная кислота — 50; добавка У_2 — 2. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=3-7\text{ А/дм}^2$.

8. Аммония сульфат — 50—60; медь сернокислая — 110—125; натрия сульфат — 50—60; этилендиамин (основание) 70%-ный — 60—70. $\text{pH}=7,8-8,4$; $t=22-40^{\circ}\text{C}$; $D_k=1,5-2,5\text{ А/дм}^2$.

9. Медь сернокислая — 200; серная кислота — 1,2; цианиновый краситель — 0,008; этилендиамин — 1,2. $D_k=2\text{ А/дм}^2$.

10. β -пиколлин — 0,005—0,1; диметилл-тиомочевина — 0,01—0,05; медь сернокислая — 175—250; серная кислота — 50—150. $t=18-40^{\circ}\text{C}$; $D_k=8-25\text{ А/дм}^2$.

11. β -пиколлин — 0,01—0,02; медь сернокислая — 200—250; монометилл-тиомочевина — 0,01—0,03; серная кислота — 50—75. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=2-20\text{ А/дм}^2$.

12. Гидразин — 0,15; медь сернокислая — 160—240; серная кислота — 40—90; производное гидразина — $0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л. $t=20^{\circ}\text{C}$; $D_k=1\text{ А/дм}^2$.

13. Медь однохлористая — 20—30; соляная кислота — 400—550; уксусная кислота — 5—10. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=1-1,5\text{ А/дм}^2$.

14. Медь сернокислая — 250—300; плавиновая кислота — 10—15; спирт этиловый — 1—2. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=3-4\text{ А/дм}^2$.

15. Медь сернокислая — 250; серная кислота — 50; спирт этиловый — 10. $t=30-35^{\circ}\text{C}$; $D_k=7-10\text{ А/дм}^2$.

16. Дисульфанафталиновая кислота — 1—2; медь сернокислая — 150; сахарин — 0,1—0,2; серная кислота — 20—30; этиловый спирт — 0,28—0,6.

17. Аммоний сернокислый — 20; клей столярный — 0,05; медь сернокислая — 30; серная кислота (1,84) — 5,5; фенол — 0,05. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=0,5-1\text{ А/дм}^2$; без перемешивания.

Назначение составов (1) — (17): [Везде имеется в виду сульфат меди (сернокислая медь — пятиводная, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

1 — матовое меднение; рекомендуется перемешивание.

2 — матовое меднение для изделий правильной формы; рекомендуется перемешивание. При интенсивном перемешивании D_k — до 30 А/дм².

3 — блестящее меднение, нужно перемешивание.

4 — быстрое матовое меднение, нужно перемешивание.

5 — матовое быстрое меднение, нужно перемешивание.

6 — блестящее меднение, нужно перемешивание.

7 — блестящее меднение, подслои под блестящий никель или перед оксидированием.

8 — блестящее эластичное покрытие с хорошей адгезией. $S_a : S_k = 2 : 1$. Скорость покрытия — 0,4—0,6 мкм/мин.

9 — полублестящее сглаживающее меднение при низких напряжениях. Пределы содержания компонентов (г/л): медь сернокислая — 160—240; серная кислота — 40—60; этилендиамин — 0,6—1,2; цианиновый краситель — 0,005—0,01.

10 — блестящее покрытие при низких напряжениях. Моно- и диметил-тиомочевина — продукт взаимодействия тиомочевин с формальдегидом.

11 — защитно-декоративное меднение. Слой до 20—30 мкм, рекомендуется перемешивание.

12 — полублестящее, выравненное, ненапряженное покрытие.

13 — для непосредственного меднения стали. Осадок светлый, мелкокристаллический до толщины 2 мкм. Можно зашивать детали без тока. Подготовка обычная. Для сложных деталей предпочтительна анодная обработка в смеси серной и фосфорной кислот.

14 — рекомендуется для нанесения меди на цирконий и его сплавы. Предварительно — анодная обработка, в том же составе 3—5 мин. Покрытия толстые — до 1 мм, не отслаивающиеся при отжиге при 600—700°С.

15 — рекомендуется для подготовки поверхности перед металлизацией напылением. Вначале ведут осаждение при интенсивном перемешивании. После осаждения первоначального слоя меди режим электроосаждения форсируют — плотность тока повышают до 10—22 А/дм², температуру — до 40—45°С. При отсутствии перемешивания электролита на поверхности осадка образуются плотные, структурно единые с первоначальным слоем меди дендриты. Процесс ведут до получения дендритов высотой 1,5—2 мм, после чего снова переходят на первоначальный режим наращивания меди. После окончания процесса поверхность промывается и очищается металлической щеткой для удаления слабых и рыхлых дендритов. Напыление металлов производится сразу после указанных выше операций. В случае необходимости можно производить травление и промывку медных осадков обычными способами.

Способ позволяет наносить слой металла толщиной 25—30 мм на гальванические копии толщиной 1,5—2,0 мм без какой-либо деформации последних.

16 — в $\frac{3}{4}$ объема воды при 50°С растворяют медь сернокислую и серную кислоту, охлаждают до 18—20°С, добавляют понемногу НДСК и сахарин. Прорабатывают при $D_k = 2$ —8 А/дм², $t = 18$ —22°С.

17 — электролит блестящего меднения. $Q = 10$ мкм/ч при $D_k = 0,75$ А/дм². Подслой — никель. Покрытие беспористое, с хорошей адгезией.

Примечание. Для меднения титана применимы многие кислые медные электролиты. Завеска производится под током, затем двукратно дается (по 20—30 с) толчок тока удвоенной плотности.

Перед меднением поверхность активируют в составе (г/л): аммония бифторид — 45; аммоний уксуснокислый — 200. pH=6,8; $t = 18$ —20°С; $\tau = 15$ мин. При больших (выше 30—40 мкм) толщинах проводят термообработку в воздухе или инертной атмосфере ($\tau = 3$ мин; $t = 700$ —800°С).

1.2. ЦИАНИСТЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

1. Медь цианистая — 45; едкий натр — 3; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 55. pH=10,5—12; $t = 40$ —50°С; D_k — до 2 А/дм².

2. Медь цианистая — 120; едкий натр — 30; натрий роданистый — 15; натрий цианистый (общ.) — 135. $t = 70$ —80°С; $D_k = 1$ —4 А/дм².

3. Медь цианистая — 15; натрий углекислый — 15—30; натрий цианистый (общ.) — 22. $t = 20$ —25°С; $D_k = 0,5$ —1,2 А/дм².

4. Аммоний фосфорнокислый однозамещенный — 5—10; медь цианистая — 60—110; едкий натр — 5—10; натрий углекислый — 30. $t = 30/40/70$ °С; $D_k = 3/5/7$ А/дм².

5. Медь цианистая — 25—30; едкий натр — 15—20; натрий углекислый — 15—20; натрий цианистый (своб.) — 5—7; сегнетова соль — 40—60. $t = 40$ —50°С; $D_k = 1,5$ —2,5 А/дм².

6. Медь цианистая — 26; натрий углекислый — 30; натрий цианистый (общ.) — 35; сегнетова соль ($4\text{H}_2\text{O}$) — 45. pH=12—12,6; $t = 55$ —70°С; $D_k = 1,5$ —6 А/дм².

7. Едкое кали — 41,5; калий роданистый — 10; калий углекислый — 60; калий цианистый — 175; медь цианистая — 120. $t = 70$ —85°С; $D_k = 1,5$ —6 А/дм².

8. Аммоний роданистый — 15; медь цианистая — 120; едкий натр — 30; натрий цианистый (своб.) — 4. $t = 75$ °С; D_k — до 10 А/дм².

9. Медь цианистая — 70—90; едкий натр — 5—10; натрий углекислый — 15—30; натрий цианистый (своб.) — 6—10. $t = 50$ —60°С; $D_k = 5$ —6 А/дм².

10. Калий роданистый — 30—40; калий цианистый — 132—142 (общ.); медь (на металл) — 63—67; фурфуроловый спирт — 0,3—0,6. $t = 60$ —70°С; $D_k = 2$ —4 А/дм².

11. Натрий цианистый (своб.) — 10—20; тетрацианокупрат натрия — 40—50.

12. Медь цианистая — 22,5; едкий натр — до pH=12—12,6; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 34. $t=32-43^{\circ}\text{C}$; $D_K=1,1-1,6 \text{ А/дм}^2$.

13. Медь цианистая — 60; едкий натр — 40; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 94. pH=13; $t=77-82^{\circ}\text{C}$; $D_K=3,2-6,5 \text{ А/дм}^2$.

Назначение составов (1) — (13):

1 — цианистое светлое меднение.

2 — типовой электролит с роданидом. $D_K=1-2 \text{ А/дм}^2$; $\eta=99\%$; $S_A:S_K=2:1$.

3 — разбавленный цианистый электролит. $\eta=30-60\%$; $S_A:S_K=2:1$.

4 — меднение с реверсом тока. $\tau_K=10 \text{ с}$; $\tau_A=1 \text{ с}$.

5 — обычное меднение. pH=10—11,5.

6 — меднение гладких поверхностей. $\eta=30-70\%$; $S_A:S_K=2:1$.

7 — блестящее меднение.

8, 9 — светлое меднение.

10 — для равномерного блестящего меднения при реверсе тока $\tau_K=15 \text{ с}$; $\tau_A=3 \text{ с}$. При $D_K=2 \text{ А/дм}^2$ $Q=0,5 \text{ мкм/мин}$; при $D_K=4 \text{ А/дм}^2$ $Q=1 \text{ мкм/мин}$. D_A — до 9 А/дм^2 .

11 — обычное цианистое меднение. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_K=0,3-1,0 \text{ А/дм}^2$.

12, 13 — цианистое меднение.

1.3. РАЗЛИЧНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

1. Медь сернокислая — 50—100; аммоний пирофосфорнокислый — 110—230; аммоний фосфорнокислый двузамещенный — 50—100; полиэтиленполиамин — 1—5. pH=8,0—9,0; $t=20-40^{\circ}\text{C}$; $D_K=1-3 \text{ А/дм}^2$. Перемешивание.

2. Медь сернокислая — 50—60; аммоний сернокислый — 100—150; формамин — 50—60; аммоний лимоннокислый — 50—60. pH=7,1—8,0; $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_K=0,5-5 \text{ А/дм}^2$; $D_A=0,5-15 \text{ А/дм}^2$.

3. Медь сернокислая — 90—110; полиэтиленполиамин — 100—140; аммоний азотнокислый — 100—200; аммоний фтористый — 40—60. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_K=0,4-9,0 \text{ А/дм}^2$; pH=8,4—9,2. При $D_K=1 \text{ А/дм}^2$ $Q=8 \text{ мкм/ч}$; при $D_K=5 \text{ А/дм}^2$ $Q=30 \text{ мкм/ч}$.

4. Медь сернокислая — 50—60; гексаметилентетрамин — 50—60; аммоний сернокислый — 100—150; аммоний лимоннокислый — 50—60. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; pH=7,1—8; $D_K=0,5-1,5 \text{ А/дм}^2$.

	% вес.	г/л
5. Борфторид меди	45	693
(На медь)	12,1	186)
Свободная HBF_4	0,7	10,8
Свободная H_2BO_3	3,7	46,0
Плотность, г/см ³	1,54	1,54

	6	7	8
Борфторид меди	448	336	224
(На медь)	120	90	60)
Плотность по Боме	37,5—39	29—31	21—22
Макс. pH	0,6	0,7	1,7
$t, ^{\circ}\text{C}$	27—49	27—49	27—49

$D_K, \text{ А/дм}^2$ В зависимости от назначения

$U, \text{ В}$	3—12	3—12	3—8
$\eta, \%$	98	98	98
Ом/мл	6,6—4,7		8,4—5,9

9. Аммония оксалат — 200—250; медь сернокислая — 80—90. $t=60-80^{\circ}\text{C}$; $D_K=5-7 \text{ А/дм}^2$.

10. Медь сернокислая — 45—55; натрия пирофосфат — 200—240; калий (натрий) азотистокислый — 10—15. pH=7—8; $t=55-65^{\circ}\text{C}$; $D_K=0,3-0,8 \text{ А/дм}^2$. Аноды — в чехлах.

11. Медь сернокислая — 150—300; сульфаминовая кислота — 3—20. $t=20^{\circ}\text{C}$; $D_K=1-5 \text{ А/дм}^2$; pH=1,2—2,2.

12. Медь сернокислая — 60—70; натрий сернокислый (безв.) — 50—120; полиэтиленполиамин — 70—80. pH=8,5—10,5.

13. Водорастворимое производное ди-тиокарбаминовой кислоты — 0,04—0,2; медь сернокислая — 220—240; метиленовый голубой краситель — 0,05—0,2; натрий хлористый — 0,03—0,2; препарат ОС-20 — 0,02—0,1; серная кислота — 50—70.

14. Медь сернокислая — 160—220; производное роданина — 0,1—0,16; серная кислота — 40—60.

15. Калий железистосинеродистый — 200; калий углекислый — 20; медь однохлористая — 30.

16. Глицерин — 40—50 мл/л; едкое кали — 150—200; калий железистосинеродистый — 10—15; тринатрийфосфат — 80—100; фосфорнокислая медь — 25—30.

17. Медь сернокислая — 25—35; натрия пирофосфат — 125—140; натрия фосфат двузамещенный — 50—85. pH=7,9—8,9; $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_K=0,3-1,5 \text{ А/дм}^2$.

18. Медь сернокислая — 35; натрия пирофосфат — 140; натрия фосфат двузамещенный — 195; сегнетова соль — 25. $t=25-35^{\circ}\text{C}$; $D_K=0,5-1,0 \text{ А/дм}^2$.

19. Борная кислота — 15; борфтороводородная кислота — 15; медь борфтористая — 240. pH=1,2—1,7; $t=18/55^{\circ}\text{C}$; $D_K=30/60 \text{ А/дм}^2$.

20. Борная кислота — 30; борфтороводородная кислота — 30; медь борфтористая — 450. pH=0,2—0,6.

21. Кремнефтористая кислота — 10—15; меди кремнефторид — 400—450. $t=20/40^{\circ}\text{C}$; $D_K=24/40 \text{ А/дм}^2$.

22. Винная кислота — 45—55; кремнефтористая кислота — 90—100; меди кремнефторид — 30—40; сурьма виннокислая — 25—30. $t=18-22^{\circ}\text{C}$; $D_K=1,5-2 \text{ А/дм}^2$.

23. Кремнефтористая кислота — 10—15; меди кремнефторид — 250—300. $t=20/40/60^{\circ}\text{C}$; $D_K=10/28/24 \text{ А/дм}^2$.

24. Борная кислота — 15; борфтороводородная кислота — до нужного pH; медь борфтористая — 225. pH=0,8—1,7; $t=27-77^{\circ}\text{C}$; $D_K=7,5-12,4 \text{ А/дм}^2$.

25. Борная кислота — 30; борфтороводородная кислота — до нужного pH; медь борфтористая — 450. pH=0,6; $t=27-77^{\circ}\text{C}$; $D_K=12,5-35 \text{ А/дм}^2$.

26. Аммиак 25%-ный — 140—180 мл; аммоний сернокислый — 75—85; медь сер-

нокислая — 70—80; натрий сернокислый — 30—40; никеля сульфат — 10—20.

27. Аммиак 25%-ный — 140—180 мл; аммоний сернокислый — 70—85; медь сернокислая — 35—80; натрий сернокислый — 30—40; никеля сульфат — 15—20. pH=9,2—10; $t=20-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=0,7-2 \text{ А/дм}^2$.

28. Аммоний азотнокислый — 10—60; едкое кали — 50—60; маннит — 50—90; медь сернокислая — 50—60. pH=11,0—12,5; $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=1-3 \text{ А/дм}^2$.

29. Аммоний азотнокислый — 30—50; аммиак 25%-ный — 180—200; аммоний сернокислый — 70—90; висмута нитрат — 0,015—0,025; кобальта нитрат — 0,8—1,5; лития нитрат — 10—20; медь сернокислая — 80—100; натрия селенит — 0,015—0,025. pH=9,4—9,6; $t=20^{\circ}\text{C}$; $D_k=1,5-10 \text{ А/дм}^2$.

30. Глицерин — 40—50 мл; кали едкое — 150—200; калий железосинеродистый — 10—15; медь сернокислая — 13—17; тринатрий-фосфат — 80—100. $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=0,5-2,0 \text{ А/дм}^2$.

31. Аммиак 25%-ный — 2—3 мл; аммоний сернокислый — 30—50; медь сернокислая — 55—65; натрий сернокислый — 75—100; натрий углекислый — 3—5; триэтанолламин — 100—120. pH=8—8,5; $t=15-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=0,3-0,5 \text{ А/дм}^2$.

32. Аммоний сернокислый — 45—60; медь сернокислая — 100—125; натрий сернокислый — 45—60; цинк сернокислый (7H₂O) — 15—25; этилендиамин — 55—60. pH=7,8—8,3; $t=15-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=0,5-2,0 \text{ А/дм}^2$.

33. Аммиак 25%-ный — 150—200; аммония оксалат — 10—30; аммония хлорид — 260—300; медь хлорная — 35—50. pH=8,6—9,0; $t=15-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=1,3-2,5 \text{ А/дм}^2$.

34. Аммоний сернокислый — 100—150; медь сернокислая — 50—150; полиэтиленполиамин — 60—180. pH=8,2—8,4; $t=18-25^{\circ}\text{C}$; $D_k=0,6-1,6 \text{ А/дм}^2$; $\eta_k=95-100\%$; $Q=10-20 \text{ мкм/ч}$.

35. Двунатрийфосфат — 87; медь сернокислая — 355; натрия пирофосфат — 140; соль винной кислоты — 35.

36. Гидрофосфат натрия — 0,025—0,030; дигидрофосфат натрия — 0,025—0,030; закись меди — 0,32—0,33; тиосульфат натрия — 2,5—3,0; уксусная кислота — 0,3—0,32.

Назначение составов (1) — (36):

1 — медные осадки улучшенной структуры. Электролит может быть приготовлен также из пирофосфорнокислой или ортофосфорнокислой меди, пирофосфорнокислого натрия или калия и ортофосфорнокислого двузамещенного натрия или калия.

2 — электролит меднения с улучшенной рассеивающей способностью. Электролит готовят растворением компонентов в отдельных объемах воды. Затем растворы формалина и солей аммония смешивают и к полученному раствору при перемешивании добавляют раствор сернокислой меди.

3 — электролит для полублестящего меднения.

4 — высокопроизводительный устойчивый электролит для меднения стальных деталей. Осадок — светлый, мелкокристалли-

ческий. Растворяют все отдельно, затем смешивают гексаметиленetetрамин с растворами солей аммония и к ним добавляют раствор сернокислой меди.

5 — электролит — концентрат для борфтористого меднения.

6—8 — борфтористые электролиты меднения на основе концентрата (5). Состав (8) — для обычных осадков, (6) — для толстых осадков, отверстий печатных схем, (7) — для матриц грампластинок.

При $\eta_k=100\%$	(6)	(7)	(8)
Вес осадка, г/дм ²	0,226	1,127	2,260
Толщина, мкм	25	127	2,54
при $D_k=20 \text{ А/дм}^2$			
τ , мин	5,9	26,7	53,4
при $D_k=50 \text{ А/дм}^2$			
τ , мин	2,1	10,7	21,8

Сталь, цинк и серебро перед меднением покрыть медью из цианистых ванн.

Электролиты чувствительны к присутствию свинца (устраняют добавкой серной кислоты).

9 — плотные, мелкозернистые осадки меди.

10 — непосредственное меднение алюминия и его сплавов.

11 — мелкокристаллический осадок меди. Осадки эластичны. Хорошая адгезия к вакуум-напыленным слоям.

12 — для меднения стали.

13 — для блестящего меднения в широком диапазоне плотностей тока.

14 — полублестящее выравнивающее меднение.

15 — меднение стальных деталей сложного профиля. Дает мелкокристаллические компактные осадки меди.

16 — меднение стали. Электролит обладает повышенной стабильностью.

17 — мелкокристаллический осадок меди. Вначале нужен толчок тока 30—40 с 1—2 раза; $S_a:S_k=2-3:1$. Перемешивание. Компоненты растворяют отдельно.

18 — полублестящие осадки. Адгезия улучшается предварительной анодной обработкой в составе (г/л): H₃PO₄ (1,75) — 200; H₂SO₄ (1,84) — 50; CrO₃ — 10. При 18—25°C $D_a=10 \text{ А/дм}^2$; $\tau=5 \text{ мин}$.

19 — типовой фторборатный электролит. При перемешивании D_k — до 80 А/дм².

20 — типовой фторборатный электролит.

21 — для сложнопрофилированных деталей. Повышенная D_k — при перемешивании (до 30—35 А/дм²).

22 — для получения толстых слоев меди повышенной твердости с тонковолокнистой, беспористой структурой. Реверс тока $\tau_k=9 \text{ с}$; $\tau_a=1 \text{ с}$ до получения толщины 2 мм; $N_p=120-140 \text{ кгс/мм}^2$ (нагрузка 200 г).

Для приготовления состава в кремнефтористоводородный электролит меднения вводится в виде раствора расчетное количество винной кислоты и трехфтористой либо калийфтористой сурьмы. Если используется калийфтористая сурьма, то необходимо отфильтровать оседающий кремнефтористоводородный калий.

23 — для меднения сложнопрофилированных деталей. D_k с перемешиванием —

24/28/40 А/дм². Аноды — медь. $\eta_k = 100\%$. При 1 А/дм² — 13 мкм/ч; при 20 А/дм² — 265 мкм/ч.

24, 25 — типовое фторборатное медное. $\eta_k = 99-100\%$.

26, 27 — широко применяемые аммиачные электролиты. Завешивать детали под током. Толчок тока 30—40 с в 2—3 раза больше рабочей плотности.

28 — для мелкокристаллического меднения с хорошей адгезией к основе. Беспрорывы при толщине 10—15 мкм. $\eta_k = 95-98\%$. В дистиллированной воде (55—60°С) отдельно растворяют сернокислую медь и маннит. После охлаждения смешивают и медленно приливают охлажденный раствор едкого кали. Затем вводят раствор азотнокислого аммония. Доводят объем водой до расчетного и фильтруют.

29 — для получения блестящих, не требующих полировки осадков. После приготовления электролит выдерживают 4—5 сут, прорабатывают постоянным током из расчета 6—8 А·ч/л и фильтруют. Аноды — медь и никель с раздельным подводом тока; D на медном аноде — до 5 А/дм².

30 — для непосредственного светлого меднения стали. Электролит стабилен, адгезия хорошая. Осадок мелкокристаллический. В раствор едкого кали, тринатрийфосфата и глицерина вводят раствор сульфата меди, перемешивают до растворения осадка. Вводят железосинеродистый калий, тщательно перемешивают.

31 — стабильный электролит. Завешивать можно без тока. Отдельно растворяют сульфат меди (~60 г/л), разбавляют ТЭА в 3—4 раза водой, вводят сульфат аммония и вливают в них раствор сульфата меди. После растворения осадка вводят остальные компоненты. Проработка не требуется. Осадок светлый, мелкокристаллический.

32 — этилендиамин разбавляют водой в 3 раза (~ до 25%) и приливают к насыщенному раствору сульфата меди. Вводят отдельно растворенные сульфат натрия и сульфат аммония.

Для депассивирования анодов в электролит приливают 100—150 мл/л раствора (г/л): аммония сульфат — 60; натрия сульфат (10Н₂О) — 60; цинка сульфат (7Н₂О) — 145; этилендиамин — 60.

33 — готовится теми же приемами, что и все аммиачные электролиты.

34 — мелкокристаллический осадок меди. Можно работать на токе переменной polarity — пористость ниже и структура мельче.

35 — электролит пиррофосфатного меднения.

36 — для получения на стали мелкокристаллических осадков без фосфора. Выход по току $\eta = 100\%$. Содержание в моль/л.

2. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ НИКЕЛИРОВАНИЯ

Покрyтия металлических поверхностей никелем также относятся к массовым видам покрyтий и весьма широко используютс

ются для различных целей — от декоративной отделки до повышения устойчивости поверхности против коррозии. Составы для никелирования разделяют по характеру компонентов — сульфатные, хлоридные, сульфаматные и т. п. и по характеру получаемых осадков — электролиты для матового или полуматового никелирования, блестящего никелирования и т. п.

2.1. ПРОСТЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ (г/л)

1. Борная кислота — 30; никель хлористый — 300; «Прогресс» — 0,5 мл. рН = 3—5; $t = 20-70^\circ\text{C}$; $D_k = 5-20$ А/дм².

2. Борная кислота — 25; никель хлористый — 250. рН = 2; $t = 60^\circ\text{C}$; $D_k = 2-10$ А/дм².

3. Натрия фторид — 1—2; никель хлористый — 200—275; соляная кислота — 100—140. $t = 18-25^\circ\text{C}$; $D_k = 20-30$ А/дм².

4. Борная кислота — 30; никель сернокислый — 180; никель хлористый — 120—150. рН = 5; $t = 20-70^\circ\text{C}$; $D_k = 5-25$ А/дм².

5. Борная кислота — 31; никель сернокислый — 218; никель хлористый — 47. рН = 5,2—5,8; $t = 50-70^\circ\text{C}$; $D_k = 1,5-5$ А/дм².

6. Натрия лаурилсульфат — 0,05—0,1; никель сернокислый — 240—245; никель хлористый — 28—32; янтарная кислота — 28—32. рН = 2—2,2; $t = 45-60^\circ\text{C}$; $D_k = 2-35$ А/дм².

7. Борная кислота — 30; никель сернокислый — 210; никель хлористый — 60. рН = 5,5/1,5; $t = 20-75^\circ\text{C}$; $D_k = 0,5-2/20$ А/дм².

8. Аммония хлорид — 20; борная кислота — 20; натрий хлористый — 50—60; никель сернокислый — 80. рН = 5,8—6; $t = 18-20^\circ\text{C}$; $D_k = 0,5-0,8$ А/дм².

9. Аммония персульфат — 30; натрия ацетат — 15—20; натрий хлористый — 15—20; никель сернокислый — 80—120. рН = 4—5,5; $t = 20^\circ\text{C}$; $D_k = 3-4$ А/дм².

10. Борная кислота — 25; калия персульфат — 2; натрия фторид — 2; никель сернокислый — 200. рН = 4,5—5,4; $t = 50^\circ\text{C}$; $D_k = 1-2$ А/дм².

11. Аммония хлорид — 20; борная кислота — 25; никель сернокислый — 150. рН = 5,6—5,9; $t = 50-60^\circ\text{C}$; $D_k = 2,5-5$ А/дм².

12. Борная кислота — 19; натрий хлористый — 19; никель сернокислый — 100; никель-аммония сульфат — 25. рН = 5,6—5,9; $t = 16^\circ\text{C}$; $D_k = 0,5-1$ А/дм².

13. Борная кислота — 20; калия хлорид — 20; натрий сернокислый — 120; никель сернокислый — 170. рН = 5,3; $t = 30-40^\circ\text{C}$; $D_k = 1,5-2,5$ А/дм².

14. Аммония хлорид — 15; борная кислота — 15; натрий сернокислый — 160; никель сернокислый — 70. рН = 5,5/1,5; $t = 20/75^\circ\text{C}$; $D_k = 0,5-2/20$ А/дм².

15. Гликоль — 20; никель сернокислый — 245; никель хлористый — 30. рН = 2,2—2,3; $t = 40^\circ\text{C}$; $D_k = 5-20$ А/дм².

16. Борная кислота — 20; натрий сернокислый — 80—160; натрий хлористый — 20; никель сернокислый — 175—200. рН = 5,5; $t = 18-24/40^\circ\text{C}$; $D_k = 0,1-1/2,5$ А/дм².

17. Борная кислота — 25—30; магния сульфат — 20—30; натрий серноокислый — 40—60; натрий хлористый — 5—7; никель серноокислый — 140—200. $pH=5,2-5,8$; $t=18-25/40^\circ C$; $D_k=0,5-1/2,5$ А/дм².

18. Борная кислота — 30—40; натрия фторид — 2—3; никель серноокислый — 375—425; никель хлористый — 60—70. $pH=3,5-4,5$; $t=55-60^\circ C$; $D_k=4-12$ А/дм².

19. Борная кислота — 30; никель серноокислый — 150; никель хлористый — 25. $t=30^\circ C$; $D_k=4$ А/дм²; $pH=5,9$.

20. Борная кислота — 30—37,5; никеля сульфат — 300; никель хлористый — 45; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода — 5—10 мг/л. $pH=2-2,5$; $t=32-70^\circ C$; $D_k=1-6,5$ А/дм².

21. Борная кислота — 30—37,5; никеля сульфат — 240; никель хлористый — 90; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода — 5—10 мг/л. $pH=2-2,5$; $t=38-70^\circ C$; $D_k=1,1-6,5$ А/дм².

22. Борная кислота — 30; никель хлористый — 240; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода — 5—10 мг/л. $pH=0,9-1,1$; $t=38-65^\circ C$; $D_k=5,5-11$ А/дм².

23. Аммония хлорид — 15—25; борная кислота — 15; никеля сульфат — 70. $pH=5,3/4,5/1,5$; $t=30/55/75^\circ C$; $D_k=2/10/20$ А/дм².

24. Аммония хлорид — 30—40; натрия бисульфит — 3—8; натрия цитрат — 60—80; никеля нитрат — 15—25; никеля сульфат — 80—120. $pH=10,8-12$; $t=45-50^\circ C$; $D_k=2-4$ А/дм².

2.2. ЭЛЕКТРОЛИТЫ БЛЕСТЯЩЕГО НИКЕЛИРОВАНИЯ (г/л)

1. Борная кислота — 30—40; кумарин — 4 мл/л; никель серноокислый — 250—300; никель хлористый — 60—80; паратолуолсульфамид — 2; «Прогресс» — 0,05—0,1. $pH=4,5-5$; $t=55-60^\circ C$; $D_k=4-6$ А/дм².

2. Борная кислота — 30; натрий фтористый — 5; натрий хлористый — 15; НДСК — 6; никель серноокислый — 300; «Прогресс» — 0,05; формалин 40%-ный — 2. $pH=4-6$; $t=50^\circ C$; $D_k=5$ А/дм².

3. Борная кислота — 30; натрий хлористый — 15; НДСК — 3—5; никель серноокислый — 250. $pH=4,5-5,5$; $t=20-40^\circ C$; $D_k=1-4$ А/дм².

4. Борная кислота — 30; кумарин — 1; никель серноокислый — 250—300; никель хлористый — 40—50; паратолуолсульфамид — 2; «Прогресс» — 0,5 мл/л. $pH=4,5-6,3$; $t=50^\circ C$; $D_k=4-6$ А/дм².

5. Борная кислота — 30—35; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,5; никель серноокислый — 260—300; никель хлористый — 40—60; сахарин — 0,7—1,2; фталимид — 0,08—0,1. $pH=3,5-4,5$; $t=50-60^\circ C$; $D_k=2-15$ А/дм².

6. Борная кислота — 40; 1,4-бутиндиол — 0,05; никель серноокислый — 300; никель хлористый — 60; «Прогресс» — 0,01; сахарин — 1. $pH=4-4,8$; $t=55-60^\circ C$; $D_k=3-8$ А/дм².

7. Борная кислота — 30—40; кумарин — 1—1,5; натрий хлористый — 10—15; никель

серноокислый — 250—300; пиридин — 0,01; хлорамин Б — 2—2,5. $pH=4-5,5$; $t=38-55^\circ C$; $D_k=2-7$ А/дм².

8. Натрий хлористый — 5; натрия сульфат — 80; НДСК — 5; никель серноокислый — 180. $pH=3,5-4$; $t=18-25^\circ C$; $D_k=0,5-1$ А/дм².

9. Борная кислота — 25—30; магния сульфат — 50; натрия сульфат — 50; натрий хлористый — 5; никель серноокислый — 120—180. $pH=4-5,5$; $t=18-55^\circ C$; $D_k=0,25-0,5$ А/дм².

10. Борная кислота — 30—35; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,3; натрия гилофосфит — 40—70; никель серноокислый — 260—300; никель хлористый — 40—60; сахарин — 0,7—1,2; фталимид — 0,08—0,1. $pH=4-5$; $t=20-60^\circ C$; $D_k=1-10$ А/дм².

11. Борная кислота — 25—30; натрий хлористый — 15—25; НДСК — 2—4; никель серноокислый — 250—300; «Прогресс» — 0,5. $pH=3,9-5,8$; $t=25-45^\circ C$; $D_k=0,5-3$ А/дм².

12. Борная кислота — 30—40; натрий фтористый — 3—5; натрий хлористый — 10—15; никель серноокислый — 250—300. $pH=4,5-5,5$; $t=50-55^\circ C$; $D_k=5$ А/дм²; $U=5-6$ В.

13. Борная кислота — 30—40; бутиндиол 35%-ный — 1,5 мл/л; натрий хлористый — 10—15; никель серноокислый — 250—300; «Прогресс» — 0,003—0,005 мл/л; формалин 40%-ный — 0,1—0,3 мл/л; хлорамин Б (или монохлорамин МБ) — 2—2,5.

14. Борная кислота — 30; натрия фторид — 5; натрий хлористый — 10; НДСК — 3; никель серноокислый — 300. $D_k=2$ А/дм².

15. Борная кислота — 30; кумарин — 0,5; никель серноокислый — 300; никель хлористый — 30. $pH=4$; $t=50^\circ C$; $D_k=5$ А/дм².

16. Борная кислота — 45; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,3; никель серноокислый — 300; никель хлористый — 60; толуюлсульфамид — 2. $pH=4$; $t=50-55^\circ C$; $D_k=5$ А/дм².

17. Борная кислота — 35; натрий хлористый — 10—15; никель серноокислый — 240; добавки — см. примечание.

18. Натрия хлорид — 10; никеля сульфат — 140; никеля оксалат — 300. $pH=7,5-8,5$; $t=78-82^\circ C$; $D_k=10$ А/дм².

Назначение электролитов (1) — (18):

1—11 — блестящее никелирование.

12 — блестящее никелирование с выравниванием профиля шероховатостей. Выравнивающие добавки: блескообразователь «С» — 0,01 г/л; бутиндиол 35%-ный С — 1,5 мл/л; фталимид — 0,08—0,14 г/л.

Перед работой химически очищают электролит 30%-ной перекисью водорода — 2—3 мл/л, через 30 мин добавляют уголь БАУ — 1 г/л, перемешивают 2 ч, отстаивают 12 ч, фильтруют в ванне электрохимической очистки при 0,1—0,2 А/дм², 0,8—1 В.

13 — электролит ускоренного блестящего никелирования. Электролит без добавок обрабатывают 3%-ной перекисью водорода — 10 мл/л при кипении. После охлаждения до 70°С вводят формалин при 50—55°С — хлорамин, затем бутиндиол. Охлаждают, фильтруют. Корректировка — 1 раз