

1. Концентрат для борфтористого индиевого электролита:

	% вес.	г/л
Борфторид индия	50	800
Индий (на металл)	15,3	244,5
Свободная HBF_4	29,3	36,8
Свободная H_3BO_3	2,4	38,4

2. Индиевый электролит для печатных схем и вкладышей подшипников. Борфторид индия — 33; свободная H_3BO_3 — 108,0; Индий (на металл) — 25; борфторид аммония — 50. $\text{pH}=1,5-2$; $D_k=0,5-2,5$ А/дм²; $U=1-3$ В; $\eta=80-90\%$; $t=20^\circ\text{C}$.

Аноды — платина или графит + полоски индия площадью $1/10$ от общей анодной. Полосками регулируют содержание индия в электролите.

3. Серноокислый индиевый электролит (г/л). Индий серноокислый — 20; натрий серноокислый — 10; серная кислота — до $\text{pH}=2-2,7$. $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=1-4$ А/дм². Аноды — индий на нержавеющей стали.

4. Борфтористый электролит для осаждения индия (г/л). Борфторид индия ($\text{In}(\text{BF}_4)_2$) — 257; борная кислота — 28,2; борфторид аммония (NH_4BF_4) — 49. $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=5-10$ А/дм²; $\text{pH}=1$. Аноды — индий, платина, графит.

5. Хлористый индиевый электролит (г/л). Двуххлористый индий (InCl_2) — 22,5; цианистый калий — 150; едкое кали — 35; глюкоза — 35. $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=1,5-3,0$ А/дм². Аноды — индий, нержавеющая сталь, графит.

6. Электролит для получения улучшенных покрытий (г/л). Хлористый индий на металл — 20—40; нитрилтриуксусная кислота — 90—110; глюконовая кислота — 40—60; желатина — 0,1—0,25. $\text{pH}=9,5-10,5$; $t=20-30^\circ\text{C}$; $D_k=22-65$ мА/см². В качестве глюконовой кислоты можно применять ее соли, а также глюконо-σ-лактон. Молярное соотношение нитрилтриуксусной кислоты к соединению индия — 2:1.

7. Высокопроизводительный стабильный электролит для осаждения антифрикционных покрытий индий—свинец (г/л). Индий треххлористый — 25—50; свинец азотнокислый — 5—25; аммоний серноокислый — 200—300; полиэтиленполиамин — 100—200. $\text{pH}=8-10$; $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,2-3$ А/дм². Дает мелкокристаллические полублестящие осадки.

14. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ БЛАГОРОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

К данной группе относятся покрытия золотом, платиной, серебром, родием, рутением, палладием. Объем их применения в современной технике, в особенности в приборостроении, машиностроении, электротехнике, электронике, непрерывно возрастает.

Серебрение. Составы для электрохимического серебрения (г/л).

1. Натрий углекислый — 10; натрий циани-

стый — 70; серебро цианистое — 2. $t=20-30^\circ\text{C}$; $D_k=1-2,5$ А/дм².

2. Натрий углекислый — 10; натрий цианистый — 70; серебро цианистое — 6. $t=18-20^\circ\text{C}$; $D_k=0,5-1,5$ А/дм². Аноды — нержавеющая сталь.

3. Аммиак — 2 мл/л; кали едкое — 15; калий углекислый — 25; калий цианистый — 100; натрия сульфат — 0,5; серебро цианистое — 100. $t=40-55^\circ\text{C}$; $D_k=1-6$ А/дм² без перемешивания; 6—15 А/дм² — с перемешиванием.

4. Натрий цианистый — 90—100; серебро хлористое — 1—2. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=1,5-2$ А/дм²; $\tau=0,5-1,0$ мин.

5. Натрий углекислый — 25—30; натрий цианистый — 40—55; серебро хлористое — 30—40. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,3-0,6$ А/дм²; $\eta=95-100\%$. Рекомендуется реверс тока: $\tau_k=5$ с, $\tau_a=1$ с; $D_k=2-3$ А/дм². При перемешивании и $t=40-45^\circ\text{C}$ допустимы $D_k=0,7-1,0$ А/дм².

6. Калия пирофосфат (свободный) — 170—220; калий цианистый (свободный) — 2—10; олово (на металл) — 20—30; серебро (на металл) — 10—20. $\text{pH}=8,7-9,2$; $t=18-20^\circ\text{C}$; $D_k=0,5-1,5$ А/дм².

7. Калий углекислый — 30; калий цианистый (общий) — 48—55; калий сурьмяновиннокислый — 10—25; сегнетова соль — 90—60; серебро хлористое — 30—40. $t=18-30^\circ\text{C}$; $D_k=0,5$ А/дм².

8. Аммиак — 1—2 мл; натрия тиосульфат — 0,4; натрий углекислый — 10; натрий цианистый — 30; серебро цианистое — 10.

9. Аммиак — 1—2 мл/л; калий углекислый — 10; калий цианистый — 70; натрия тиосульфат — 0,4; серебро цианистое — 30. $D_k=0,1-1$ А/дм².

10. Калий углекислый — 50; калий цианистый — 40; серебро цианистое — 40. $t=70-80^\circ\text{C}$; $D_k=1,5$ А/дм².

11. Едкое кали — 8—14; калий цианистый — 38—42; серебро цианистое — 40—43. $t=45^\circ\text{C}$; D_k — до 10 А/дм².

12. Калий углекислый — 45; калий цианистый — 60; серебро цианистое — 36; сероуглерод — 0,0007. $t=24-32^\circ\text{C}$; $D_k=0,54-1,6$ А/дм².

13. Едкое кали — 30; калий углекислый — 15—113; калий цианистый — 113; серебро цианистое — 105. $t=43-54^\circ\text{C}$; $D_k=6,5-16$ А/дм².

14. Калия нитрат — 45—150; натрий углекислый — 22,5—45; натрий цианистый — 33—45; серебро цианистое — 22,5—45; сероуглерод — 0,00075. $D_k=0,54-16$ А/дм².

15. Калий цианистый — 80—140; серебро (на металл) — 2—5. $\tau=0,5-2$ мин; $U=6-10$ В.

16. Калий железосинеродистый — 200; калий углекислый — 30; магния сульфат — 0,123; серебро хлористое — 40. $t=18-20^\circ\text{C}$; $D_k=0,1-0,5$ А/дм².

17. Калий железосинеродистый — 300; ОП-10 — 10; серебро (на металл) — 24—30. $\text{pH}=5,4-5,8$; $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,5-0,7$ А/дм² — без перемешивания; 1,0—2,0 А/дм² — с перемешиванием. Для гладких осадков реверс $\tau_k:\tau_a=10:1$.

18. Калий железосинеродистый — 100—150; калий роданистый — 100—150; калий

углекислый (безводн.) — 30—60; серебро хлористое — 30. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,3-0,5\text{ А/дм}^2$.

19. Калий железистосинеродистый — 35—70; калий роданистый — 35—70; натрий углекислый — 40—60; серебро хлористое — 15—30. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,2\text{ А/дм}^2$. Осадки малопористы.

20. Желатина — 1—4; калий йодистый — 400—450; серебро (на металл) — 20—40. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,2-0,4\text{ А/дм}^2$; при 60°C $D_k=2-3\text{ А/дм}^2$. $\eta_k=100\%$.

21. Аммиак — 75 мл/л; калий йодистый — 630; серебро серноокисное — 30; тринатрий-фосфат — 50. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,2\text{ А/дм}^2$. В тонких слоях пористость выше.

22. Бериллий серноокисный — 0,885; калий йодистый — 400; серебро хлористое — 25; соляная кислота — до $\text{pH}=5,52$. $D_k=0,25\text{ А/дм}^2$; $Q=5\text{ мкм/ч}$.

23. Азотнокислое серебро — 30—40; йодистый калий — 300—400; полиэтиленполиамин — 10—100. $t=18-40^\circ\text{C}$ $D_k=0,5-3\text{ А/дм}^2$.

24. (моль/л). Аммиак — 0,4; аммоний серноокисный — 1,5; серебро азотнокислое — 0,2. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,6\text{ А/дм}^2$. В тонких слоях осадки пористы.

25. Калий цианистый — 38—40; серебро (на металл) — 38—40; $t=18-20^\circ\text{C}$; $D_k=1,25\text{ А/дм}^2$.

26. Аммиак (25%-ный) — 60—100 мл/л; аммоний серноокисный — 40—70; натрия нитрит — 45—75; натрия пиррофосфат — 25—45; серебро азотнокислое — 20—30. $t=20^\circ\text{C}$, $D_k=0,1-0,8\text{ А/дм}^2$. Аноды не пассивируются.

27. Серебро азотнокислое — 8,5—51; трилон Б — 18—112. $\text{pH}=8-9$; $t=20-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,25-1,0\text{ А/дм}^2$ — без перемешивания, 1—2,2 — с перемешиванием.

Дитиолпропансульфонат

натрия	0,005—0,05	0,01
Калий углекислый	20—80	46
Калий цианистый	60—90	82
Серебро (на металл)	20—45	42

$t=20-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,1-2,5\text{ А/дм}^2$. (28) — пределы, (29) — конкретный пример; $N_p=120-200\text{ кгс/мм}^2$.

30. (г/л). Борная кислота — 2—80; диспергатор НФ (на сухой остаток) — 0,03—0,125; селен (в соединении с KCN) — 0,001—0,005; серебро (в цианистом комплексе) — 20—40; сурьма (треххлористая) — 0,5—1,0; триэтанолламин — 4—160. $t=15-60^\circ\text{C}$; $D_k=0,01-3\text{ А/дм}^2$; $N_p=150-200\text{ кгс/мм}^2$.

31. Закрепитель устойчивый 2—1—2; натрий цианистый — 55—75; серебро азотнокислое — 30—40. $t=20-30^\circ\text{C}$; $D_k=1-2\text{ А/дм}^2$ без перемешивания; 2—7 А/дм^2 с перемешиванием. $N_p=160\text{ кгс/мм}^2$.

32. Диспергатор НФ (на сухой остаток) — 0,05—0,125; калий азотнокислый — 32,8—37,5; калий цианистый (своб.) — 140—160; селен (элементарный) — 0,03—0,05; серебро (металлическое в виде цианистого комплекса) — 35—40; четвертичная аммонийная соль (диалкиламинметил) этиленмочевины 50%-ной — 0,1—0,2. t — до 25°C ; $D_k=0,05-2,5\text{ А/дм}^2$.

33. Серебро азотнокислое — 40; пирофосфат натрия — 40; сульфат аммония — 80; аммиак 25%-ный — 42 мл/л. $\text{pH}=8,1$; $D_k=0,2-0,4\text{ А/дм}^2$.

34. Серебро азотнокислое — 25; сульфит натрия — 400. $\text{pH}=8,78$; $D_k=0,2-0,3\text{ А/дм}^2$.

35. Серебро азотнокислое — 50; трилон Б — 55; едкий натр — 25; аммиак — 15; уксуснокислый аммоний — 4. $\text{pH}=10,1$; $D_k=0,3-0,8\text{ А/дм}^2$.

36. Цианистый калий — 50—75; серебро хлористое — 40—45; сероуглерод — 0,0002; ализаринное масло — 0,5. $t=14-19^\circ\text{C}$. $D_k=0,9-0,98\text{ А/дм}^2$. За 40 мин. отлагается 24 мкм. Осадок плотнее матового.

37. Цианистый калий — 45—65; серебро хлористое — 20—45. $t=20-30^\circ\text{C}$; $D_k=0,1-0,3\text{ А/дм}^2$; $\tau=110\text{ мин}$. Затем механическая полировка.

38. Азотнокислое серебро — 40—60; азотнокислая медь — 15—30; моноэтанолламин 40%-ный — 130—160; азотнокислый аммоний — 30—45; азотнокислый калий — 30—45; сегнетова соль — 15—30; аммиак 25%-ный — до $\text{pH}=9-10$. $t=20-25^\circ\text{C}$. $D_k=0,2-0,8\text{ А/дм}^2$.

39. Серебро (на металл) — 1—6; медь (на металл) — 10—12; трилон Б — 120—140; аммиак — до $\text{pH}=8-9$. $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=0,8\text{ А/дм}^2$ без перемешивания и 1,6 А/дм^2 с перемешиванием.

40. Тетраамингидроксид палладия (на металл) — 18—22; диаминогидроксил серебра (на металл) — 2,5—3,5; трилон Б — 45—60; углекислый аммоний — 10—25; аммиак (своб.) — 8—15; выравниватель А — 1,0—1,2. $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=0,2-1,0\text{ А/дм}^2$; $\eta_k=85-95\%$.

Назначение составов (1) — (40):

1 — цианистый электролит предварительного серебрения нержавеющей стали.

2 — серебрение нержавеющей стали и цветных металлов.

3 — толстослойное серебрение для технических целей.

4, 5 — для предварительного (4) и окончательного (5) серебрения.

6, 7 — твердое износостойкое серебрение.

8 — тонкослойное серебрение.

9 — техническое и декоративное серебрение.

10—14 — цианистые электролиты серебрения различных составов.

15 — прочное серебрение ферритов по подслою цинка из цианистого электролита.

16—19 — железистосинеродистые электролиты (16 — покрытия, стойкие к потускнению; 17 — серебрение деталей несложной конфигурации; 18 — высокопроизводительный электролит. D_k — до $0,6\text{ А/дм}^2$. Скорость осаждения — 11 мкм/ч при $0,3\text{ А/дм}^2$. Рекомендуется реверс при $50-60^\circ\text{C}$, D_k — до 1 А/дм^2 ; $\tau_k:\tau_a=10:1$. Скорость осаждения — 30 мкм/ч при 1 А/дм^2 ; 19 — малопористые осадки серебра).

20—23 — йодистые электролиты серебрения (22 — покрытие, стойкое к потускнению; 23 — светлые мелкокристаллические осадки). Перед серебрением стальных изделий на их поверхность наносят никель химическим способом или двухслойное покрытие медь—серебро.

24—26 — электролиты матового серебрения.

27—32 — электролиты блестящего серебрения. [Отдельные растворы азотнокислого серебра и трилона Б смешивают и добавляют аммиак до $\text{pH}=8-9$. Электролиты стабильны, осадки до 1—2 мкм блестящие, выше — полублестящие. Без предварительного серебрения можно наносить до 10—15 мкм; (28) — пределы составов; (29) — конкретный пример; 30 — в раствор цианистого калия вводят раствор азотнокислого серебра. Затем растворяют 1 моль элементарного селена в 2,5—3 молях раствора цианистого калия. Диспергатор НФ (продукт реакции нафталинсульфокислоты с формальдегидом) выпаривают на водяной бане и растворяют сухую навеску в теплой воде. Затем растворяют 1 моль треххлористой сурьмы при перемешивании в 6,5 моля триэтанолamina — не выше 70°C . Борную кислоту вводят в электролит в количестве $\frac{1}{2}$ введенного триэтанолamina; 31, 32 — блестящее серебрение].

33—35 — серебрение алюминия по непосредственно нанесенному подслою меди или никеля.

36, 37 — серебрение мельхиора (36 — блестящее; 37 — матовое).

38 — осаждение сплава серебро—медь. Катод — медь или латунь, предварительно амальгамированная или покрытая тонким слоем серебра из цианистого или железистосинеродистого электролита. Анод — серебро. В 150—200 мл воды растворяют нитрат аммония и в таком же объеме растворяют нитрат калия; оба раствора смешивают и растворяют азотнокислое серебро. В полученный раствор при помешивании вводят моноэтаноламин. Нитрат меди растворяют в 200—250 мл воды и в него вводят сегнетову соль. В раствор, содержащий серебро, постепенно при помешивании вводят раствор, содержащий медь. В полученный раствор вводят 25%-ный раствор аммиака и перемешивают. Полученный раствор имеет $\text{pH}=9-10$.

Нанесенный сплав содержит 93—99% серебра и 1—7% меди. Покрытие — гладкое, мелкокристаллическое, полублестящее.

39 — электролит повышенной производительности для осаждения сплава медь—серебро.

40 — электролит для осаждения сплава серебро—палладий. Покрытие светло-серого цвета, гладкое, полублестящее, микротвердостью 230—250 кгс/мм² на меди или серебре.

Золочение. Покрытие золотом и его сплавами поверхностей менее благородных металлов производится в целях придания им декоративного внешнего вида, защиты от действия коррозионных сред, повышения электропроводности и др. Применяемые электролиты весьма разнообразны по составу.

Ниже приводятся рецепты некоторых из составов.

Составы для золочения и покрытия сплавами золота (г/л).

1. Цианистый электролит для осаждения толстых золотых покрытий. Золото (на

металл) — 15—25; цианистый калий (своб./общ.) — 8—10/до 100. $t=55-60^\circ\text{C}$; $D_k=2-4$ А/дм²; $D_a=1$ А/дм².

2. Цианистый электролит золочения. Двунатрийфосфат — 7; золото (на металл) — 4; калий цианистый (своб.) — 15. $t=65-75^\circ\text{C}$; $D_k=0,3-0,4$ А/дм².

3. Цианистый электролит для золочения при реверсе тока. Золото (на металл) — 2—3; калий цианистый (своб.) — 15—20. $t=18-25^\circ\text{C}$; $D_k=0,5$ А/дм²; $\tau_k=7$ с; $\tau_a=1$ с.

4. Ферроцианатный электролит золочения. Золото (на металл) — 4; калия ферроцианат — 200; натрий углекислый (безводный) — 65; сегнетова соль — 60—70. $t=50-60^\circ\text{C}$; $D_a=0,2-0,3$ А/дм²; $D_k=0,1-0,15$ А/дм²; $\tau_k:\tau_a=10:1$.

5. Электролит для осаждения твердого сплава золото—никель. Золото (на металл) — 0,84; калия пирофосфат — 50—100; никель (металл) — 1,94; сегнетова соль — 50. $\text{pH}=6-7$; $t=50-60^\circ\text{C}$; $D_k=0,5$ А/дм².

6. Электролит для осаждения твердого сплава золото—кобальт. Золото (на металл) — 1,2; калий цианистый (своб.) — 0,52; калия пирофосфат — 50—100; кобальт (на металл) — 3; сегнетова соль — 50. $\text{pH}=6-7$; $t=50-60^\circ\text{C}$; $D_k=0,5$ А/дм².

7. Электролит для осаждения износостойкого сплава золото—графит. Валериановая кислота — 20—30 мл/л; графит (порошок) — 50—200; золото (на металл) — 5—10; едкое кали — до $\text{pH}=4-4,5$; лимонная кислота — 60—80. $\text{pH}=4-4,5$; $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=0,5-1$ А/дм².

8. Электролит для осаждения сплава золото—серебро—индий. Дицианоаурат калия (на металл) — 2—20; дицианоаргентат калия (на металл) — 0,1—10; калий цианистый (своб.) — 5—200; цианистый комплекс индия с трилоном Б (на металл) — 2—20. $t=20^\circ\text{C}$; $D_k=0,4-0,6$ А/дм². Скорость вращения катода — 60—65 об/мин.

9. Электролит для осаждения сплава золото—палладий. Дицианоаурат калия (на металл) — 0,1—3,0; калий цианистый (своб.) — до 0,3; этилендиамин (своб.) — 15—75; этилендиамин палладия (на металл) — 0,1—3,0. $\text{pH}=7,3-7,7$; $t=60-65^\circ\text{C}$; $D_k=0,3-0,8$ А/дм².

10. Электролит для осаждения сплава золото—кобальт. Дицианоаурат калия (на металл) — 8—10; калия цитрат кислый — 50—100; кобальта сульфат (на металл) — 1—3; пиперазингидрат — 0,5—30. $t=20-40^\circ\text{C}$; $D_k=0,3-1,5$ А/дм².

11. Электролит для осаждения износостойких сплавов золота. Золото (на металл) — 5—15; калия ферроцианат — 70—200; легирующий металл — 0,05—10; муравьиная кислота — 10—25; поташ — 25—75; сульфат натрия — 20—40; трилон Б — 5—100. $\text{pH}=4-6,5$; $t=18-60^\circ\text{C}$; $D_k=0,3-0,5$ А/дм².

12. Электролит для осаждения твердого износостойкого золотого покрытия. Золото (на металл) — 4—8; корунд — 50—100; сульфит натрия ($7\text{H}_2\text{O}$) — 160—240; этилендиамин (основание) — 12—16. $\text{pH}=10-11$; $t=35-45^\circ\text{C}$; $D_k=0,2-0,5$ А/дм².