

K. GONTŠARENKO

**GALVANOTEHNIKU
KÄSIRAAMAT**

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS

A-21837/II

K. S. GONTŠARENKO

GALVANOTEHNIKU KÄSIRAAMAT

EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1957

Originaali tiitel:

К. С. Гончаренко

Краткий справочник гальванотехника
Машгиз 1955

Tõlkinud L. Einer

Käsiraamatus on toodud põhiandmed metallide korrosiooni ja nende kaitsmise kohta, mõningaid teatmeid elektrotehnikast ja elektrokeemiast, samuti üksikasjalised andmed galvaaniliste dekoratiivsete ja korrosioonikindlate kaitsekatete tehnoloogia kohta.

On toodud metallide pinna katmiseks ettevalmistamise ja katmisjärgse viimistlemise meetodid, katete kontrollimise meetodid ja materjalide kulunormid. On antud lühiandmed sisseseade ja aparatuuri kohta.

Käsiraamat on mõeldud kasutamiseks masinaehitus-, metallitöötlemis-, laevaehitus- ja aparaadiehitustehaste galvaanikatsehhide töölisele ja meistritele.

2

Tartu Riikliku Dilekook
Raamatukogu

42581

ARHIIVKOGU

SISSEJUHATUS

Galvanotehnika on üks elektrokeemia rakendusala. Elektrokeemia aga on suure vene õpetlase M. V. Lomonosovi poolt rajatud füüsikalise keemia üheks osaks.

Galvanotehnika jaguneb kaheks alaliigiks — galvanoplastikaks ja galvanosteegiaks [1]*.

Galvanoplastika on metallide elektrolüütiline sadestamine mitmesuguste (metall- või mittemetall-) esemete pinnale või nendelt esemetelt võetud elektrit mittejuhtivast ainest tõmmiste pinnale, täpsete metalliliste positiiv- või negatiivkoopiate saamiseks.

Galvanosteegia on põhimaterjaliga tugevasti seotud õhukeste metallist dekoratiivsete kaitsekatete või korrosiooni- ja kulumiskindlate kaitsekatete elektrolüütiline sadestamine toodete pinnale. Seejuures on katete paksus mõõdetav tuhandik-(dekoratiivsed), sajandik-(korrosiooni eest kaitsevad) või kümnendikmillimeetritega (kulumiskindlad katted).

Galvanosteegial on tööstuses võrdlematult suurem tähtsus, kuigi galvanoplastika töötati välja varem.

Elektrilise sadestamise protsessi tingimuste ja režiimi osas erinevad galvanosteegia ja galvanoplastika vähe. Protsesside tehnoloogia põhiline erinevus seisab pinna ettevalmistamise meetodites.

Galvanosteegias tuleb eseme pind ette valmistada selliselt, et kate sellel tugevasti püsiks; galvanoplastikas aga peab kate esemest kergesti eralduma.

Galvanoplastika leiutamisele 1837. a. väljapaistva vene teadlase akadeemik B. S. Jakobi (1801—1874) poolt eelnes rida väljapaistvaid elektrilaseid avastusi vene ja maailma teaduses.

Sellest ajast alates areneb laialdaselt uus tööstusharu — metallide sadestamine galvaanilisel teel, mis leiab kõige mitmekülgsemat kasutamist.

Oskus katta ühtesid metalle teistega nende hävimise eest kaitsmise eesmärgil ja katsed muuta väheväärtuslikke metalle väärismetallideks, s. o. kõrge keemilise püsivusega metallideks, olid tuntud ja kasutusel juba antiik- ja keskajal.

Metallide korrosiooni käsitlev teadusharu tekkis hiljem, laialdaselt areneva tööstuse kasvavate nõudmiste tagajärjel [2].

On täiesti selge, et enne elektrivoolu avastamist ei saanud ka metallide galvaanilise sadestamise meetodite väljatöötamisest juttugi olla.

* Nurksulgudes toodud numbrid näitavad vastavat järjekorranumbrit käsiraamatu lõpus toodud kirjanduse nimestikus.

Elektrivoolu tekkimise eri metallide kokkupuutumisel avastas 1789. a. itaalia füüsikaproffessor Luigi Galvani (1737—1798). Tema nimest tulevad ka nimetused: galvanotehnika, galvanosteegia, galvanoplastika, galvaanilised katted jne.

L. Galvani algatust jätkasid üheaegselt ja teineteisest sõltumatult tuntud vene teadlane akadeemik Vassili Vladimirovitš Petrov (1761—1834) ja tuntud itaalia füüsikaproffessor Alessandro Volta (1745—1827) [4].

Ennetades välismaa teadlasi kümne aasta võrra, ehitas V. Petrov 1802. a. tolle aja kohta võimsa galvaanipatarei, mis koosnes 4200 paarist vask- ja tsinkketastest ja võimaldas avastada kaarleegi.

Peale selle teostas V. Petrov 40 aasta jooksul otsinguid elektrolüüsi valdkonnas ja viis läbi tähtsaid uurimusi vee ja teiste vedelike elektrolüütilise lagundamise alal (1801). Ta sai ka esimesena rea metalle (plii, tina, elavhõbe jt.) nende oksüüdide elektrolüüsimise teel.

Tundes huvi L. Galvani elektrilaste katsete vastu ja jätkates neid, jõudis A. Volta 1792—94. a. veendumusele, et Galvani poolt vaadeldud elektrilised nähtused on seotud kahest erisugusest metallist ja vedelikust moodustunud vooluahela olemasoluga [4].

Aastal 1800 avastas A. Volta nn. volta samba — allika kestva alalisvoolu saamiseks.

Galvaanipatarei, Petrovi kaarleek ja volta samm võimaldasid läbi viia laialdaselt katseid tugeva elektrivooluga ja kummutasid tolleaegsete reaktsiooniliste teadlaste arvamuse elektri „loomsest päritolust“.

Volta nime kannavad tema poolt avastatud elektromotoorse jõu ühik — volt ja elektrilist pinget (potentsiaalide vahet) näitav mõõteriist — voltmeeter.

Teostades edasisi otsinguid ja katseid elektri alal, uuris tuntud inglise teadlane — füüsik Michael Faraday (1791—1867) elektrolüüsinähtuse kvantitatiivset külge ja püstitas uued elektrolüüsiseadused (1833).

L. Galvani, V. Petrovi, A. Volta ja M. Faraday avastused elektri valdkonnas ning B. Jakobi leiutused galvanotehnikas kutsusid tehnikas esile metallide elektrilise sadestamise laialdase arengu.

Revolutsiooneelisel Venemaal oli tööstuse nõrga arengu tõttu vajadus kaitse- ja dekoratiivsete katete kasutamiseks väga väike ja see ei võimaldanud galvanotehnikal vääriliselt areneda, vaatamata sellele, et sellesse perioodi langeb väljapaistvate vene galvanotehnikute — A. Sapožnikovi, P. Jevreinovi, A. Grekovi, A. Kovako jt. tegevus. Samuti töötas sel ajajärgul P. Simonenko, kes 1876. a. kasutas nikeldamisel esimesena elektrolüütilist meetodit.

Laialdaselt levis kaitse-, dekoratiivsete ja kulumiskindlate katete kasutamine pärast Suurt Sotsialistlikku Oktoobrirevolutsiooni.

Eriti märgatav galvaanikatsehhide võrgu kasv, vastavate seadmete ja vajalike keemiliste ning teiste materjalide tootmine algas koos meie maa industrialiseerimisega.

Käesoleval ajal on peaaegu kõigis Nõukogude Liidu masinaehitus- ja metallitöötlemistehastes eesrindlikku nõukogude tehnoloogiat kasutavad hästisüstatud galvaanikatsehhid.

Nõukogude suurimate autotehaste tehnika viimase sõna kohaselt ehitatud galvaanikatsehhid on oma võimsuselt, mehhaniseerimise tasemelt ja varustatuselt suuremaid maailmas ja kõige suuremad Euroopas.

NSV Liidu majanduse sotsialistlik süsteem tagab galvaanikatööstuse õige organiseerimise.

NSV Liidus uuritakse galvanotehnika täiustamise küsimusi laialdaselt teadusliku uurimise asutustes, eesrindlike tehaste ja õppeasutuste laboratooriumides ning avaldatakse ajakirjade veergudel; lisaks sellele antakse välja suurel hulgal galvanotehnika küsimusi ja korrosiooni vastu võitlemist käsitlevaid raamatuid.

On olemas rida institute, mis valmistavad ette spetsialiste — inženere metallide kaitsekatete ja korrosiooni vastu võitlemise alal. Laialdaselt on tuntud nõukogude teadlaste ja galvanosteeptide tööd. G. Aki-mov, N. Isgarõšev, P. Fedotjev, V. Lainer, N. Kudrjajtsev ja paljud teised on andnud oma panuse kodumaise galvanotehnika edasiarendamiseks.

Esimene peatükk

ULDOSA

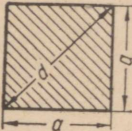
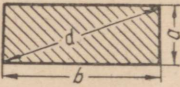
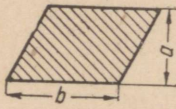
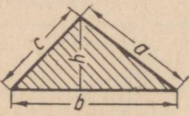
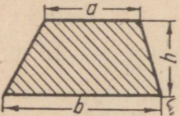
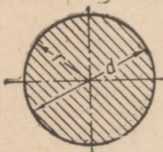
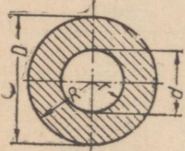
Tabel 1

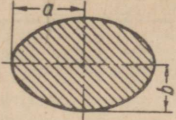
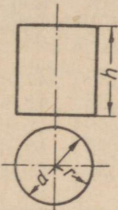
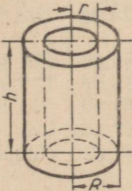
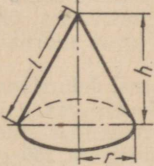
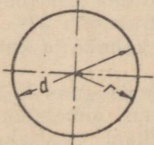
Mõõtühikud

Mõõdetav suurus	Mõõtühiku nimetus	Suhe põhiühikusse	Tähis
Pikkus	meeter (põhiühik)	1	<i>m</i>
	detsimeeter	0,1	<i>dm</i>
	sentimeeter	0,01	<i>cm</i>
	millimeeter	0,001	<i>mm</i>
	mikron	0,000001	μ
ongström	10^{-10}	Å	
Pindala	ruutmeeter (põhiühik)	1	<i>m</i> ²
	ruutdetsimeeter	0,01	<i>dm</i> ²
	ruutsentimeeter	0,0001	<i>cm</i> ²
	ruutmillimeeter	0,000001	<i>mm</i> ²
Ruumala	kuupmeeter (põhiühik)	1	<i>m</i> ³
	kuupdetsimeeter	0,001	<i>dm</i> ³
	kuupsentimeeter	0,000001	<i>cm</i> ³
	kuupmillimeeter	0,000000001	<i>mm</i> ³
Maht	hektoliiter	100	<i>hl</i>
	dekaliiter	10	<i>dl</i>
	liiter (põhiühik)	1	<i>l</i>
	milliliiter	0,001	<i>ml</i>
Mass(kaal)	tonn	1000	<i>t</i>
	tsentner	100	<i>ts</i>
	kilogramm (põhiühik)	1	<i>kg</i>
	gramm	0,001	<i>g</i>
	milligramm	0,000001	<i>mg</i>

Pindalade arvutamine

Tähised: F — pindala; P — poolübermõõt; R — välisringjoone raadius;
 r — siseringjoone raadius.

Ruut		$F = a^2 = \frac{1}{2}d^2$
Ristkülik		$F = ab$
Rööpkülik		$F = ab$
Kolmnurk		$F = \frac{bh}{2}$; $P = \frac{1}{2}(a + b + c)$
Trapets		$F = \frac{a + b}{2} h$
Ring		$F = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} d^2$
Rõngas		$F = \pi(R^2 - r^2) = \frac{1}{4} \pi(D^2 - d^2)$

Ellips		$F = \pi ab$
<p>Tähised: S – täispind; M – külgpind; R – välisringjoone raadius; r – sise-ringjoone raadius.</p>		
Sillinder		$M = 2\pi r h = \pi d h$
Õõnessillinder (toru)		$M = \text{sisepind} + \text{välispind} = 2\pi h(R + r)$
Koonus		$M = \pi r l$
Kera		$S = 4\pi r^2 = \pi D^2$

Tabel 3

1 m² lehtmetsi keskmine kaal kg

Paksus mm	Sepis- tatav raud	Valu- raud	Valu- teras	Vask	Valge- vask	Tsink	Plii	Alumi- nium
0,5	3,89	3,62	3,93	4,45	4,27	3,45	5,7	1,33
1	7,78	7,25	7,87	8,90	8,55	6,90	11,4	2,66
2	15,56	14,50	15,74	17,80	17,10	13,80	22,8	5,32
3	23,34	21,75	23,61	26,70	25,65	20,70	34,2	7,98
4	31,12	29,00	31,48	35,60	34,20	27,60	45,6	10,64
5	38,90	36,25	39,35	44,50	42,75	34,50	57,0	13,30
6	46,68	43,50	47,22	53,40	51,30	41,40	68,4	15,96
7	54,46	50,75	55,09	62,30	59,85	48,30	79,8	18,62
8	62,24	58,00	62,96	71,20	68,40	55,20	91,2	21,28
9	70,02	65,25	70,83	80,10	76,95	62,10	102,6	23,94
10	77,80	72,50	78,70	89,00	85,50	69,00	114,0	26,60
11	85,58	79,75	86,57	97,90	94,05	75,90	125,4	29,26
12	93,36	87,00	94,44	106,80	102,60	82,80	136,8	31,92
13	101,14	94,25	102,31	115,70	111,15	89,70	148,2	34,58
14	108,92	101,50	110,18	124,60	119,70	96,60	159,6	37,24
15	116,70	108,75	118,05	133,50	128,25	103,50	171,0	39,90
16	124,48	116,00	125,92	142,40	136,80	110,40	182,4	42,56
17	132,26	123,25	133,79	151,30	145,35	117,39	193,8	45,22
18	140,04	130,50	141,66	160,20	153,90	124,20	205,2	47,88
19	147,82	137,75	149,53	169,10	162,45	131,10	216,6	50,54
20	155,60	145,00	157,40	178,00	171,00	138,00	228,0	53,20

Lahused ja nende kontsentratsioon. Lahused jagunevad küllastunud ja küllastumata lahusteks. Küllastunuks nimetatakse sellist lahust, milles antud ainet antud temperatuuril rohkem ei lahustu, sest ühes kuupsentiimeetris lahustuva aine hulk on kindlalt määratud suurus. Temperatuuri tõusmisel suureneb tavaliselt lahustuvus.

Kindlas koguses vees või lahuses sisalduvat lahustunud aine hulka nimetatakse lahuse kontsentratsiooniks ehk kanguseks. Galvanotehnikas väljendatakse kontsentratsiooni tavaliselt grammides ühe liitri lahuse kohta. Näiteks kui tsinksulfaadi kontsentratsioon on 250 g/l, siis tähendab see, et ühes liitris sisaldub 250 g lahustunud tsingisoola. Aine hulka lahuses väljendatakse ka protsentides, näidates, mitu grammi lahustunud ainet sisaldub 100 g lahuses. Näiteks kui 100 g lahuses on lahustatud 20 g vasksulfaati, siis on kontsentratsioon 20%.

Erikaal. Ühesuguste ruumaladega tahkete kehade ja ka vedelike kaalud on erinevad.

Arvu, mis näitab, mitu korda kaalub mingisugune keha antud temperatuuril rohkem kui sama suur ruumala vett, nimetatakse erikaaluks. Arvutuste hõlbustamiseks võetakse vee erikaal võrdseks ühega. Üks kuupsentimeeter vett kaalub 4°C juures üks gramm.

Lahuste (elektrolüütide) erikaal ei ole püsiv suurus: mida suurem on lahuse kontsentratsioon, seda suurem on ta erikaal. Konstantsel temperatuuril vastab igale lahuse kontsentratsioonile oma erikaal.

Vedelike erikaalu määramiseks kasutatakse areomeetrit, mis vajub seda sügavamale, mida väiksem on vedeliku erikaal. Areomeetril on vedeliku erikaalu näitavate jaotustega skaala.

Galvanotehnikas kasutatakse kõige sagedamini lahuseid (elektrolüüte), mille erikaal peaaegu alati võimaldab hinnata lahuse kontsentratsiooni, s. o. mahuühikus lahustunud aine hulka.

Galvaanilise katmise protsessid toimuvad lahuste (elektrolüütide) kindlate kontsentratsioonide juures. Tööprotsessis muutub lahuste kontsentratsioon pidevalt suuremal või vähemal määral ühes või teises suunas, mis mõjub kahjulikult katte kvaliteedile.

Lahuste kontsentratsiooni kontrollimine erikaalu järgi ja keemilise analüüsi abil võimaldab lahuseid õigeaegselt parandada (korrigeerida).

Peale selle võimaldab katmiseks kasutatavate metallide erikaalude teadmine välja arvutada antud tingimustes ajaühiku jooksul saadava katte paksuse.

Tabel 4

Galvanotehnikas kasutatavate tähtsamate metallide erikaalud

Metall	Erikaal	Metall	Erikaal
Magneesium	1,75	Nikkel	8,8
Alumiinium	2,70	Koobalt	8,8
Kroom	7,10	Vask	8,95
Tsink	7,14	Hõbe	10,5
Tina	7,28	Plii	11,34
Mangan	7,4	Elavhõbe	13,6
Raud	7,8	Kuld	19,30
Kadmium	8,6	Platina	21,4

Tahkete kehade tihedus (erikaal)

Aine	Tihedus g/cm ³	Aine	Tihedus g/cm ³
Alabaster	2,3—2,8	Kuiv liiv	1,20—1,65
Alumiinium	2,70	Kuiv savi	1,52
Alumiiniumpronks	7,7	Kummi	1,0—2,0
Alumiiniumvalu	2,56	Linoleum	1,15—1,70
Asbest	2,5—2,8	Lumi	0,125
Asbestpapp	1,2	Marmor	2,4—2,5
Asbovinüül	1,5—1,6	Naftaliin	1,15
Betoon	1,8—2,45	Org. klaas (pleksi- klaas)	1,16—1,20
Diabaas	2,9—3,0	Pronks	7,4—7,8
Eboniit	1,8	Raud (valtsitud)	7,6—7,8
Faoliit	1,4—1,6	Smirgel	4,0
Fosforpronks	8,8	Šamott-tellis	1,85—2,2
Getinaks	1,3—1,4	Tekstoliit	1,3—1,4
Grafiit	1,9—2,3	Tellis	1,4—1,6
Happekindel email	2,0—2,5	Toorkautšuk	0,92—0,96
Jää	0,88—0,92	Tselluloid	1,4
Kaoliin	2,2	Tsement	1,25—2,3
Keedusool	2,15—2,17	Vaha	0,95—0,98
Klaas	2,4—2,7	Valgevask (valu)	8,4—8,7
Kork	0,24	Valgevask (valtsitud)	8,52—8,62
Kriit	1,8—2,6	Vask (valu)	8,6—8,9
Kroom (valu)	6,9	Vask (valtsitud)	8,93—8,95
Kruus	1,8	Viniplast	1,38
Kuiv kips	0,97	Väävel	1,96—2,07

Vedelike tihedus (erikaal)

Nimetus	Temperatuur °C	Tihedus g/cm ³
Tetraklooratsetüleen	20	1,69
Atsetoon	20	0,79
Bensiin	15	0,68—0,74
Bensool	20	0,88
Elavhõbe	0	13,596
Dietüüleeter (eeter)	12,5	0,723
Etüülalkohol	15	0,79
Glütseriin	15	1,26
Kivisõetõrv	15	0,794
Ksüloom	15	0,85
Linaõli (keedetud)	15	0,97
Masuut	15	0,89—0,92
Metüülalkohol	—	0,80
Must karboolhape (fenool)	15	0,96
Nafta	15	0,76—0,95
Petrooleum	15	0,820
Tetrakloorsüsinik	20	1,63
Tärpentiin	15	1,15
Väävelsüsinik	15	1,272
Äädikhape	20	1,049

Tabel 7

Baumé kraadide ja erikaalu vahetõrge 15° C juures
(veest raskemate vedelike puhul)

°Bé	Erikaal	°Bé	Erikaal	°Bé	Erikaal	°Bé	Erikaal
1	1,007	18	1,142	35	1,320	52	1,563
2	1,014	19	1,152	36	1,332	53	1,580
3	1,022	20	1,162	37	1,345	54	1,597
4	1,029	21	1,171	38	1,357	55	1,615
5	1,037	22	1,180	39	1,370	56	1,635
6	1,045	23	1,190	40	1,383	57	1,652
7	1,052	24	1,200	41	1,397	58	1,671
8	1,060	25	1,210	42	1,410	59	1,691
9	1,067	26	1,220	43	1,424	60	1,710
10	1,075	27	1,231	44	1,438	61	1,732
11	1,083	28	1,241	45	1,453	62	1,753
12	1,091	29	1,252	46	1,468	63	1,777
13	1,100	30	1,263	47	1,483	64	1,795
14	1,108	31	1,274	48	1,498	65	1,820
15	1,116	32	1,285	49	1,515	66	1,842
16	1,125	33	1,297	50	1,530	67	1,865
17	1,134	34	1,308	51	1,546	—	—

Väävelhappe (H₂SO₄) lahuste erikaalud 15°C juures

Erikaal	°Bé	H ₂ SO ₄ sisaldus g		Erikaal	°Bé	H ₂ SO ₄ sisaldus g	
		100 g lahuses	100 ml lahuses			100 g lahuses	100 ml lahuses
1,000	0	0,09	0,1	1,410	42,0	51,15	72,1
1,010	1,4	1,57	1,6	1,430	43,4	53,11	75,9
1,020	2,7	3,03	3,1	1,450	44,8	55,03	79,8
1,030	4,1	4,49	4,6	1,470	46,1	56,90	83,7
1,040	5,4	5,96	6,2	1,490	47,4	58,74	87,6
1,050	6,7	7,37	7,7	1,510	48,7	60,65	91,6
1,060	8,0	8,77	9,3	1,520	49,4	61,59	93,6
1,070	9,4	10,19	10,9	1,540	50,6	63,44	97,7
1,080	10,6	11,60	12,5	1,550	51,2	64,26	99,6
1,090	11,9	12,99	14,2	1,570	52,4	66,09	103,8
1,100	13,0	14,35	15,8	1,590	53,6	67,83	107,8
1,120	15,4	17,01	19,1	1,600	54,1	68,70	109,9
1,140	17,7	19,61	22,3	1,620	55,2	70,42	114,1
1,150	18,8	20,91	23,9	1,640	56,3	72,12	118,2
1,170	20,9	23,47	27,5	1,650	56,9	72,96	120,4
1,190	23,0	26,04	31,0	1,670	57,9	74,66	124,6
1,200	24,0	27,32	32,8	1,690	58,9	76,38	128,9
1,220	26,0	29,84	36,4	1,700	59,5	77,17	131,2
1,240	27,9	32,28	40,0	1,720	60,4	78,92	135,7
1,260	29,7	34,57	43,5	1,740	61,4	80,68	140,4
1,280	31,5	36,87	47,2	1,750	61,8	81,56	142,7
1,290	32,4	38,30	49,0	1,760	62,3	82,44	145,1
1,300	33,3	39,19	51,0	1,780	63,2	84,50	150,4
1,320	35,0	41,50	54,8	1,800	64,2	86,92	156,4
1,340	36,6	43,74	58,6	1,820	65,0	90,05	163,9
1,360	38,2	45,88	62,4	1,826	65,3	91,25	166,6
1,380	39,8	48,00	66,2	1,835	65,7	93,58	171,7
1,400	41,2	50,11	70,2	1,849	—	99,12	182,3

Tabel 9

Väävelhappe H_2SO_4 (erikaal 1,84) lahjendamise 15—20°C veega teise kontsentratsiooniga happe saamiseks

Et saada hapet erikaaluga d , tuleb m mahuühikut hapet segada 100 mahuühiku veega

Maht	Erikaal	Maht	Erikaal	Maht	Erikaal	Maht	Erikaal
1	1,009	85	1,357	250	1,630	430	1,743
2	1,015	90	1,372	260	1,640	440	1,746
5	1,035	95	1,386	270	1,648	450	1,750
10	1,060	100	1,398	280	1,654	460	1,754
15	1,090	110	1,420	290	1,667	470	1,757
20	1,113	120	1,438	300	1,678	480	1,760
25	1,140	130	1,456	310	1,689	490	1,763
30	1,165	140	1,473	320	1,700	500	1,766
35	1,187	150	1,490	330	1,705	510	1,768
40	1,210	160	1,510	340	1,710	520	1,770
45	1,229	170	1,530	350	1,714	530	1,772
50	1,248	180	1,543	360	1,719	540	1,774
55	1,265	190	1,556	370	1,723	550	1,776
60	1,280	200	1,568	380	1,727	560	1,777
65	1,297	210	1,580	390	1,730	570	1,778
70	1,312	220	1,593	400	1,733	580	1,779
75	1,326	230	1,606	410	1,737	590	1,780
80	1,340	240	1,620	420	1,740	600	1,782

Tabel 10

Lämmastikhappe (HNO_3) lahuste erikaalud 15°C juures

Erikaal	°Bé	HNO_3 sisaldus g		Erikaal	°Bé	HNO_3 sisaldus g	
		100 g lahuses	100 ml lahuses			100 g lahuses	100 ml lahuses
1,000	0	0,10	0,1	1,240	27,9	38,29	47,5
1,010	1,4	1,90	1,9	1,250	28,8	39,82	49,8
1,020	2,7	3,70	3,8	1,270	30,6	42,87	54,4
1,030	4,1	5,50	5,7	1,290	32,4	45,95	59,3
1,040	5,4	7,26	7,5	1,300	33,3	47,49	61,7
1,050	6,7	8,99	9,4	1,320	35,0	50,71	66,9
1,060	8,0	10,68	11,3	1,330	35,8	52,37	69,7
1,070	9,4	12,33	13,2	1,350	37,4	55,79	75,3

Tabel 10 järg

Erikaal	°Bé	HNO ₃ sisaldus g		Erikaal	°Bé	HNO ₃ sisaldus g	
		100 g lahuses	100 ml lahuses			100 g lahuses	100 ml lahuses
1,080	10,6	13,95	15,1	1,360	38,2	57,57	78,3
1,090	11,9	15,33	16,9	1,380	39,8	61,27	84,6
1,100	13,0	17,11	18,8	1,390	40,5	63,23	87,9
1,110	14,2	18,67	20,7	1,410	42,0	67,50	95,2
1,120	15,4	20,23	22,7	1,420	42,7	69,80	99,1
1,130	16,5	21,77	24,6	1,440	44,1	74,68	107,5
1,150	18,8	24,84	28,6	1,460	45,4	79,98	116,8
1,160	19,8	26,36	30,6	1,470	46,1	82,90	121,9
1,180	22,0	29,38	34,7	1,490	47,4	89,60	133,5
1,200	24,0	32,36	38,8	1,500	48,1	94,09	141,1
1,220	26,0	35,28	43,0	1,510	48,7	98,10	148,1

Tabel 11

Soolhappe (HCl) lahuste erikaalud 15°C juures

Erikaal	°Bé	HCl sisaldus g		Erikaal	°Bé	HCl sisaldus g	
		100 g lahuses	100 ml lahuses			100 g lahuses	100 ml lahuses
1,000	0,0	0,16	0,16	1,080	10,6	16,5	17,4
1,010	1,4	2,14	2,2	1,100	13,0	20,01	22,0
1,015	2,1	3,12	3,2	1,120	15,4	23,82	26,7
1,020	2,7	4,13	4,2	1,140	17,7	27,66	31,5
1,025	3,4	5,15	5,3	1,150	18,8	29,57	34,0
1,030	4,1	6,15	6,3	1,160	19,8	31,52	36,6
1,040	5,4	8,16	8,5	1,180	22,0	35,39	41,8
1,050	6,7	10,7	10,7	1,200	24,0	39,11	46,9
1,060	8,0	12,19	12,90	—	—	—	—

Fosforhape (H_3PO_4) lahuste erikaalud 20°C juures

Erikaal	H_3PO_4 sisaldus g		Erikaal	H_3PO_4 sisaldus g		Erikaal	H_3PO_4 sisaldus g	
	100 g lahuses	1 l lahuses		100 g lahuses	1 l lahuses		100 g lahuses	1 l lahuses
1,004	1	10,04	1,216	35	425,6	1,526	70	1068
1,025	5	51,37	1,254	40	501,6	1,579	75	1184
1,053	10	106,3	1,293	45	581,9	1,633	80	1306
1,082	15	162,4	1,335	50	667,5	1,689	85	1436
1,113	20	229,9	1,379	55	758,5	1,746	90	1571
1,146	25	286,6	1,426	60	855,6	1,870	95	1870
1,180	30	354,2	1,475	65	958,8	—	—	—

Kaaliumhüdroksüüdi (KOH) ja naatriumhüdroksüüdi (NaOH)
lahuste erikaalud 15°C juures

Kontsentratsioon %	Erikaal		Kontsentratsioon %	Erikaal		Kontsentratsioon %	Erikaal	
	KOH	NaOH		KOH	NaOH		KOH	NaOH
1	1,008	1,011	18	1,169	1,200	35	1,344	1,383
2	1,017	1,022	19	1,179	1,211	36	1,355	1,394
3	1,027	1,033	20	1,188	1,222	37	1,366	1,404
4	1,036	1,044	21	1,198	1,233	38	1,377	1,414
5	1,045	1,055	22	1,208	1,244	39	1,388	1,424
6	1,054	1,067	23	1,218	1,255	40	1,399	1,434
7	1,064	1,078	24	1,228	1,266	41	1,410	1,444
8	1,073	1,089	25	1,239	1,277	42	1,421	1,453
9	1,082	1,100	26	1,249	1,288	43	1,433	1,463
10	1,092	1,111	27	1,259	1,299	44	1,444	1,473
11	1,101	1,122	28	1,270	1,310	45	1,456	1,482
12	1,111	1,133	29	1,280	1,320	46	1,467	1,492
13	1,120	1,144	30	1,290	1,331	47	1,479	1,501
14	1,130	1,155	31	1,301	1,342	48	1,491	1,511
15	1,140	1,166	32	1,312	1,352	49	1,502	1,520
16	1,149	1,178	33	1,322	1,363	50	1,514	1,530
17	1,159	1,189	34	1,333	1,373	—	—	—

Ammoniaagi vesilahuste (NH₄OH) erikaalud 15°C juures

Erikaal	NH ₄ OH sisaldus g		Erikaal	NH ₄ OH sisaldus g		Erikaal	NH ₄ OH sisaldus g	
	100 g lahuses	100 ml lahuses		100 g lahuses	100 ml lahuses		100 g lahuses	100 ml lahuses
1,00	0,00	0,0	0,960	9,61	9,51	0,920	21,75	20,0
0,996	0,91	0,91	0,956	11,03	10,54	0,916	23,03	21,1
0,992	1,84	1,82	0,952	12,17	11,6	0,912	24,83	22,2
0,990	2,31	2,29	0,950	12,74	12,1	0,910	24,99	22,74
0,986	3,30	3,25	0,946	13,88	13,13	0,906	26,31	23,83
0,982	4,30	4,22	0,942	15,04	14,17	0,902	27,65	24,94
0,980	4,80	4,70	0,940	15,63	14,7	0,900	28,33	25,5
0,976	5,80	5,66	0,936	16,82	15,74	0,896	29,69	26,6
0,972	6,80	6,61	0,932	18,03	16,81	0,892	31,05	27,7
0,970	7,31	7,09	0,930	18,64	17,34	0,890	31,75	28,26
0,966	8,33	8,05	0,926	19,87	18,42	0,886	33,25	29,46
0,962	9,35	8,99	0,922	21,12	19,47	0,882	34,95	30,83

Naatriumkloriidi (NaCl) vesilahuste erikaalud

NaCl sisaldus %	Erikaal		NaCl sisaldus %	Erikaal		NaCl sisaldus %	Erikaal	
	10°C	20°C		10°C	20°C		10°C	20°C
1	1,00707	1,00534	10	1,07419	1,07068	20	1,15254	1,14779
2	1,01442	1,01246	12	1,08946	1,08566	22	1,16891	1,16995
4	1,02920	1,02680	14	1,10491	1,10085	24	1,8557	1,18040
6	1,04408	1,04127	16	1,12056	1,11621	26	1,20254	1,19717
8	1,05907	1,05589	18	1,13643	1,13190	—	—	—

Tabel 16

Veevaba naatriumkarbonaadi (Na_2CO_3) lahuste erikaalud 20°C juures

Erikaal	Na_2CO_3		Erikaal	Na_2CO_3	
	%	g/l		%	g/l
1,008	1	10,09	1,081	8	86,53
1,019	2	20,38	1,095	9	98,41
1,031	3	30,98	1,102	10	110,3
1,039	4	41,59	1,116	11	122,6
1,052	5	52,11	1,124	12	134,9
1,060	6	63,64	1,138	13	147,7
1,073	7	75,08	1,146	14	160,5

Tabel 17

Naatriumkarbonaadi ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) lahuste erikaalud 20°C juures

Erikaal	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$		Erikaal	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	
	%	g/l		%	g/l
1,008	2,7	27,23	1,081	21,6	233,6
1,019	5,4	55,02	1,103	27,0	297,7
1,040	10,8	112,3	1,124	32,4	364,3
1,060	16,2	171,8	1,146	37,8	433,3

Tabel 18

Tsinksulfaadi ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) lahuste erikaalud 20°C juures

Erikaal	ZnSO_4		Erikaal	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	
	%	g/l		%	g/l
1,019	2	20,38	1,019	3,562	36,30
1,040	4	41,61	1,040	7,125	74,12
1,062	6	63,72	1,062	10,69	113,5
1,084	8	86,74	1,084	14,25	154,5
1,107	10	110,7	1,107	17,81	197,2
1,131	12	135,7	1,131	21,37	241,7
1,155	14	161,7	1,155	24,94	288,1
1,180	16	188,9	1,180	28,50	336,5

Vasksulfaadi lahuste erikaalud 20°C juures

Erikaal	CuSO ₄		CuSO ₄ ·5H ₂ O	
	%	g/l	%	g/l
1,009	1	10,09	1,564	15,78
1,019	2	20,38	3,129	31,88
1,040	4	41,60	6,257	65,07
1,062	6	63,72	9,386	99,68
1,084	8	86,72	12,51	135,7
1,107	10	110,7	15,64	173,2
1,131	12	135,7	18,77	212,3
1,154	14	161,6	21,90	252,7
1,180	16	188,8	25,03	295,3
1,206	18	217,1	28,16	339,6

Nikkelsulfaadi lahuste erikaalud 18°C juures

Erikaal	NiSO ₄		Erikaal	NiSO ₄ ·7H ₂ O	
	%	g/l		%	g/l
1,009	1	10,09	1,09	10	110,9
1,020	2	20,40	1,133	12	136,0
1,042	4	41,68	1,158	14	162,1
1,063	6	63,78	1,183	16	189,3
1,085	8	86,8	1,209	18	217,6

Etüülalkoholi vesilahus

Absoluutset alkoholi 100 cm ³ lahuses cm ³	C ₂ H ₅ OH lahuse tihedus vee suhtes 15°C juures	Etüülalkoholi kaalu-protsentides	Absoluutset alkoholi 100 cm ³ lahuses cm ³	C ₂ H ₅ OH lahuse tihedus vee suhtes 15°C juures	Etüülalkoholi kaalu-protsentides
1	0,9984	0,80	45	0,9436	37,97
2	0,9969	1,64	50	0,9344	42,69
3	0,9955	2,44	55	0,9242	47,44
4	0,9941	3,24	60	0,9135	52,34
5	0,9928	4,04	65	0,9022	57,39
10	0,9865	8,15	70	0,8903	62,62
15	0,9810	12,26	75	0,8776	68,04
20	0,9759	16,44	80	0,8642	73,69
25	0,9708	20,45	85	0,8498	79,59
30	0,9656	24,89	90	0,8342	85,82
35	0,9592	29,20	95	0,8164	92,54
40	0,9520	33,59	100	0,7943	100,00

Kroomhappe anhüidriidi (CrO₃) lahuste erikaalud 15°C juures

Erikaal	CrO ₃		Erikaal	CrO ₃	
	%	g/l		%	g/l
1,006	1	10,06	1,181	22	259,8
1,014	2	20,28	1,200	24	288,0
1,030	4	41,20	1,220	26	317,4
1,045	6	62,70	1,240	28	347,2
1,060	8	84,80	1,260	30	378,0
1,076	10	107,6	1,313	35	459,0
1,093	12	131,2	1,371	40	548,0
1,110	14	155,4	1,435	45	645,0
1,127	16	180,8	1,505	50	752,5
1,145	18	206,1	1,581	55	869,6
1,163	20	232,6	1,663	60	997,8

Nõutava kontsentratsiooniga (kaaluprotsentides) lahuste valmistamiseks vajalik lahusti hulk

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B										
0	0,00	1,01	2,04	3,09	4,17	5,26	6,43	7,53	8,70	9,89
10	11,11	12,36	13,63	14,94	16,28	17,65	19,05	20,48	21,95	23,46
20	25,00	25,58	28,21	29,87	31,58	33,33	35,14	36,99	38,89	40,84
30	42,85	44,94	47,05	49,25	51,52	53,85	56,25	58,74	61,29	63,94
40	66,67	69,49	72,41	75,44	78,57	81,81	85,19	88,67	92,30	96,07
50	100,00	104,08	108,33	112,77	117,39	122,22	127,27	132,56	138,10	143,90
60	150,00	156,41	163,16	170,27	177,78	185,71	194,12	203,03	212,5	222,58
70	233,33	244,83	257,14	270,37	284,62	300,00	316,67	334,78	354,55	376,19
80	400,00	426,32	455,56	488,24	525,00	566,67	614,29	669,23	733,33	809,09
90	900	1011	1150	1329	1566	1900	2400	3234	4900	9900

Näide. 25-protsendilise naatriumkloriidi lahuse valmistamiseks tuleb 100 kaaluosa vee kohta võtta 33,33 kaaluosa naatriumkloriidi.

A	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
B										
0	0,000	0,1001	0,2004	0,3009	0,4016	0,5026	0,604	0,705	0,865	0,908
1	1,010	1,112	1,215	1,317	1,420	1,523	1,626	1,730	1,833	1,937
2	2,041	2,145	2,250	2,354	2,459	2,564	2,669	2,775	2,881	2,987
3	3,097	3,200	3,305	3,413	3,520	3,712	3,735	3,842	3,950	4,059
4	4,167	4,276	4,384	4,494	4,603	4,712	4,823	4,932	5,042	5,156
5	5,264	5,374	5,485	5,598	5,709	5,821	5,932	6,046	6,156	6,270
6	6,428	6,495	6,610	6,724	6,838	6,952	7,071	7,181	7,296	7,411
7	7,527	7,644	7,759	7,882	7,991	8,110	8,221	8,343	8,461	8,576
8	8,696	8,815	8,939	9,051	9,171	9,290	9,410	9,528	9,549	9,770
9	9,890	10,01	10,13	10,25	10,38	10,50	10,62	10,74	10,88	10,98

Näide. 7,5-protsendilise kaaliumjodiidi vesilahuse valmistamiseks tuleb 100 kaaluosa vee kohta võtta 8,11 kaaluosa kaaliumjodiidi.

A — nõutav lahustatud aine kontsentratsioon lahuses protsentides (kaalu järgi);

B — aine hulk grammides, mis tuleb lahustada 100 g lahustis.

PÕHIMÕISTEID KEEMILISTEST, ELEKTRILISTEST
JA ELEKTROKEEMILISTEST SUURUSTEST

A. Jampolski järgi [3]

Galvaanilisel katmisel, elektrolüütide koostamisel ja nende korri-geerimisel toimuvate protsesside mõistmiseks, samuti laboratooriumis elektrolüütide keemilisel analüüsil saadud analüütiliste suuruste mõist-miseks on vaja teada kaasaegses galvanotehnikas kasutatavaid keemi-lisi, elektrotehnilisi ja elektrokeemilisi oskussõnu. Allpool tuuakse nende oskussõnade ja terminite lühike seletus.

Aine *molekuliks* nimetatakse väikseimat aineosakest, mis omab veel kõiki ainele iseloomulikke omadusi. Aine molekulid koosnevad *aato-mitest*, mis omaduste poolest erinevad molekulidest. Nii koosneb vee molekul kahest vesiniku ja ühest hapniku aatomist.

Aatomkaaluks nimetatakse elemendi aatomi suhtelist kaalu nn. hapnikuühikutes, kusjuures hapnikuühikuks on võetud $1/16$ hapniku aatomi kaalust.

Aatomkaal näitab, mitu korda on antud elemendi aatom raskem ühest hapnikuühikust. Vastavalt sellele nimetatakse aine molekulkaaluks tema molekuli kaalu hapnikuühikutes.

Nii näiteks vee molekulkaal on $2 + 16 = 18$.

Tähtsamate keemiliste elementide aatomkaalud on toodud tabelis 24.

Valentsiks nimetatakse elementide võimet moodustada keemilisi ühendeid ainult kindla arvu teiste elementide aatomitega. Vesiniku valents on võrdne ühega, ülejäänud elementide valentsid on määratud vesiniku suhtes või vesinikuga keemilisi ühendeid andvate elementide suhtes. Näiteks hapniku valents on 2, alumiiniumi valents aga 3.

Tabel 24

Elementide aatomkaalud

Element	Märk	Aatom- kaal	Element	Märk	Aatom- kaal
Alumiinium . . .	Al	27,0	Kuld	Au	197,2
Antimon	Sb	121,8	Lämmastik . . .	N	14,0
Arseen	As	75,0	Magneesium . . .	Mg	24,3
Baarium	Ba	137,4	Mangaan	Mn	54,9
Boor	B	10,8	Naatrium	Na	23,0
Broom	Br	79,9	Nikkel	Ni	58,7
Elavhõbe	Hg	200,6	Pallaadium . . .	Pd	106,7
Fluor	F	19,0	Plaatina	Pt	195,2
Fosfor	P	31,0	Raud	Fe	55,8
Hapnik	O	16,0	Räni	Si	28,1
Hõbe	Ag	107,9	Plii	Pb	207,2
Indium	In	114,8	Süsinik	C	12,0
Jood	J	126,9	Tina	Sn	118,7
Kaalium	K	39,1	Tsink	Zn	65,4
Kadmium	Cd	112,4	Vask	Cu	63,7
Kaltsium	Ca	40,1	Vesinik	H	1,0
Kloor	Cl	35,5	Vismut	Bi	209,0
Koobalt	Co	59,0	Volfram	W	184,0
Kroom	Cr	52,0	Väävel	S	32,1

Gramm-aatomiks nimetatakse elemendi aatomkaaluga võrdset elemendi hulka grammides. Näiteks hõbeda gramm-aatom on 107,9 g.

Gramm-molekuliks nimetatakse aine molekulkaalu, väljendatult grammides. Näiteks vee gramm-molekul on 18 g.

Aine gramm-ekvivalentiks nimetatakse aine hulka grammides, mis saadakse tema gramm-molekuli arvulise väärtuse jagamisel reaktsioonil üleminevate vesinik- ja hüdroksüülionide või elektronide arvuga.

Näiteks: väävelhappe gramm-ekvivalent on $98 : 2 = 49$ g. (Sest H_2SO_4 annab lahuses 2 vesinikiooni.)

Normaalseks nimetatakse lahust, mis sisaldab ühes liitris 1 gramm-ekvivalenti lahustunud ainet.

Detsinormaalseks nimetatakse lahust, mis sisaldab 0,1 gramm-ekvivalenti 1 l kohta. Nii sisaldab naatriumhüdrosüüdi detsinormaalne lahus 1 liitris 4 g naatriumhüdrosüüdi.

Lahuste kontsentratsioonide koostamist ja määramist gramm-ekvivalentides kasutatakse vaid laboratoorsete analüüside puhul. Galvanotehnilistes tsehhides kasutatavate lahuste ja elektrolüütide kontsentratsioon antakse tavaliselt grammides 1 l kohta (g/l).

Elektrit juhtivaid lahuseid nimetatakse elektrolüütideks. Suurem osa sooli, happeid ja leelisi on nii vesi-kui ka mitte-

vesilahustes ning sulas olekus elektrolüüdid. Elektrolüütides lagunevad lahustunud ainete üksikud molekulid positiivselt ja negatiivselt laetud ionideks, s. o. alluvad *elektrolüütilisele dissotsiatsioonile*.

Elektrolüüdid, mille molekulide dissotsiatsiooniaseme on suur, juhivad hästi elektrivoolu ja neid nimetatakse tugevateks elektrolüütideks. Vastavalt on väikese dissotsiatsiooniasemega elektrolüüdid halva elektrijuhtivusega ja neid nimetatakse nõrkadeks elektrolüütideks.

Alalisvoolu läbimisel elektrolüüdist toimub *elektrolüüs*, millega kaasub elektrolüüdi koostise muutumine elektroodide juures.

Selles on elektrolüütide (teist liiki juhtide) erinevus metalsetest (ehk esimest liiki) juhtidest, mis voolu läbimisel ei muutu.

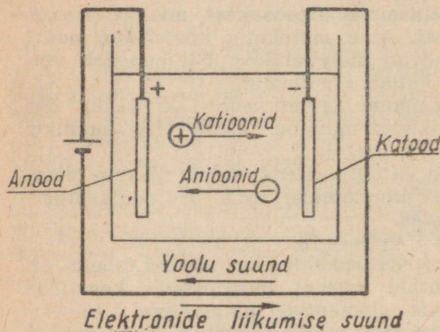
Elektrolüüdi lülitamine vooluahelasse toimub elektrijuhtide abil, mida nimetatakse *elektroodideks*.

Vooluallika positiivse poolusega ühendatud elektroode nimetatakse *anoodideks*, negatiivse poolusega ühendatud elektroode aga *katoodideks*.

Elektrivoolu läbimine elektrolüüdist on põhjustatud lahustatud aine või lahustaja elektriliselt laetud aatomite ja aatomigruppide liikumisest. Neid aatomeid ja grappe nimetatakse *ioonideks*.

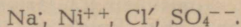
Ioone, mis kannavad positiivseid laenguid katoodile, nimetatakse *katioonideks*, negatiivseid laenguid anoodile kandvaid ioone aga *anioonideks* (joon. 1).

Katioone tähistatakse nende aatomi sümboliga, lisades plussmärgi või punkti, anioone aga aatomi sümbolile miinusmärgi või ülakoma lisamisega.

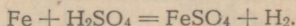


Joon. 1. Elektrokeemiliste terminite illustreerimiseks.

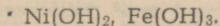
Märkide arv näitab elektrilaengute hulka ja vastab iooni valentsile, näiteks:



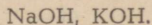
Happeks nimetatakse keemilist ühendit, milles ainsaks katiooniks on vesinik, kusjuures viimane on täielikult või osaliselt võimeline asenduma metalliga. Pärast sellist asendamist tekib sool, näiteks:



Metallide oksüüdide hüdraate nimetatakse *alusteks*, näiteks:



Metallide lahustuvaid hüdraate nimetatakse *leelisteks*, näiteks:



Puhas vesi dissotsieerub H^+ ja OH^- ionideks väga nõrgalt.

Uks gramm-ekvivalent puhast vett sisaldab $\frac{1}{10^7}$ gramm-ekvivalenti H^+ ja $\frac{1}{10^7}$ gramm-ekvivalenti OH^- .

Seda vesinikuioonide kontsentratsiooni suurust tähistatakse leppeliselt mitte murruga, vaid nimetajas oleva kümne astendajaga. Viimast arvu tähistatakse pH ja ta iseloomustab lahuse happesust. Sel viisil tähistatakse puhta vee happesust (pH) arvuga 7.

Happe lisamisel vesinikuioonide kontsentratsioon vees tõuseb ja murru nimetaja aste väheneb, s. o. happeliste lahuste pH on alla seitsme. Sellele vastavalt on leelise lisamisel näitaja pH alati suurem kui seitse.

Elektrolüütide happesuse (pH) määramine. Kõige täpsemaid tulemusi pH mõõtmisel annavad spetsiaalsed mõõteriistad — potentsioomeetrid.

Tsehitingimustes toimub pH mõõtmine sageli komparaatori, spetsiaalsete pliiatsite ja indikaatorpaberite abil.

Esimesel juhul toimub määramine järgmiselt: kolme katseklaasi valatakse 5 ml uuritavat elektrolüüti, kaks katseklaasi asetatakse komparaatori esimese rea äärmistesse pesadesse, kolmandasse katseklaasi lisatakse 1 ml indikaatorit ja asetatakse see komparaatori esimese rea keskmisse pessa. Teise rea keskmisse pessa asetatakse katseklaas destilleeritud veega, ärtele aga pannakse katseklaasid kalorimeetrilise skaala etaloonidega.

Vaadates komparaatorit vastu valgust, valitakse välja elektrolüüdile lisatud indikaatorile vastavad etaloonid ja määratakse pH.

Uuritava lahuse pH väärtuseks võetakse värvuselt samase etalooni pH. Elektrolüütide pH määramiseks komparaatori abil võib kasutada pinnase happesuse määramisel kasutatavat mõõteriista „agronoom“. Tavaliselt tuleb leitud pH väärtusest maha võtta 0,2 ÷ 0,3 (parandus soolale).

Keemilisi ühendeid, mis takistavad elektrolüütide happesuse muutumist ja toetavad sellega nende püsivust, nimetatakse *puhverühenditeks*. Sellisteks ühenditeks on näiteks boorhape nikkelelektrolüüdis, alumiiniumtaevas happelises tsinkimiselektrolüüdis jt.

Voolu tugevuseks nimetatakse elektrihulka, mis voolab läbi juhtme ristlõike ühe sekundi jooksul. Voolu tugevuse ühikuks on amper (A). Amper on elektrihulk, mis kulub 0,001118 g hõbeda väljasadestamiseks hõbedasoola lahusest ühe sekundi jooksul.

Voolu mõõdetakse ampermeetriga, mis lülitatakse vooluahelasse energiatarbijaga (galvaniseerimisvann jt.) järjestikku.

Ampersekundiks (Asec) ehk kuloniks (C) nimetatakse elektrihulga ühikut. See võrdub elektrihulgaga, mis voolab läbi juhtme ühes sekundis, kui vool on 1 A.

Galvanotehnikas kasutatakse suuremat elektrihulga ühikut — *amper-tundi* (Ah), mis võrdub 3600 ampersekundiga.

Elektrilise takistuse ühikuks on võetud 1 mm² ristlõikega ja 106,3 cm pikkuse elavhõbedasamba takistus 0° C juures. Seda suurust nimetatakse oomiks (Ω).

Eritakistuseks nimetatakse 1 mm² ristlõikega ja 1 m pikkuse juhtme takistust.

Iga juhtme takistus arvutatakse valemiga:

$$R = \frac{\rho l}{q},$$

kus R — juhtme takistus oomides;

ρ — eritakistus;

l — juhtme pikkus meetrites;

q — juhtme ristlõige mm².

Pinge ühikuks on volt (V). 1 V on selline pinge, mis tekitab 1 Ω takistusega juhtmes voolu 1 A. Potentsiaalide vahet vooluahela mingisuguse osa otstel ehk, teiste sõnadega, pingelangu sellel osal mõõdetakse voltmeetriga. Voltmeetri klemmid ühendatakse ahela nende punktidega, milledevahelist potentsiaali mõõdetakse.

Alalisvoolu *võimsust* väljendatakse *voltamprites* või *vattides*.

Võimsuse ühikuks on vatt (W). Vatt on 1 A voolu võimsus 1 V pinge puhul.

Vooluallika võimsuse määramine toimub sel teel, et allika klemmidel mõõdetud pinge korrutatakse tema poolt antava vooluga. Nii näiteks 6 V pingega generaatori võimsus 200 A voolu puhul on 1200 W ehk 1,2 kW.

Elektrivoolu poolt tehtava töö ühikuks on džaul (J) ehk vatt-sekund (Wsec). See on elektrivoolu poolt 1 sekundi vältel tehtud töö 1 W võimsuse puhul. Et džaul on väike ühik, mõõdetakse elektrivoolu tööd tehnikas kilovatt-tundides. Üks kilovatt-tund võrdub 3 600 000 džauli. Elektrilised suurused ja nende standardsed tähised on toodud tabelis 25.

Seost voolu, pinge ja takistuse vahel nimetatakse Ohmi seaduseks: vool on võrdeline pingega ja pöördvõrdeline takistusega.

$$I = \frac{E}{R}, \text{ ehk } E = IR, \text{ ehk } R = \frac{E}{I},$$

kus I — vool A;

E — pinge V;

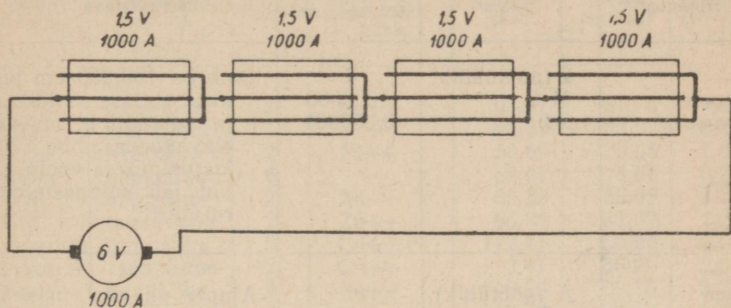
R — takistus Ω.

Ohmi seadus on üheks elektrotehnika põhiseaduseks. Teda kasutatakse laialdaselt galvanotehnilistes arvutustes. Selle seaduse alusel arvutatakse reostaate, voolu ja pinget vooluahela mitmesugustes osades järjestikku- ja paralleelühenduse korral, pingelangu lattidel jm.

Joonistel nr. 2 ja 3 on näidatud generaatori voolu jagunemine galvaniliste vannide järjestikku- ja paralleelühenduse korral.

Vannide järjestikku-ühendusel (joon. 2) läbib kõiki vanne generaatori vool, pinge üksikutel vannidel aga on võrdeline vanni takistusega

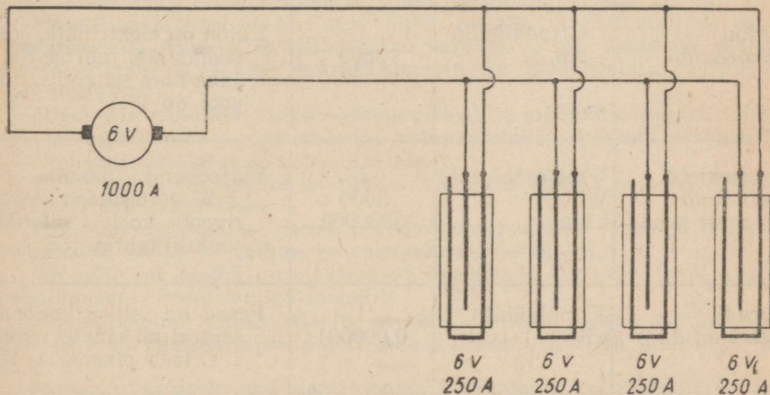
(kui vannide takistused on võrdsed, siis on pingelangud üksikutel vannidel võrdsed); paralleelühenduse korral on pinge kõigil vannidel võrdne generaatori pingega, vool aga jaguneb pöördvõrdeliselt vannide takistusega.



Joon. 2. Vannide järjestikku-ühenduse skeem.

Faraday seaduste kohaselt: 1) *elektrolüüsil eralduva aine hulk on võrdeline vooluga ja elektrolüüsi kestusega, s. o. elektri hulga amper-tundides*; 2) *võrdsete elektri hulcade (ampertundides) laskmisel läbi erinevate elektrolütide on elektrolüüsil eraldunud ainete hulk võrdeline nende ekvivalentkaaludega.*

Selleks, et eraldada katoodil 1 gramm-ekvivalent ainet või viia lahusesse 1 gramm-ekvivalent anoodi ainet, on teoreetiliselt vajalik elektri hulk 96500 Asec ehk 26,8 Ah. Järelikult eraldab elektri hulk 1 Ah $\frac{1\text{g-ekv}}{26,8}$ g ainet. Seda suurust nimetatakse aine elektrokeemiliseks ekvivalentiks.



Joon. 3. Vannide paralleelühenduse skeem.

Elektrilised suurused ja nende tähised
(OCT 515)

Nimetus	Tähis	Suhe põhiühikusse	Definitsioon
Oom Megaoom Mikro-oom	Ω (põhiühik) M Ω $\mu \Omega$	1 1000000 0,000001	Oom on 106,300 cm pikuse ühtlase ristlõikega ja 14,4521 g massiga elavhõbedasamba takistus püsiva voolu puhul jää sulamistemperatuuril
Amper Milliamper Mikroamper	A (põhiühik) mA μA	1 0,001 0,000001	Amper on vool, mis, läbides hõbedanitraadi vesilahust, sadestab ühe sekundi jooksul 0,001118 g hõbedat
Volt Kilovolt Millivolt Mikrovolt	V (põhiühik) kV mV μV	1 1000 0,001 0,000001	Volt on elektriline pingeline ehk elektromotoorne jõud, mis üheoomise takistusega juhtmes tekitab voolu 1 A
Vatt Hektovatt Kilovatt	W (põhiühik) hW kW	1 100 1000	Vatt on konstantse elektrivoolu võimsus, kui vool on 1 A ja pingeline 1 V
Kulon Ampertund	C (põhiühik) Ah	1 3600	Kulon on elektrihulk, mis voolab läbi juhtme ristlõike ühes sekundis, kui vool on 1 A
Vattsekund Vatt-tund Kilovatt-tund	Wsec (põhiühik) Wh kWh	1 3600 3600000	Vattsekund (džaul) on 1 W võimsusega elektrivoolu poolt 1 sekundi jooksul tehtav töö
Farad Mikrofarad	F (põhiühik) μF	1 0,000001	Farad on sellise kondensaatori mahtuvus, mida 1 C laeb pingeni 1 V

Galvanotehnika kasutatavate metallide elektrokeemiliste ekvivalentide teoreetilised arvulised suurused on toodud tabelis 26.

Mõningate metallide elektrokeemilised ekvivalendid

Metalli nimetus	Elektrolüüdi iseloom	Valents	Iooni keemiline tähis	Aatomkaal	Ekvivalentkaal	Elektro-keemiline ekvivalent g/Ah
Vask	happeline	2	Cu ⁺⁺	63,57	31,78	1,186
Vask	tsüaniidne	1	Cu ⁺	63,57	63,57	2,372
Nikkel	happeline	2	Ni ⁺⁺	58,69	29,35	1,095
Kroom	happeline	6		52,01	8,67	0,323
Tsink	happeline	2	Zn ⁺⁺	65,38	32,69	1,220
Tsink	tsüaniidne	2	Zn ⁺⁺	65,38	32,69	1,220
Kadmium	happeline	2	Cd ⁺⁺	112,41	56,20	2,097
Kadmium	tsüaniidne	2	Cd ⁺⁺	112,41	56,20	2,097
Tina	happeline	2	Sn ⁺⁺	118,70	59,35	2,214
Tina	leeline	4		118,70	29,67	1,107
Plii	happeline	2	Pb ⁺⁺	207,22	103,61	3,865
Hõbe	tsüaniidne	1	Ag ⁺	107,88	107,88	4,025
Kuld	tsüaniidne	1	Au ⁺	197,20	197,20	7,357

Tabeli abil on kerge arvutada, kui palju metalli peab elektrolüüsi tagajärjel teoreetiliselt eralduma.

Selleks tuleb läbi elektrolüüdi lastud voolu hulk ampertundides korrutada antud metalli elektrokeemilise ekvivalendiga.

Voolutiheduseks nimetatakse voolu (amprites) elektroodi pinna 1 dm² kohta.

Voolutihedust katoodil tähistatakse D_k , anoodil D_a .

Kasuteguriks voolu järgi nimetatakse faktiliselt eraldunud ainehulga suhet ainehulgasse, mis oleks pidanud eralduma Faraday seaduse kohaselt; kasutegurit voolu järgi väljendatakse protsentides. Kasutegur voolu järgi mitmesuguste elektrolüütide kohta on toodud tabelis 27.

Metalli asetamisel elektrolüüti tekib metalli ja elektrolüüdi vahel potentsiaalide vahe, mida mõõdetakse voltides ja mis omab iga metalli juures eri suurust — seda suurust nimetatakse antud metalli *elektroodi-potentsiaaliks*.

Erisuguste metallide elektroodipotentsiaalide mõõtmine toimub lahustes, mis sisaldavad 1 gramm-iooni antud metalli. Selliseid elektroodipotentsiaale nimetatakse normaalseteks.

Elektroodipotentsiaalide mõõtmisel võetakse nulliks normaalse vesinikelektroodi potentsiaal.

Metallide reastamisel nende normaalpotentsiaalide tõusu järjekorras moodustub elektrokeemiline potentsiaalirida (tabel 28).

Iga selle rea metall on elektrolüüti asetamisel anoodiks igale teisele negatiivsema potentsiaaliga metallile.

Sellest tuleneb tähtis asjaolu, et tsink on raua suhtes katoodiks ja kaitseb seda kattena mitte ainult mehaaniliselt, vaid ka elektrokeemiliselt.

Elektrokeemiliseks polarisatsiooniks nimetatakse elektroodil metalli eraldumisel (või tema lahustumisel voolu toimel) esineva potentsiaali ja välise voolu puudumisel esineva potentsiaali vahet.

Vesiniku eraldumise potentsiaal sõltub katoodi materjalist

Tabel 27

Kasutegur voolu järgi ja erisugustest elektrolüütidest ühe tunni jooksul saadav katte paksus, kui voolutihedus on 1 A/dm²

Metalli nimetus	Elektrolüüdi iseloom	Metalli erikaal	1 Ah poolt teoreetiliselt sadestatav kiht mm	1 Ah poolt praktiliselt sadestatava katte paksus mm	Praktiliselt saadud kasutegur voolu järgi %
Vask	happeline	8,9	0,01333	0,013	98
Vask	tsüaniidne	8,9	0,02660	0,017	65—70
Nikkel	happeline	8,8	0,01244	0,0106	90
Kroom	happeline	7,1	0,00496	0,0006	13—18
Tsink	happeline	7,0	0,01743	0,016	92
Tsink	tsüaniidne	7,0	0,01743	0,012	7,0
Kadmium	happeline	8,6	0,02435	0,023	95
Kadmium	tsüaniidne	8,6	0,02435	0,022	90
Tina	happeline	7,3	0,03033	0,027	90
Tina	leeline	7,3	0,01316	0,013	80
Plii	happeline	11,4	0,03382	0,033	99
Hõbe	tsüaniidne	10,5	0,03830	0,037	98
Kuld	tsüaniidne	19,5	0,33750	0,320	75—95

Tabel 28

Elektrokeemiline potentsiaalirida

Metalli nimetus	Iooni keemiline märk	Normaalpotentsiaal V
Kaalium	K+	-2,92
Naatrium	Na+	-2,71
Tsink	Zn ⁺⁺	-0,76
Kroom	Cr ⁺⁺	-0,56
Raud	Fe ⁺⁺	-0,44
Kadmium	Cd ⁺⁺	-0,40
Nikkel	Ni ⁺⁺	-0,24
Tina	Sn ⁺⁺	-0,14
Plii	Pb ⁺⁺	-0,13
Vesinik	H+	0
Antimon	Sb ⁺⁺⁺	+0,10
Arseen	As ⁺⁺⁺	+0,30
Vask	Cu ⁺⁺	+0,35
Vask	Cu+	+0,52
Hõbe	Ag+	+0,79
Elavhõbe	Hg ⁺⁺	+0,81
Kuld	Au ⁺⁺⁺	+1,38
Kuld	Au+	+1,50

Real juhtumitel (näiteks tsink-, nikkel-, raud- ja mõnedest teistest metallidest katoodide puhul) on vesiniku eraldumine elektrolüüsil ras-
kendatud, sest tema potentsiaal osutub katoodi metalli suhtes elektrili-
selt negatiivsemaks. Sellist vesiniku eraldumispotentsiaali tõusmist
mõningate metallide juures, võrreldes vesiniku eraldumise normaalse
potentsiaaliga, nimetatakse ülepingeaks.

Elektrolüüdi hajutusvõimeks nimetatakse tema omadust sadestada
ühtlase paksusega metallikihti ka keerulise kujuga pindadele.

Sama elektrolüüdi hajutusvõime sõltub katoodpolarisatsiooni suuru-
sest, elektrolüüdi elektrijuhtivusest, voolutihedusest, esemete asendist
rakistes, anoodide kujust ning anoodide ja katoodide (esemete) vaheli-
sest kaugusest.

Galvanosteegias rakendatavad tüüpilised arvutused. Mitmesuguste
galvanotehnikas vajalike arvutuste teostamisel kasutatakse järgmisi
valemeid:

a) sadestusaeg:

$$t = \frac{100 \cdot 60 ad}{D_k C \eta} ;$$

b) katte paksus:

$$a = \frac{D_k C \eta t}{100 \cdot 60 d} ;$$

c) voolutihedus:

$$D_k = \frac{100 \cdot 60 ad}{C \eta t} ;$$

d) kasutegur voolu järgi:

$$\eta = \frac{100 \cdot 60 ad}{D_k C t} \%.$$

Nendes valemities:

- t — sadestusaeg min;
- a — kihi paksus mm;
- D_k — voolutihedus A/dm²;
- η — kasutegur voolu järgi %;
- d — sadestatava metalli erikaal g/cm³ (vt. tabel 27);
- C — sadestatava metalli elektrokeemiline ekvivalent g/Ah (vt.
tabel 26).

Põhimaterjalide iseloomustus on toodud tabelis 29, anoodide iseloo-
mus on toodud tabelis 30.

Põhimaterjalide iseloomustus

Nimetus ja iseloomustus	Kasutusala	Koostis ja TOCT-is lubatud lisandite sisaldus %	Kahjulikud lisandid, mille sisaldus tuleb vastuvõtmiseks kindlaks määrata
Naatriumhüdroksüüd NaOH. Molekulkaal 40,01, erikaal 2,02, vees lahustuvus 15—25° juures 1088 g/l. Taara — 150—200 kg raudvaadid. Su- latatud valge kristalliline mass	Rasvainetest puhasta- miseks, oksüdeerimi- seks, leeliseliseks ti- nutamiseks, tsinkimi- seks, vasetamiseks ja kadmeerimiseks	TOCT 2263-43 järgi sisaldab: NaOH ≥ 92 Na ₂ CO ₃ ≤ 3 NaCl $\leq 1,5$ Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,15$. Sealhulgas rauda, arvuatult ühenditeile: Fe ₂ O ₃ $\leq 0,05$ Na ₂ SiO ₃ $\leq 0,5$ Na ₂ SO ₄ $\leq 0,5$	NaCl, eriti anoodi pu- hastamisel rasvast ja oksüdeerimisel, Na ₂ SiO ₃ galvaanilisel katmisel
Kaaliumhüdroksüüd KOH. Mo- lekulkaal 56,11, erikaal 2,12, vees lahustuvus 1117 g/l. Valge kristalliline mass	Oksüdeerimiseks ja rasvainetest puhasta- miseks	OCT HKTII 3901 kohaselt sisaldab: KOH ≥ 88 K ₂ CO ₃ $\leq 3,5$ KCl $\leq 1,35$ K ₂ CO ₄ $\leq 0,9$ Fe ₂ O ₃ $\leq 0,5$	Kontrollida ainult vaba KOH sisaldust
Kaltsineeritud sooda Na ₂ CO ₃ . Molekulkaal 106,0, erikaal 2,5, lahustuvus 598 g/l. Taara — kotid	Rasvainetest puhastami- seks	TOCT 5100-49 kohaselt: Na ₂ CO ₃ ≥ 98 NaCl ≤ 1 Na ₂ SO ₄ $\leq 0,1$ Kuumutuskadu $\leq 4\%$	Kontrollida ainult Na ₂ CO ₃ sisaldust

<p>Naatriumfosfaat $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Molekulkaal 380,23, erikaal 1,63, lahustuvus vees 95 g/l. Valge pulber. Taara — kotid või tünnid</p>	<p>Iga liiki rasvainetest puhastamiseks ja elektrolüütiliseks fofateerimiseks</p>	<p>ГОСТ 201-41 kohaselt: $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. . . ≥ 95 Kloriide $\leq 0,3$ Sulfaate $\leq 0,8$ Lahustumatu jääk . . . $\leq 0,2$</p>	<p>Elektrofateerimiseks kontrollida kloriidide sisaldust</p>
<p>Tehniline väevelhape H_2SO_4. Molekulkaal 98,08, erikaal 1,84. Taara — raudvaadid või 20 l klaaspudelid vitskorvis</p>	<p>Söövitamiseks, dekapeerimiseks, happeliste elektrolüütide valmistamiseks ja korrigeerimiseks, popeerimiseks</p>	<p>ГОСТ 2184-43 kohaselt: H_2SO_4 $\geq 92,5$ Fe $\leq 0,015$ Cl' $\leq 0,002$ OCT 3573 järgi sisaldab puhas väevelhape lisandite jälgi ja kasutatakse pH korrigeerimiseks</p>	<p>Elektrolüütide korrigeerimisel kontrollida lämmastikoksüüdi puudumist</p>
<p>Tehniline soolhape HCl. Molekulkaal 36,47, erikaal 1,19. Taara — 20 l klaaspudelid lihvitud korgiga, vitskorvis</p>	<p>Söövitamiseks, dekapeerimiseks ja elektrolüüdiks tinutamisel</p>	<p>ГОСТ 1382-42 kohaselt sisaldab: HCl $\geq 27,5$ SO_3 $\leq 0,4$ Fe $\leq 0,03$ As $\leq 0,01$</p>	<p>Tinaelektrolüüdi korrigeerimisel kontrollida Fe sisaldust</p>
<p>Lämmastikhappe (tehniline) HNO_3. Molekulkaal 63,02, erikaal 1,38—1,40. Taara — klaaspudelid või alumiiniumvaadid</p>	<p>Vase ja ta sulamite söövitamiseks, alumiiniumi helestamiseks pärast söövitamist leeliseks</p>	<p>ГОСТ 701-41 järgi: HNO_3 ≥ 96 NO_2 $\leq 0,4$ H_2SO_4 $\leq 0,2$</p>	<p>Alumiiniumi helestamiseks kontrollida H_2SO_4 sisaldust</p>

Tabel 29 järg

Nimetus ja iseloomustus	Kasutusala	Koostis ja GOCT-is lubatud lisandite sisaldus %	Kahjulikud lisandid, mille sisaldus tuleb vastuvõtmiseks kindlaks määrata
<p>Tehniline boorhape A_3BO_3. Molekulkaal 62, erikaal 1,46, vees lahustuvus 15–25° juures kuni 40 g/l. Valged soometaolised kristallid. Taara — puittünnid või kastid</p>	<p>Pliiga katmise, nikeldamis-, tsinkimis- vasetamiselektrolüütide koostamiseks</p>	<p>GOCT 2629-44 järgi: H_3BO_3 $\geq 98,5$ $SO_4^{''}$ $\leq 0,6$ Cl' $\leq 0,2$ Fe $\leq 0,005$</p>	<p>Kontrollida Cl' sisaldust, ümberarvutatult naatriumkloriidile</p>
<p>Tehniline fluorvesinik HF. Molekulkaal 20, erikaal 0,98. Taara — parafiinpurgid</p>	<p>Pliiga katmise ja vasetamiselektrolüüdis, malmi söövitamiseks</p>	<p>GOCT 2567-54 kohaselt: HF ≥ 40 H_2SiF_6 $\leq 0,4$ H_2SO_4 $\leq 0,05$</p>	<p>Pliiga katmise elektrolüüdil kontrollida H_2SO_4 sisaldust</p>
<p>Ortofosforhape H_3PO_4. Molekulkaal 98,04, erikaal 1,475 (65%/o) ja 1,526 (70%/o). Taara — 20 l klaaspudelid</p>	<p>Poleerimiselektrolüütide koostamiseks</p>	<p>OCT 10114-39 kohaselt sisaldab tehniline 1. sordi hape: H_3PO_4 ≥ 70 Sulfaate $\leq 0,25$ Kloriide $\leq 0,05$ Pb $\leq 0,03$ Fe $\leq 0,05$</p>	<p>Kontrollida kloriide ja rauda</p>
<p>Kroomhappe anhütriid CrO_3. Molekulkaal 100,0, erikaal 2,7, lahustuvus külmas vees 625 g/l. Punane kristalne</p>	<p>Kroomimiseks, vase söövitamiseks, vase mahavõtmiseks ja terase poleerimiseks</p>	<p>GOCT 2548-49 järgi: CrO_3 $\geq 99,2$ $SO_4^{''}$ $\leq 0,4$ Cl' $\leq 0,006$</p>	<p>Kroomimisel kontrollida $SO_4^{''}$ ja NO_3' olemasolu</p>

mass. Taara — kuni 100 kg raudvaadid	Tehniline tsinksulfaat $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Molekulkaal 287,6, erikaal 2, lahustuvus vees 20° juures 966 g/l. Valge kristalne pulber. Taara — puitvaadid	Happelises tsinkimiselektrolüüdis	lahustumatuid lisandeid $\leq 0,22$ HNO_3 puudub	Kontrollida FeO sisaldust
Tsinkoksuüd ZnO . Molekulkaal 81,4, erikaal 5,42. Valge pulber. Taara — puitvaadid	Tsüaniid- ja tsinkaatsinkimiselektrolüüdis	—	Kontrollida Pb, Cu jt. raskete metallide sisaldust	
Kadmiumsulfaat $CdSO_4 \cdot \frac{8}{3} H_2O$. Molekulkaal 256,5, erikaal 3,1, lahustuvus 20° juures 400 g/l	Happelises kadmeermiselektrolüüdis	ГОСТ 4456-48 kohaselt „puhas“ sulfaat sisaldab: Cu $\leq 0,01$ Fe $\leq 0,02$ Pb $\leq 0,05$ Zn $\leq 0,02$ Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,01$	Kontrollida Cu ja Pb sisaldust	
Kadmiumoksuüd CdO . Molekulkaal 128,4, erikaal 8,1, vees ja NaOH-s ei lahustu. Pruun pulber	Tsüaniidises kadmeermiselektrolüüdis	—	Kontrollida Cu ja Pb sisaldust	

Tabel 29 järg

Nimetus ja iseloomustus	Kasutusala	Koostis ja FOCT-is lubatud lisandite sisaldus %	Kahjulikud lisandid, mille sisaldus tuleb vastuvõtmiseks kindlaks määrata
<p>Nikkelsulfaat $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Molekulkaal 280,86, erikaal 2, lahustuvus 20° juures 305 g/l. Rohelised kristallid. Taara — puitvaadid</p>	<p>Nikeldamis- ja kadmeerimiselektrolüüdis</p>	<p>FOCT 2665-44 kohaselt sort HC-3 sisaldab: Ni + Co $\geq 20,6$ Zn $\leq 0,001$ Fe $\leq 0,050$ Cu $\leq 0,010$ Pb $\leq 0,005$ Mg $\leq 0,80$ Lahustumatu jääk $\leq 0,150$</p>	<p>Kontrollida Zn, Fe, Cu, Pb, Cl⁻ ja NO₃⁻ sisaldust</p>
<p>Nikkelkloriid $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Molekulkaal 238, erikaal 2,5, lahustuvus 20° juures 610 g/l. Helerohelised kristallid. Taara — puitvaadid</p>	<p>Nikeldamiselektrolüüdis lisakomponendina</p>	<p>FOCT 4038-48 kohaselt sisaldab Ni $\geq 24,5$ Zn, Fe, Cu, Pb kokku $\leq 0,01$ NO₃⁻ $\leq 0,002$</p>	<p>Kontrollida Zn, Fe, Cu, Pb ja NO₃ sisaldust</p>
<p>Vasksulfaat (vasevitriol) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Molekulkaal 250, erikaal 2,3, lahustuvus 20° juures 325 g/l. Sinised kristallid. Taara — puitvaadid</p>	<p>Vasega, valgevasega ja pronksiga katmise elektrolüüdis</p>	<p>FOCT 2142-43 kohaselt sisaldab: CuSO₄ · 5H₂O $\geq 98,2$ Fe $\leq 0,06$ As $\leq 0,015$ H₂SO₄ $\leq 0,25$ Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,1$</p>	<p>Kontrollida Fe ja eriti As sisaldust</p>

Vasksüaniid CuCN. Molekulkaal 89,58. Vees lahustumatu. Taara — raudvaadid	Vasega, valgevasega ja pronksiga katmise elektrolüütides	Sisaldab: CuCN 98 Na ₂ CO ₃ 0,5 Fe 0,1 H ₂ O 1,0	Kontrollida CO ₃ sisaldust
Tinasulfaat SnSO ₄ . Molekulkaal 214,7, lahustuvus 20°C juures 190 g/l	Tinasulfaatelektrolüütis tinutamiseks	Valmistatakse vahetult tsehhis enne vanni laadimist	Kontrollitakse ainult SnSO ₄ kontsentratsiooni
Tinatetrakloriid SnCl ₄ • 5H ₂ O. Molekulkaal 350,5. Valge kristalne mass. Tuntud ka teisel kujul — SnCl ₄ . Värvitu vedelik. Molekulkaal 260,5, erikaal 2,23.	Leeliselises tinutamise elektrolüütis	OCT 5390-21 järgi sisaldab: OCT 176 järgi SnCl ₄ (suitsev Fe ≤ 0,007 OCT 176 järgi SnCl ₄ (suitsev vedelik), mis sisaldab: SnCl ₄ ≤ 99	Kahjulikke lisandeid ei sisalda
Naatriumsetaat CH ₃ COONa • 3H ₂ O. Molekulkaal 136, erikaal 1,68, lahustuvus 20°C juures 150 g/l. Valged kristallid. Taara — puitvaadid	Leeliselises tinutamise elektrolüütis	FOCT 2080-43 kohaselt sisaldab: CH ₃ COONa ≥ 58 Naatriumformiaati ≤ 0,8 Cl' ≤ 0,05 SO ₄ '' ≤ 0,02 Fe puudub	Kahjulikke lisandeid ei sisalda
Naatriumsüaniid NaCN. Molekulkaal 49,01, lahustuvus 20°C juures 600 g/l. Valge pulber. Taara — hermeetiliselt suletavad raudvaadid puitvooderdisega	Vase anoodkapeermiseks ja kõigi tsüaniidelektrolüütide koostamiseks	I sort sisaldab: NaCN ≥ 96,5 Na ₂ CO ₃ ≤ 1,0 NaOH ≤ 0,1 Fe ≤ 0,002 Niiskust ≤ 1,0 Lahustumatuid lisandeid Cl' ≤ 0,1 ≤ 0,1	Kõigil elektrolüütidel kontrollida vaba NaCN ja Na ₂ CO ₃ sisaldust

Tabel 29 järg

Nimetus ja iseloomustus	Kasutusala	Koostis ja GOCT-is lubatud lisandite sisaldus %	Kahjulikud lisandid, mille sisaldus tuleb vastuvõtmiseks kindlaks määrata
Höbenitraat AgNO ₃ . Molekulkaal 169,89, erikaal 4,3. Värvusetud kristallid. Taara — tumedast klaasist purgid	Höbetamiselektrolüütides	GOCT 1277-41 järgi sisaldab: AgNO ₃ ≥ 99,75 HCl toimel sadestumatuid aineid ≤ 0,06 Vees lahustumatuid aineid ≤ 0,01	Kahjulikke lisandeid ei sisalda
Kaaliumjodiid KJ. Molekulkaal 166,01, erikaal 3,11. Värvusetud kristallid. Lahustuvus 20° juures 561 g/l. Taara — klaaspurgid	Tsuaniidivabas nõbetamiselektrolüüdis	GOCT 4232-48 kohaselt sisaldab: KJ ≥ 99,0	Kontrollida kvalitatiivse reaktsiooniga KJ olemasolu
Kaaliumferrotsüaniid (kollane veresool) K ₄ [Fe(CN) ₆] • 3H ₂ O. Molekulkaal 422,3, erikaal 1,93, lahustuvus 20° juures 224 g/l. Helekollased kristallid	Kuldamiselektrolüüdis	GOCT 4207-48 kohaselt sisaldab: K ₄ [Fe(CN) ₆] • 3H ₂ O ≥ 99,0 Cl' ≤ 0,1 SO ⁴ ≤ 0,1 K ₂ SO ₃ ≤ 0,1 Lahustumatuid lisandeid ≤ 0,1	Kontrollida kvalitatiivse reaktsiooniga K ₄ [Fe(CN) ₆] • 3H ₂ O olemasolu
Kaaliumbikromaat K ₂ Cr ₂ O ₇ . Molekulkaal 294,22. Punased kristallid, Taara — puit- või raudvaadid	Vase söövitamiseks ja alumiiniumi oksüüdikile passiiveerimiseks	GOCT 2652-48 kohaselt sisaldab: K ₂ Cr ₂ O ₇ ≥ 98,5 Niiskust ≤ 1 Lahustumatuid lisandeid ≤ 0,15	Analüütiliist kontrolli ei nõua

<p>Kaaliumalumiiniumaarijas $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Molekulkaal 474,5, erikaal 1,65. Värvusetud kristallid. Taara — klaaspurgid</p>	<p>Happelistes tsinkelektrolüütides</p>	<p>OCT 18869-40 kohaselt sisaldab: Veevaba Al_2O_3 $\geq 19,5$ Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,1$</p>	<p>Sama</p>
<p>Tehniline naatriumsulfaat $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Molekulkaal 322,0, erikaal 1,46, lahustuvus 20° juures 428 g/l. Värvusetud kristallid. Taara — puitvaadid</p>	<p>Happeliste elektrolüütide elektrijuhtivuse suurendamiseks</p>	<p>ГОСТ 1363-47 kohaselt sisaldab: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ ≥ 96 Niiskust ≤ 3 Fe $\leq 0,01$ H_2SO_4 vaba $\leq 0,02$ Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,1$</p>	<p>Kontrollida $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ sisaldust</p>
<p>Naatriumsulfit $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$. Molekulkaal 252,18, erikaal 1,56, lahustuvus 20° juures 254 g/l. Värvusetud kristallid. Taara — puitvaadid</p>	<p>Tsüaniidelektrolüüdi vasksulfiti saamiseks</p>	<p>ГОСТ 903-41 järgi sisaldab: $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ ≥ 88 Na_2CO_3 ≤ 4 Fe $\leq 0,1$ Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,1$</p>	<p>Kontrollida $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ sisaldust</p>
<p>Magneesiumsulfaat $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. Molekulkaal 246,5, erikaal 1,68, lahustuvus 20° juures 355 g/l. Valge kristalne pulber. Taara — puitvaadid</p>	<p>Happeliste elektrolüütide juhtivuse suurendamiseks</p>	<p>ГОСТ 4523-48 kohaselt sisaldab: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ $\geq 99,0$</p>	<p>Kontrollida Fe ja Cl' sisaldust</p>

Nimetus ja iseloomustus	Kasutusala	Koostis ja ΓOCT-is lubatud lisandite sisaldus %	Kahjulikud lisandid, mille sisaldus tuleb vastuvõtmiseks kindlaks määrata
<p>Naatriumkloriid NaCl. Molekulkaal 58,5, erikaal 2,1, lahustuvus 20° juures 350 g/l. Peenekristalliline valge pulber</p>	<p>Nikeldamiselektroliidis</p>	<p>ΓOCT 4233-48 kohaselt sisaldab: NaCl ≥ 97,5 Ca ≤ 0,6 Mg ≤ 0,1 Na₂SO₄ ≤ 0,5 Lahustumatuid lisandeid ≤ 0,5</p>	<p>Määrata kvalitatiivselt NaCl olemasolu</p>
<p>Naatriumfluoriid NaF. Molekulkaal 42, erikaal 2,79. Värvusetud kristallid. Taara — klaaspurgid</p>	<p>Läiknikeldamiselektroliidis</p>	<p>ΓOCT 2871-45 kohaselt 1. sort sisaldab: NaF ≥ 84 Na₂SO₄ ≤ 3 Na₂CO₃ ≤ 2 H₂O ≤ 3 Lahustumatut jääki ≤ 10</p>	<p>Kontrollida Na₂CO₃ sisaldust</p>
<p>Naatriumnitraat (naatrium-salpeeter) NaNO₃. Molekulkaal 85,01, erikaal 2,26. Värvusetud kristallid. Taara — kofid või kastid</p>	<p>Mustade metallide oksüdeerimiseks</p>	<p>ΓOCT 828-54 kohaselt sisaldab: NaNO₃ ≥ 99 NaCl ≤ 0,5 NaNO₂ ≤ 0,03 Niiskus ≤ 2,0 Lahustumatuid lisandeid ≤ 0,15</p>	<p>Määrata kvalitatiivselt NO₃ olemasolu</p>

Naatriumnitrit NaNO_2 , Molekulkaal 69,0, erikaal 2,17. Peenekristalliline valge pulber. Taara — puitvaadid

Mustade metallide oksüdeerimiseks

ГОСТ 6194-52 järgi sisaldab:
 NaNO_2 ≥ 98
 NaNO_3 $\leq 1,5$
 Niiskust $\leq 3,0$
 Lahustumatuid lisandeid $\leq 0,1$

Määrata kvalitatiivselt NO_2 olemasolu

T a b e l 30

Anoodide iseloomustus

Nimetus ja iseloomustus	Mõõted mm ¹	Koostis ja ГОСТ-is lubatud lisandite sisaldus %-des	Kontrollimist nõudvad kahjulikud lisandid
<p>Tsinkanoodid. Margid II-0, II-1. Erikaal 7,1. Sulamistemperatuur 419°. Valtsitud. Anoodid peavad olema tasaselt lõigatud ja pragude ning kriimustusteta. Taarata</p>	<p>1 000 × 500 × 5 500 × 500 × 6 900 × 300 × 6 1 000 × 500 × 6 900 × 600 × 6 900 × 120 × 8 900 × 320 × 8 900 × 500 × 8 600 × 120 × 10 450 × 200 × 10 800 × 500 × 10 450 × 200 × 12 700 × 500 × 12</p>	<p>ГОСТ 1180-40 kohaselt sisaldab: Zn $\geq 99,8$ Pb $\leq 0,03$ Fe $\leq 0,07$ Cd $\leq 0,02$ Sn $\leq 0,002$ Cu $\leq 0,002$ As $\leq 0,005$ Sb $\leq 0,005$ Bi $\leq 0,002$ Lisandite üldsisaldus $\leq 0,02$</p>	<p>Kontrollida Cu, As ja Fe sisaldust. Cd sisaldus võib olla piiramatult suur</p>

Nimetus ja iseloomustus	Mõõted mm ¹	Koostis ja ΓOCT-is lubatud lisandite sisaldus %-des	Kontrollimist nõudvad kahjulikud lisandid
Kadmiumanoodid. Margid K-0, K-1. Erikaal 8,6. Sulamistemperatuur 321°. Taara — puitkastid	Pikkus 500, laius 150 ja 300, paksus 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ja 15	ΓOCT 1468-53 järgi sisaldab: Cd ≥ 99,5 Pb ≤ 0,002 Zn ≤ 0,002 Ag ≤ 0,002 As ≤ 0,002	Kontrollida Pb ja As sisaldust
Tinaanoodid. Mark O-1. Erikaal 7,3. Sulamistemperatuur 232°. Tinatoorikud. Taarata	Anoodid valatakse vahetult tsehhis vajalikus suuruses	ΓOCT 860-41 kohaselt sisaldab: Sn ≥ 99,90 S ≤ 0,015 As ≤ 0,015 Pb ≤ 0,04 Cu ≤ 0,01 Bi ≤ 0,01 Si ≤ 0,01	Kontrollida Pb, Cu, As ja S sisaldust
Nikkelanoodid. Mark H-1 (OCT 2132-42). Erikaal 8,8. Anoodide pind peab olema puhas, sile, ilma mõlkide, pragude ja mulideta. Anoodid peavad olema lõõmutatud, söövitatud, siakist ja taarist puhastatud. Taara — kuni 80 kg puitkastid	400 × 100 × 4 400 × 150 × 4 500 × 200 × 4 500 — { 100 × 5 150 × 6 — 600 { 200 × 8 250 × 8 Ovaalsed: 400 × 80 × 35 500 × 80 × 35	ΓOCT 2132-43 kohaselt sisaldab: Ni+Co ≥ 99,5 sealhulgas: Co ≤ 0,6 Fe ≤ 0,25 C ≤ 0,10 S ≤ 0,02 Cu ≤ 0,10 Si jäljed	Hoolikalt kontrollida kahjulikumate lisandite (S ja Cu) sisaldust. Co sisaldus võib olla kuitahes suur

<p>600 × 80 × 35 700 × 80 × 35 1 000 × 80 × 35</p>	<p>Pikkus 500—1000 mm, laius 100—1000 mm, paksus 10—15 mm</p>	<p>ГОСТ 767-41 järgi sisaldab:</p> <p>Cu ≥ 99,7 As ≤ 0,002 Bi ≤ 0,002 Sb ≤ 0,005 Fe ≤ 0,05 Sn ≤ 0,05 Ni ≤ 0,20 Pb ≤ 0,01 S ≤ 0,01</p>	<p>Hoolikalt kontrollida As ja Sb sisaldust. Tšüaniidelektrolüütide) kontrollida lisaks Pb ja Sn sisaldust</p>
<p>Vaskanoovid. Mark M-1. Erikaal 8,9. Anoodide servad peavad olema tasased, pind tasane, pragude- ja kirmeteta</p>	<p>Uldkasutatava koostisega (Cu 65% + Zn 35%) valgevaskanoovid lõigatakse vajalike suurused. Teist-suguse koostisega anoodid valatakse vajalike mõõdetega vormides</p>	<p>Valgevasest Ж-68 anoodid sisaldavad ГОСТ 1019-47 kohaselt:</p> <p>Cu 67—70 Zn 30—33 Ni 0,005 As 0,005 Sn 0,005 Sb 0,005 Pb 0,03 Fe 0,100</p>	<p>Kontrollida Cu ja Zn, lisanditest As, Sb ja Pb sisaldust</p>

Tabel 30 järg

Nimetus ja iseloomustus	Mõõted mm ²	Koostis ja ΓOCT-is lubatud lisandite sisaldus %-des	Kontrollimist nõudvad kahjulikud lisandid
Lahustuvad pliiannoodid pliiga katmiseks, Margid C-1 ja C-2. Erikaal 11,34. Toimetatakse kohale toorikutena	Anoodid lõigatakse või valatakse vahetult tsehhis valts- või känktoorikust	ΓOCT 3778-47. Mark C-2 sisaldab: Pb ≥ 99,97 Ag ≤ 0,002 As ≤ 0,002 Sn ≤ 0,002 Sb ≤ 0,01 Fe ≤ 0,005 Mg ≤ 0,005 Zn ≤ 0,003	Kontrollida Fe ja Sb sisaldust
Lahustumatud pliiantimonanoodid kroomimiseks. Mark CCy2. Kohale toimetatakse 50 kg kaaluga toorikutena	Anoodid lõigatakse või valatakse vahetult tsehhis vajalikus mõõdus ümar- või känktoorikust	ΓOCT 1299-41 kohaselt sisaldab: Pb+Sb ≥ 99,4 Sb 3—6 Cu ≤ 0,3 Zn ≤ 0,05 Muud lisandeid kokku ≤ 0,25	Kontrollida Sb sisaldust

1 Anoodide mõõted on sageli tingitud elektrolüütiliste vannide mõõdetest.

PÕHIMÕISTED METALLIDE KORROSIONIST JA KORROSIONILIIKIDE KLASSIFIKATSIOON

Korrosiooniks nimetatakse metallide või sulamite hävimist väliskeskonna keemilise või elektrokeemilise toime tagajärjel.

Korrodeeruvad kõik metallid ja sulamid, mis ühel või teisel määral puutuvad kokku neid ümbritseva gaasilise või vedela keskkonnaga.

Korrosiooniga kaasub eseme välisilme, värvuse, kaalu ja mehaaniliste omaduste muutumine.

Raua ja malmi roostetamine, vase ja valgevase kattumine roheliste oksüüdidega, valge kirme tekkimine tinal, tsingil ja alumiiniumil, hõbeda, nikli ja teiste metallide ning sulamite tuhmumine kujutavad enesest korrosiooni erikujusid.

Korrosiooni põhjuseks on peamiselt metallide või sulamite pindade keemiline või elektrokeemiline reageerimine õhus leiduvate gaasidega, sealhulgas ka õhuhapnikuga, veega ja selles lahustunud ainetega.

Metalli, eriti raua, malmi ja terase kaod korrosiooni tõttu on väga suured. Olemasolevate andmete kohaselt [4] langeb igal aastal mitmesuguste toodete näol eksploatatsiooni antavast metallist korrosiooni tagajärjel tehnilisest tarbimisest välja ligi üks kolmandik.

Tunduv osa metallurgiatööstuse võimsusest läheb metalli korrosioonikadude katmiseks. Kuid korrosiooni poolt tekitatud kahju ei ole seotud ainult metalli enese kaoga, vaid ka metallkonstruktsioonide hävimisega, mis on tavaliselt tunduvalt suurema väärtusega kui metall, millest nad on valmistatud.

Korrosioonikahjude hulka tuleb kanda ka suured kulutused iga liiki kaitseabinõudele.

Korrosioonikadusid väljendatakse järgmiste näitajate abil:

1. Kaalulised kaod pinnaühikult ühe ajaühiku jooksul

$$K = \frac{g}{Ft} \text{ g/m}^2 \text{ tunnis, g/m}^2 \text{ ööpäevas, g/m}^2 \text{ aastas jne.}$$

kus K — kaalu kadu pinnaühikult ajaühiku jooksul;

g — kaalu kadu kindla perioodi jooksul;

F — pind;

t — aeg, mille jooksul toimus kaalu kaotus.

2. Metalli paksuse keskmine kahanemine ajaühiku jooksul

$$S = \frac{s}{t} \text{ mm tunnis, cm aastas jne.,}$$

kus S — metalli paksuse keskmine kahanemine ajaühiku jooksul;

s — metalli kahanemine kindla perioodi jooksul;

t — aeg, mille jooksul toimus kahanemine.

3. Aeg, mis on vajalik metalli keskmiseks kahanemiseks ühe paksusühiku võrra.

$$T = \frac{t}{s} \text{ ööpäeva mm kohta,}$$

kus T — 1 mm metallikihi keskmiseks kahanemiseks kuluv aeg ööpäevades;

t — metallikihi keskmiseks kahanemiseks kuluv aeg;

s — metalli paksuse keskmine kahanemine vaadeldava või arvutusliku perioodi vältel mm.

Need kolm valemit on omavahel seotud järgmiselt:

$$S = \frac{K}{1000 \gamma}; T = \frac{1}{S} = \frac{1000 \gamma}{K}.$$

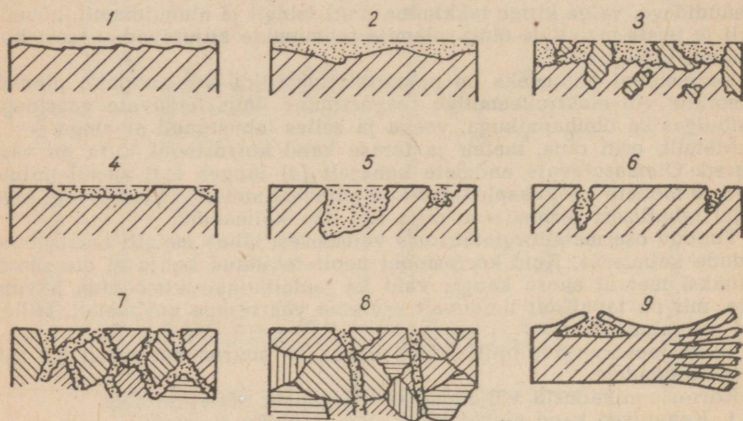
kus γ — metalli erikaal.

Keskonna poolt metallile avaldatava toime iseloomu järgi on korrosiooni põhitüübid ГOCT 5272-50 kohaselt kindlaks määratud järgmiselt:

1. Atmosfääriline korrosioon — metallide korrodeerumine atmosfääris.

2. Gaasiline korrosioon — metallide keemiline korrodeerumine gaasides, tavaliselt kõrgetel temperatuuridel.

3. Vedelikuline korrosioon — metalli korrodeerumine vedelas keskkonnas.



Joon. 4. Metallide korrosiooni liigid:

1—3 — lauskorrosioon; 4—9 — kohalik korrosioon; 1 — ühtlane korrosioon; 2 — ebahütlane korrosioon; 3 — struktuurilis-valiv korrosioon; 4 — laiguline korrosioon; 5 — pesakorrosioon; 6 — punktakorrosioon; 7 — kristallidevaheline korrosioon; 8 — transkristalliitne korrosioon; 9 — pinnalune korrosioon.

Sõltuvalt sellest, millises keskkonnas toimub korrodeerumine, eristatakse merelist, happelist, leeliselist, soolalist jne. korrosiooni.

4. Korrosioon veepiiril (õhu ja vee piirjoonel) — metallide korrodeerumine piirkonnas, kui ese ulatub vette osaliselt.

5. Korrosioon täieliku uputatuse korral — üleni vedelikku asetatud metallide korrodeerumine. Kui keskkonnaks on vesi, kasutatakse nimeüst „veelune korrosioon“.

6. Korrosioon vahelduval uputamisel — metallide korrodeerumine nende vaheldumisi (täielikul või osalisel) vedelikku ja gaasilisse keskkonda (tavaliselt õhku) asetamisel.

Eristatakse järgmisi korrosiooniliike (joon. 4):

1. Lauskorrosioon — kogu korrodeeriva keskkonna mõju all olevat pinda haarav korrosioon.

2. Ühtlane korrosioon — kogu metalli pinna ulatuses ligikaudu ühesuguse kiirusega kulgev korrosioon.

3. Ebahütlane korrosioon — korrosioon, mis metalli pinna mitmesugustes osades kulgeb erineva kiirusega.

4. Kohalik korrosioon — korrosioon, mis haarab vaid metalli pinna mõningaid osi.

5. Pinna-alune korrosioon — kohalik korrosioon, mis algab pinnalt, kuid laieneb peamiselt metalli pealispinna all selliselt, et purustused ja korrosiooniproduktid jäävad teatud piirkondades lokaliseerituiks.

Tavaliselt ei saa korrosioonikollet pinna makroskoopilise (ilma suurenduseta) uurimisega kindlaks teha, kuid see ilmneb alati mikroskoopilisel (tunduva suurendusega) uurimisel. Pinnaalune korrosioon põhjustab metalli pinnal sageli kerkeid ja kihitumist.

6. Punktkorrosioon — kohalik korrosioon üksikute punktide näol.

7. Plekiline korrosioon — kohalik korrosioon üksikute plekkidena.

8. Läviv korrosioon — korrosioon, mis põhjustab metalli hävimist kogu ulatuses.

9. Valiv korrosioon — korrosioon, mis hävitab ainult üht struktuurilist koostisosat või ainult üht sulami komponenti (näiteks valgevases tsinki).

Olenevalt sellest, kas valiva korrosiooni tõttu hävib ainult üks struktuuriline koostisosa või sulami komponent, eristatakse „valivat struktuurilist“ ja „valivat komponendilist“ korrosiooni.

10. Kristallidevaheline korrosioon, mis levib metalli kristallide (terade) piirjooni mööda.

11. Korrosioon pingel all — korrosioon korrodeeriva keskkonna ja pingel ühisel toimel.

Tabel 31

Metallide korrosioonikindluse 10-palline skaala

Püsivusgrupp	Korrodeerumise kiirus mm aastas	Pallid
Täiesti püsivad	alla 0,001	1
Väga püsivad	0,001—0,005	2
	0,005—0,01	3
Püsivad	0,01—0,05	4
	0,05—0,1	5
Alandatud püsivusega	0,2—0,5	6
	0,5—1,0	7
Vähepüsivad	1,0—5,0	8
	5,0—10,0	9
Mittepüsivad	üle 10,0	10

Olenevalt sellest, kas koormus on püsiv või ajutine, eristatakse korrosiooni püsival koormusel ja korrosiooni vahelduval koormusel.

Metallide korrosioonikindlust määratakse ГОСТ-5272-50 kohaselt kümnepallise skaala järgi (tabel 31).

Korrosiooni sügavuse näitajat, millega kümnepallises skaalas väljendatakse korrodeerumise kiirust, mõõdetakse vahetult või arvutatakse ühtlasel korrodeerumise korral kaaluliste näitajate järgi.

Kui korrosiooni sügavus määratakse mm-tes aasta kohta ja kaalu- line näitaja g/m² tunnis, siis ümberarvutamisel kasutatakse valemit:

$$S = \frac{K}{1000 \gamma},$$

kus S — korrodeerumise kiirus mm aastas;

K — kaalukadu g/cm² aastas;
 γ — erikaal.

Kristallidevahelise korrosiooni puhul ei saa skaalat kasutada.
 Korrosioonikindluse „jämedamal“ hindamisel tuleb juhinduda püsivusgruppidest, täpsemal hindamisel pallidest. Mõningate metallide püsivus mitmesugustes keskkondades on toodud tabelis 32.

Tabel 32

Mõnede metallide püsivus mitmesugustes keskkondades

Metall või sulam	Niiske õhk, mis ei sisalda sooli	Merevesi, neutraalsete kloorisoolade lahused	Naatriumhüdrosüüdid		Väävelhape		Soolhape		Lämmastikhape	
			Külm	Kuum	Külm	Kuum	Külm	Kuum	Külm	Kuum
Süsinikteras	2	2	4	4	1	1	1	1	1	1
Roostekindel teras	4	4	4	4	2	2	2	2	4	2
Alumiinium	3	2	1	1	2	1	1	1	3	3
Tinapronks	3	3	3	2	2	1	2	1	1	1
Alumiiniumpronks	4	4	3	3	2	1	2	1	1	1
Nikkel	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1
Kroom	4	4	3	2	2	1	2	1	1	1
Kadmium	4	4	3	2	1	1	1	1	1	1
Tsink	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Vask	2	2	4	3	2	1	2	1	1	1
Valgevask	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1
Plii	4	3	2	1	4	3	3	2	1	1
Tina	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1
Hõbe	4	4	4	4	4	3	4	3	2	1
Kuld	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Platina	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tingmärgid: 1 — laguneb või lahustub; 2 — korrodeerub; 3 — korrodeerub aeglaselt; 4 — antud keskkonnas on püsiv.

Teine peatükk

METALLIDE KAITSEKATETE LIIGID JA NENDE ISELOOMUSTUS

Kaitse korrosiooni vastu on mustade metallide — raua, malmi ja terase — jaoks erakordselt suure tähtsusega. Need metallid on tehnikas ja igapäevases elus levinud kõige laialdasemalt, kuid korrodeeruvad oma füüsikalis-keemiliste omaduste tõttu kõige rohkem. Rida värvilisi metalle ja sulameid, nagu alumiinium, magneesium, vask, pronks, valgevask ja teised, korrodeeruvad samuti, kuid tunduvalt vähemal määral kui mustad metallid. Seepärast kaitstakse ka neid mõnikord püsivamatest metallidest kaitsekattega, värvitute või värviliste lakkidega, samuti oksüdeeritakse ja passiveeritakse.

Iga kate, mis takistab gaaside ja vedelike tungimist metalli pinnale, kaitseb seda pinda korrosiooni eest.

Metallide kaitseks kasutatakse lakk-, värv-, oksüüd-fosfaat- ja metallkatteid.

Metallkatteid kantakse pinnale galvaaniliselt, sulametallisse kastmise teel, difusioonmeetodil, metalli pihustamise abil jne.

Lakk- ja värvkatted. Metalli pinnale kantakse mehaaniliselt laki- või värvikile.

Moodustuv kate kaitseb (isoleerib) metalli pinda mehaaniliselt väliskeskonna korrodeeriva toime eest.

Enamasti viiakse värvide ja lakkide koosseisu aineid, mis avaldavad metallile passiveerivat toimet ja tõhustavad kaitset korrosiooni eest.

Lakk- ja värvkatted on heade korrosioonivastaste omadustega ja neid saab kanda mistahes mõõdetega pindadele, nad on teistest katetest odavamad, kergesti uuendatavad ja võimaldavad anda esemele meeldivat, mis tahes värvilist välisilmet [6].

Lakk- ja värvkatteid ei saa kasutada: a) hõõrduvatel pindadel, b) toodetel, millele mõjuvad suured mehaanilised jõud, c) toodetel, mis töötavad temperatuuril üle 300—400°, d) juhtumil, kui tuleb kinni pidada täpsetest tolerantsidest ja istudest.

Oksüüd- ja fosfaatkatted. Oksüdeerimine ja fosfateerimine seisab anorgaanilise kaitsekile loomises metalli pinnal toodete keemilise või elektrokeemilise töötlemise teel spetsiaalsetes lahustes.

Nende katmisviiside hulka kuuluvad: terase ja malmi oksüdeerimine ja fosfateerimine, vase ja vasesulamite, tsingi ja tsingisulamite, tina, alumiiniumi ja alumiiniumisulamite oksüdeerimine.

Rauale, malmile ja terasele pealekantud oksüüdi- ja fosfaadikiled on mehaaniliselt võrdlemisi nõrgad.

Oksüüdikile korrosioonikindlus ei ole suur, kuid seda saab tõsta pealispinna lakkimise abil.

Fosfaadikile ei oma dekoratiivset tähtsust ja see kaitseb rauda (terast) korrosiooni eest pärast katmist spetsiaalse määrd, värvi või lakiga. Tavaliselt kasutatakse fosfateerimist vaheastmena enne lakkimist ja värvimist.

Galvaanilised kattid. Galvaanilisel katmisel kantakse teisest metallist õhuke kiht elektrolüütiliselt vastava metallisoola lahusest metalltoote pinnale.

Selle meetodi eelisteks on: väiksem metallikulu; võrreldes metallitamisega sulametallisse kastmise teel; saadava sadestise kõrge kvaliteet; kattemetalli kindel liitumine põhimetalliga ja võimalus katte paksuse reguleerimiseks.

Laialdaselt kasutatakse galvaanilist katmist tsingi, kadmiumi, vase, nikli, kroomi, tina, hõbeda ja teiste metallidega.

Selle meetodi puudusteks on suured kapitalikulutused, ja samuti see, et ei ole võimalik katta suuri esemeid. Galvaanilised kattid on metallide kaitsmise tehnikas kõige rohkem levinud.

Katmine sulametallisse kastmise teel toimub vannis, mis sisaldab madala sulamistemperatuuriga (tina, tsink, plii) sulametalli.

Selle meetodi positiivseteks külgedeks on: teenindamise lihtsus, kõrge tootlikkus ja katte kõrge kvaliteet; meetodi negatiivsete külgede hulka kuuluvad: suured metallikad põlemise tõttu, kihi paksuse reguleerimine on raske, ei saa katta keerulise konfiguratsiooniga tooteid ja keermetatud või väikeste avadega detaile.

Difusioonkattid. See katmisviis põhineb kattemetalli difundeerumisel kõrge temperatuuril mingist metallist või sulamist toote pindkihti.

Difusioonkatmine toimub toote kuumutamise teel kattematerjali pulbris, mille tagajärjel toote pinnale tekib raua ja kattematerjali sulami kiht.

Difusioonmeetod on võrdlemisi vähe levinud, kuid mõnikord on tema kasutamise hädavajalik (terastoodete katmisel alumiiniumiga terase kaitsmiseks korrosiooni eest kõrgetel temperatuuridel). Kasutatakse difusioonkatmist tsingiga, kroomiga, alumiiniumiga, räniga jne. eseme pinna korrosioonikindluse, tugevuse või kuumuskindluse tõstmiseks.

Selle meetodi eeliseks on võimalus katta rea elementidega (alumiinium, räni jt.), mis ühegi teise meetodiga ei ole võimalik. Puuduseks on vajadus kasutada kõrgeid temperatuure ja spetsiaalseid seadmeid.

Metalliseerimine pihustamise teel. Sel juhul sulatatakse kattemetall (alumiinium, tsink, teras jt.) atsetüleeni või mõne teise põlevgaasi leegi või kaarleegi abil ja pihustatakse tugeva suruõhu või gaasijoa abil varem ettevalmistatud metall- või mittemetalltoodete pinnale. Metalliseerimisel kasutatakse kattematerjalina alumiiniumi, tsinki, pliid, vaske, valgevaske, pronksi ja terast (sealhulgas roostekindlat); erandjuhtudel kadmiumi, tina ja niklit.

Ainult korrosiooni vastu kaitsmiseks kasutatakse tsink-, alumiinium- ja harvemini pliiakatteid.

Selle meetodi puudusteks on katte väiksem tihedus, võrreldes teiste meetodite abil saadud katetega, mõnikord katte mitteküllaldane liitumine põhimetalliga ning tunduv ebatootlik metallikulu pihustamisel (25% ja üle selle).

GALVAANILISTE KATETE KAITSEOMADUSED

Malmist, terasest ja teistest metallidest ning sulamitest toodete kaitsmine korrosiooni eest ja nende välisilme (dekoratiivsuse) parandamine galvaanilise katmise meetodil on viimasel ajal levinud õige laialdaselt ja on üheks tähtsamaks meetodiks korrosiooni vastu võitlemisel.

Galvaanilised katted jagunevad *kaitsekateteks*, kui katmise eesmärgiks on vaid kaitse korrosiooni vastu, ja *kaitse-dekoratiivkateteks*, mis annavad tootele ka dekoratiivse välimuse.

Kaitsva toime järgi liigitatakse metallkatted anood- ja katoodkateteks [6].

Anoodkatted kaitsevad metalltooteid elektrokeemiliselt. Pooride või paljastunud kohtade olemasolul katte ja põhimetalli vahel tekib elektroolüüdi (niiske keskkonna) juuresolekul galvaaniline paar, milles katte-metall muutub anoodiks ja lahustub, kaitstes sellega põhimetalli korrosiooni eest.

Raua, malmi ja terase anoodkatete hulka kuuluvad tsink atmosfääritingimustes, kadmium nõrgas soolhappes ja merevees ning tina mõningates orgaanilistes hapetes.

Anoodkatete poorsus kiirendab nende lahustumist ja lühendab nende tööiga, kuid ei alanda kaitsevõimet.

Katoodkatete kaitsetoime on ainult mehaaniline ja seisab toote pinna isoleerimises korrodeeriva keskkonna toime eest.

Suure hulga pooride, vigastatud või paljastunud kohtade olemasolul katoodkattes kaob selliste katete kaitsetoime. Toodete asumisel raskeis töötingimustes või lohakal säilitamisel (niiskuse, gaaside, tolmu jne. mõju all) tugevneb ja kiireneb nende hävimine korrosiooni tagajärjel.

Katoodkatmistele hulka kuuluvad: nikeldamine, kroomimine, hõbetamine, katmine pliiga, vasetamine, kuldamine, tinutamine (töötamisel hariliketes tingimustes).

Galvaaniliste katete liigi ja paksuse valik. Katte tüübi, kihi paksuse ning katmisviisi valikul tuleb juhinduda järgmistest standardidest (ГОСТ), mis arvestavad toodete ülesannet, nende eksploatatsioonitingimusi, katete omadusi jne.

Nikkel- ja mitmekihilised katted terastoodetel (ГОСТ-3002-45). Standard kehtib galvaaniliste nikkel- ja mitmekihiliste (vask-, nikkel-, kroom-) katete kohta, mis kantakse terastoodete pinnale nende kaitsmiseks korrosiooni eest ja nendele vajaliku välisilme (lääkiva või mati) andmiseks.

I. Klassifikatsioon. 1. Olenevalt töötingimustest on kindlaks määratud järgmised katete rühmad.

a) Rühm ЖС — kergetes tingimustes töötavatele toodetele, mis alluvad atmosfääri mõjudele kinnistes, võrdlemisi kuivades köetavates ruumides, kus ei sisaldu liigselt küttegaase.

b) Rühm СС — keskmistes tingimustes töötavatele toodetele. Siia kuuluvad katted toodetele, mis asuvad tavalisel hulgal tööstuslikke gaase või merevett sisaldavas välisatmosfääris.

c) Rühm ЖС — rasketes tingimustes töötavad tooted. Siia rühma kuuluvad katted toodetele, mis töötavad samasugustes tingimustes kui rühma СС kuuluvate toodete katted, kuid mis lisaks sellele kuuluvad mehaaniliselt tolmu, pori või sagedase käsitsemise tagajärjel.

Märkus. Rühmade tähistes esimesed tähed Ж, С, Ж iseloomustavad toote töötingimusi, teine täht (С) — toote materjali (teras).

II. Tehnilised tingimused. 2. Lõplikult valminud toodete kattekihi minimaalsed paksused peavad olema järgmised.

Töötingimused	Katte- rühma tähis	Katte minimaalne paksus μ			Keskmine arvutuslik kroom- katte paksus μ
		Nikkel- katte ilma aluskihita	Mitmekihilised: vask+nikkel või nikkel +vask+nikkel		
			summaarne	ülemine niklikiht	
Kerged	JC	12	15	5	1
Keskmiised . . .	CC	24	30	10	1
Rasked	ЖС	36	45	15	1

Märkused. 1. Vajaduse korral, kui seda nõuavad konstruktiivsed kaalutlused, võib katte paksust vähendada alla vastava katterühma normi. 2. Nikkel- või mitmekihiliste (vask + nikkel või nikkel + vask + nikkel) katete kasutamine otsustatakse tootmises igal juhtumil eraldi, olenevalt toote töötingimustest. 3. Kroomkatteid kasutatakse juhtumitel, kui soovitatakse nikeldatud pinda hoida läikivana pikema aja vältel.

3. Katmisele kuuluv terase pind peab olema küllaldasel määral vaba katte kaitsevõimele ja lõplikule viimistlusele kahjulikult mõjuvatest defektidest. Ta mehaaniline ja keemiline töötlus peab olema selline, mis on vajalik nõutavate kaitseomaduste ja välise ilmega katte saamiseks.

4. Katted peavad olema töödeldud läikivaks või matiks, vastavalt vajadusele, ja peavad hästi liituma põhimaterjalidega. Nendes ei tohi olla mullikesi, pragusid, mõlke, kriimustusi, eralduva vesiniku mullikeste poolt tekitatud ning teisi katete kaitsevõimet ja välisilmet halvendavaid defekte.

III. Vastuvõtmise kord. Katsetamise ja markeerimise meetodid.

5. Kaetud tooted võetakse valmistajatehase tehnilise kontrolli osakonna (TKO) poolt vastu tükiviisi. Kontroll toimub välise vaatluse teel, vastavalt käesoleva standardi p. 4 nõudele.

6. Vask- ja nikkelkatete kihi paksuse kontrollimine toimub GOCT 2997-45 — „Galvaaniliste vaskkatete paksuse keemilise kontrollimise meetodid“ — ja GOCT 3003-45 — „Galvaaniliste nikkelkatete paksuse keemilise kontrollimise meetodid“ — järgi.

Kroomkatte kihi paksust ei kontrollita.

Katte paksuse kontrolli läbivate toodete hulk määratakse kindlaks valmistajatehase tehnilistes tingimustes, olenevalt kaetavate toodete tüübist ja hulgast.

7. Toodete katmisele kuuluvad pinnad tähistatakse joonistel rühma tähise, katte minimaalse paksuse ja liigiga, näiteks: JC-15 — vask + nikkel.

Erimärkused GOCT 3002-45 juurde.

1. Vase ja tema sulamite (valgevask, pronks) vahetel nikeldamisel peab niklikihi minimaalne paksus olema järgmine:

Rühm JC — 5 μ
 „ CC — 10 μ
 „ ЖС — 15 μ

2. Malmi mitmekihilisel katmisel peab esimese vase- või niklikihi paksus olema 50% võrra suurem tavalisest.

3. Eksploaatatsiooniprotsessis mehaanilistele mõjudele alluvate toodete (käsipuud, käepidemed, mootorrataste pedaalid, tüürrataste käepidemed jms.) kroomikihi paksust võib suurendada 2—3 μ -ni.

4. Mitmekihiliste läikivate katete kasutamisel (nikkel + vask + nikkel + kroom) vahepealse vase poleerimise ja nikli läikpoleerimise korral on soovitav ühekordseks poleerimiseks anda järgmine varu:

Vasega katmisel, kui kihi üldpaksus on kuni 25 μ — 3 kuni 5 μ	
" " " " " " " " 40 μ — 5 kuni 7 μ	
Nikliga " " " " " " " " 15 μ — 2 kuni 3 μ	

Väga keerulise konfiguratsiooniga (profiiliga) detailide poleerimisvaru määratakse igal juhtumil eraldi.

Tsinkkatted terastoodetel (ГОСТ 2249-43). Standard hõlmab terastoodete pinna korrosiooni eest kaitsmiseks kasutatavaid galvaanilisi tsinkkatteid.

Märkus. Käesolev standard ei kehti sõjalaevaehituse kohta.

I. *Klassifikatsioon.* 1. Olenevalt toote töötingimustest (atmosfääri mõjud, eksploaatatsiooni kestus) jagatakse katted kolme rühma järgmiselt.

a) Rühm JC — kergetes tingimustes töötavatele toodetele. Sellesse rühma kuuluvad katted toodetele, mis asuvad kinniste, võrdlemisi kuivade köetavate ruumide atmosfääris, kus ei sisaldu küttegaase, või välisatmosfääris, kus ei sisaldu tööstuslikke gaase, merevett ega teisi aktiivseid korrosiooniagente; seejuures peab toote eksploaatatsiooni või hoidmise kestus olema lühiajaline.

b) Rühm CC — keskmistes tingimustes töötavatele toodetele. Sellesse rühma kuuluvad tavalise niiskusega, vähesel määral tööstuslikke ja küttegaase või merevett sisaldava atmosfääri mõju all olevate toodete katted.

c) Rühm JC — rasketes tingimustes töötavatele toodetele. Sellesse rühma kuuluvad katted toodetele, mis asuvad tööstuslikke ja küttegaase, tolmu, keemiliselt aktiivseid aineid või merevett sisaldavas või ka kõrgendatud niiskusega ja muutliku temperatuuriga atmosfääris.

Märkus. Tähed J, C, JC rühma tähistes iseloomustavad toote töötingimust, täht C — toote materjali (teras).

II. Tehnilised tingimused.

2. Kattekihi minimaalne paksus peab olema järgmine:

rühm JC — 0,007 mm
" CC — 0,015 "
" JC — 0,030 "

Märkus. Katte paksust võib vähendada alla vastava katterühma normi, kui seda nõuavad konstruktiivsed kaalutlused, või kui toode, olenemata katted, on arvestatud vähem kui 5-aastaseks töötamiseks.

3. Toodete tsinkimisele kuuluvad pinnad tähistatakse joonistel arvuga, mis näitab katte minimaalset paksust mikronites (näiteks 7-0II).

4. Kaetavad pinnad peavad olema pragudeta, õhumullideta, neile ei tohi olla kleepunud tahkeid mehaanilisi osakesi, rasvu, õlisid, roostet ega tagi.

5. Kate peab olema peale kantud ühtlase ja tiheda kihina. Ta peab kindlalt liituma põhimetalli pinnaga.

6. Kattes ei tohi olla mulle, pragusid ega muhke.

Katte pinnal ei tohi olla käsnaatolisi moodustisi.

Märkus. Katte pinnal võib olla kohaliku iseloomuga tumedaid plekke (näiteks veejäljed või plekid pärast töötlemist kromaatsetes või teistes passiiveerivates lahustes), mis ei ole tingitud korrosioonist.

III. *Vastuvõtmise kord ja katsetamise viisid.* 7. Tsingitud tooted võetakse vastu valmistajatehase tehnilise kontrolli osakonna (TKO) poolt tükiviisi ja kontrollitakse palja silmaga välise vaatluse teel.

8. Katte ja põhimetalli liitumise tugevuse katsetamise meetod ja selleks vajalik proovikehade hulk määratakse täiendavate tehniliste tingimustega.

9. Kattekihi paksuse kontrollimine toimub vastavalt standardile „Galvaaniliste tsinkkatete paksuse keemilise kontrolli meetodid“.

Metalsed kaitse- ja dekoratiivkatted laevaehituses (tüübid ja kasutamine) (ГОСТ 4490-48). Standard annab detailide ja toodete korrosiooni eest kaitsmiseks ning nendele meeldiva välisilme (läikiva või tuhmi) andmiseks laevaehituses kasutatavate metallkatete tüübid ja iseloomustuse.

Standard on ette nähtud metallkatte ja katmisviisi valikuks, sõltuvalt toote ülesandest, töötingimustest ja katte omadustest.

Märkus. Standard ei kehti laevaehituses kasutatavate spetsiaalsete aparaatide ja elektrotehniliste toodete kohta.

2. Katteid kasutatakse:

a) alljärgnevas tabelis toodud korrodeerivate tegurite mõju tingimustes töötavatele detailidele;

b) detailidele, mille pinnad ei allu mehaanilistele mõjudele, või alluvad nii vähesel määral, et see ei põhjusta märgatavat kulumist kätega haaramise, kaltsudega hõõrumise, väikestest koormustest põhjustatud kokkupuutuvate pindade hõõrdumise jne. tagajärjel.

Märkus. Vahetult merevee mõju all olevaid detaile metalliga katta ei soovitata.

3. Katted jagatakse vastavalt nende ülesandele kaitse- ja kaitse-dekoratiivkattedeks.

Kattemetalli järgi liigitatakse katted järgmiselt:

a) kroomkatted — mitmekihiliste katete väliskihid;

b) nikkelkatted — mitmekihiliste katete väliskihid või iseseisvad katted;

c) tsinkkatted — iseseisvad katted;

d) kadmiumkatted — " "

e) tinakatted — " "

f) pliikatted — " "

Märkused. 1. Teiste metallidega võib katta vastavalt tehnilistele erinõuetele. 2. Nikkelkatteid kasutatakse ainult neil juhtudel, kui detailide konfiguratsiooni keerukus või teised tehnilised takistused ei võimalda rahuldava kvaliteediga kroomkatete saamist.

4. Katmine on lubatav:

a) elektrokeemiliselt;

b) sulametallisse kastmise teel;

c) sulametalli pihustamisega.

5. Rühmade töötingimused on järgmised.

Rühm	Kaetud toodete töötingimuste iseloomustus
Ж (rasked tingimused)	Tootele mõjub mere- või magedat vett sisaldav välisatmosfäär, juhuslikku toimet avaldavad sademed ja mere- või mageda vee pritsmed. Ööpäeva temperatuuri järskudel muutustel kondenseerub toodetele niiskus.
C ₁ (keskmised tingimused)	Tootele mõjub halvastiköetavate ja halvastiventileeritavate niiskete (suhteline niiskus 80—100%) ruumide õhk, kusjuures toodetele võib juhuslikult kondenseeruda niiskus ja õhus võib leiduda põlemisprodukte.
C ₂ (keskmised tingimused)	Õhu toime laevadele asetatud ja väliskeskkonnast isoleeritud toodetele ja mehhanismide detailidele. On võimalik vähene niiskuse kondenseerumine toodetele ja detailidele järskude ööpäevaste temperatuurimuutuste korral.
Л (kergeid tingimused)	Õhu toime köetavates ja hästiventileeritavates ruumides asuvatele toodetele, kusjuures õhu suhteline niiskus ei ületa 80—90% (niiskuse kondenseerumist ei esine).
B (vesi)	Lõodusliku kalkusega mageda vee toime.
П (toit)	Toiduainete toime.
K (hape)	Väävelhappe ja selle aurude toime.

6. Katte valik, sõltuvalt ülesandest, töötingimustest ja kattele esitatavatest erinõuetest, toimub vastavalt tabelite 33, 34 ja 35 andmetele.

7. Kaitse- ja dekoratiivkatete iseloomustus.

Märkused. 1. Katte eeskujuliku püsivuse all mõistetakse tema välisilme mittemuutumist korrodeeriva keskkonna toimel. Katte hea püsivus tähendab seda, et ta tumeneb korrodeeriva keskkonna toimel, kuid edasist hävimist ei esine. Rahuldav püsivus tähendab, et kate korrodeeriva keskkonna toimel korrodeerub, kuid väga aeglaselt. Need määrangud kehtivad eeldusel, et põhimetall ei korrodeeru. 2. Kattekihi paksus (kihtide üldpaksus) määratakse tehniliste tingimuste või tööjooniste põhjal. 3. Pliikatte püsivus on toodud tööks raskest tingimustes (rühm Ж).

Katte valikul tuleb arvestada mitte ainult toodete eksploatatsiooni-tingimusi, vaid ka nendega kokkupuutuvate materjalide mõju [6].

Niiskes keskkonnas kondenseerub tootele lahustunud sooli ja gaase sisaldav niiskus.

Katte tüüp	Katte välisilme	Pinna mehaaniline ettevalmistus enne katmist	Katmisviis	Püsivus enamlevinud töötin- mustes (Ca)	Katte kaitsevõime enamlevinud töötin- gimustes (Ca)	Katte orienteeriv paksus μ	Katte kõvadus HB	Katte eriomadused
Läikiv kroom- kate. Mütmehihiline kate kroom- väliskihiga	Läikiv, sinaka varjundiga valge	Põhismetall lihv- vitakse ja poleeritakse, aluskiht po- leeritakse lääkivaks	Elektrokee- miline	Väga hea	Küllaldase üld- paksuse juu- res hea. Vigastatud kattega osa- des toimub metalli kor- rodeerumine intensiivse- malt	Üldpaksus mustade me- tallide puhul 40—60 (kroomi pak- sus 2—3). Vase ja vase- sulamite pu- hul on katte paksus 20—25	Kroom 600—800 Nikkel 120—150 Vask 80—100	1) Keerulise konfi- guratsiooniga de- tallide katmine on raskendatud. 2) Kroomikiht kaitseb katet tuhumise eest kõigil töotingi- mustel, välja ar- vatud väävel- happe toime
Mütmehihiline tuhm kroom- kate kroom- väliskihiga	Tuhm, sinaka varjundiga valge	Põhismetall söö- vitatakse eri- meetodil või puhastatak- se liivajoaiga	Sama	Sama	Sama	Sama	Sama	Sama
Läikiv nikkel- kate, nikkel- väliskihiga	Läikiv, valge	Põhismetall lihv- vitakse ja poleeritakse, aluskiht po- leeritakse lääkivaks	Sama	Hea	Sama	Üldpaksus mustade me- tallide puhul 40—60. ja värviliste metallide puhul 15—20	Nikkel 120—150 Vask 50—100	Vt. märkus 2 käes- oleva standardi §3 juures

Tuhm, mitmekihiline kate nikkel-väliskihiga	Tuhm, valge	Põhimetall söövitatakse erimeetodil või puhutakse liivajoaga matiks	Sama	Sama	Sama	Sama	Sama	Sama	Sama
Elektrolüütiline tsinkkate	Sile, helehall	Puhastamine liivajoaga	Sama	Rahuldav, kate tumeneb aja jooksul	Võrdeline kate paksub. Väikeste katte vigastuste kohalt põhimetal ei korrodeeru	30—50	50—60	1) Happelistes vannides katmine ei kõlba keerulise konfiguratsiooniga või keevisõmbulisi omavahete detailide puhul. 2) Tsüaniid- ja tsinkaatvannides saadakse läikivad katted	Sama
Kadmiumkatted	Sile, valge	Ei ole nõutav	Sama	Hea	Sama	30—40	20—30	Kate kaitses hästi merevee toime eest. (Tuleb arvestada kadmiumi ja ta soolade deformatsust)	Sama

Katte tüüp	Katte välisilme	Pinna mehaaniline ettevalmistus enne katmist	Katmisviis	Püsivus enamlevinud töötütingimustes (C ₁)	Katte kaitsevõime enamlevinud töötütingimustes (C ₁)	Katte orienteeriv paksus μ	Katte kõvarlus H _B	Katte eriomadused
Tinakatted	Sile, valge	Puhastamine liivajõaga või puhastamine teras- harjaga	Elektro- lüttiline või kat- mine su- latinaga	Sama	Küllaldase ki- hipaksuse korral hea. Põhimetall korrodeerub vigastatud kattega koh- tadel	20—30	12—20	Kate kaitseb me- talle hästi tol- duainete toime eest. (Tuleb ar- vestada, et tina ja ta soolad on kallid ning de- fitsiitsed)
Pliikatted	Sile, helehall	Ei ole nõutav	Elektro- lüttiline	Hea. Kate tuh- mub aja- jooksul	Küllaldase kat- tekihi korral hea. Põhimetall korrodeerub vigastatud kattega koh- tadel	50—8	4—7	Kate on püsiv vää- velhappele ja ta aurudele

Nendes tingimustes võivad kokkupuutuvad detailid moodustada galvaanilisi paare, mis kutsuvad esile korrosiooni tugevnemise; seejuures anoodiks olev metall hävib kiiresti.

Kui ebasoodsate paaride kasutamine on möödapääsematu, tuleb konaktis olevad detailid katta anoodse kaitsekattega (tsink, kadmium).

Kui kaitsekaitmine ei ole võimalik, tuleb kokkupuutuvate detailide vahele panna isoleerainest või metalseid vahelehed, mis nõrgendavad või hävitavad galvaanilise paari toime.

Selliste vahelehtedena võib kasutada: a) laki-, värvi-, õli- jne. kihti; b) oksüüdi- või fosfaadikihti; c) kummit, asbesti, viniplasti või teisi isoleermaterjale; g) tsink-, kadmium- või muid metall-lehekesi.

Mitmekihilised katted. Galvaaniliselt sadestatud metallide poorsuse kahjuliku mõju kõrvaldamiseks (poorsus alandab katte kaitseväärtust) kasutatakse galvanosteesias mitmekihilist katmist mitme metalliga (näiteks vask — nikkel — kroom).

Vahelduvate kihtidega katted annavad parima kaitse korrosiooni vastu.

Mitmekihilisi katteid saadakse mitmel meetodil: ühe meetodi puhul koosneb kate ühest kihist niklist, selle peal happelises vasevannis saadud vasekihist, kolmas kiht on jälle nikkel ja kõige peal on õhuke kiht kroomi.

Teise meetodi kasutamisel sadestatakse algul vask vasktsüaniid-elektrolüüdist, sellele sadestatakse nikkelkate ja õhuke kiht kroomi. Sageli kantakse vasktsüaniidelektrolüüdist sadestatud vasele paks kiht vaske happelisest vaseamalektrolüüdist ja pärast poleerimist kantakse peale niklikiht ning õhuke kiht kroomi. Isegi õhukese (1—2 μ) kroonikihi katmine kaitseb hästi mehaanilise kulumise eest ja tõstab vasknikkelkatte kaitsevõimet.

Tabelis 37 on toodud kaitse-dekoratiivkatted, mis kaetava metalliga kindla liitumise saamiseks vajavad aluskihti, ja katted, mida võib peale kanda vahetult [6].

Galvaanilise katmise tehnoloogiliste protsesside skeemid [27]. Katmise tehnoloogiline protsess koosneb järgmistest komplekssetest operatsioonidest:

1. Metallide pinna ettevalmistamine (puhastamine) enne katmist;
a) mehaaniline ettevalmistus (lihvimine ja poleerimine, liivajoaga puhumine, trummelpoleerimine),

b) keemiline ettevalmistus — detailide keemiline või elektrokeemiline puhastamine rasvainetest orgaanilistes lahustites või leeliste ning leelismetallide soolade lahuseis, samuti oksüüdi eemaldamine hape-
tega — söövitamine.

2. Katmine galvaanilises vannis.

3. Katmisele järgnev detailide pinna töötlemine: elektrolüüdi jälgede mahapesemine detaili pinnalt, detailide kuivatamine koos sellele järgneva dekoratiivpinna (esipinna) poleerimisega dekoratiivkatmisel.

4. Katte välisilme, kihi paksuse ja katte poorsuse, mõõdete (täpsete tolerantsidega tooteil), mehaaniliste omaduste (erijuhtumitel — näiteks vedrude katmisel) ja korrosioonikindluse kontrollimine.

Toodete ja detailide kaitsekatete kasutamine

Katte ülesanne	Katte tüüp	Katmisviis	Põhimetall	Soovitavad tingimused (rühmad)	Kasutusala (näited)
Kaitsekatted	Elektrolüütiline tsinkkate	Elektrolüütiline, happelises vannis	Teras, malm	C ₁ , C ₂ JI ja B	Lihisa kujuga detailid; lehtmetailid; torud ja toruliitmikud külma mageda vee jaoks; vahelehed terase ja värviliste metallide kokkupuute kahjuliku mõju kõrvaldamiseks; vedrud, lihsakujulised lamedad esemed ja rauakaubad
Kaitsekatted	Elektrolüütiline tsinkkate	Elektrolüütiline, tsüaniid- ja leeliselises vannis	Teras, malm, vask ja vase sulamid	C ₁ , C ₂ JI ja B	Mitmesuguse kujuga detailid; kinnitusedetailid; mitmesugused hinged; taltropid, take-laažklambriid; talide detailid; lõkatsid; liigendäärised; riivkremoniid; plokkide detailid; soelriiulid laskemoona jaoks; tihendipesad, väiksemad keevistooted (pärasit keevitamist); aparaatide kered ja detailid; silindrilised vedrud, montaaži

						tööriistad, vaskalumiinium- või nende sulamitest või magneesiumsulamist detailidega kokkupuutuvad terasdetailid; teras, alumiinium-, magneesium- ja nende sulamitest detailidega kokkupuutuvad vaskdetailid
Kaitse korrosiooni eest	Kadmiumkate	Elektrolüütiline, tsüaniidvannis	Teras	Ж ja C ₁		Mitmesuguse kujuga detailid, mis töötavad rühmade Ж ja C ₁ raskemates korrosioonitingimustes (merevee pealesattumine, niiskuse kondenseerumine); aparaatide detailid, mis ei ole kaitsstud merevee eest või töötavad ruumides, kus õhu suhteline niiskus on 100%
Kaitse korrosiooni eest	Tinakate	Elektrolüütiline või katmine sulatinaga	Teras, vask, vasesulamid ja malmid	Π		Toiduainete töötlemiseks ja hoidmiseks määratud tooted, katlad toidu keetmiseks; toiduainetega kokkupuutuv kööginventar
Kaitse korrosiooni eest	Pliikate	Elektrolüütiline	Teras, vask ja vasesulamid	K		Happeakumulaatorite patareide ruumides asuvad mitmesuguse kujuga esemed

Märkus: Rühm Ж tingimustes töötavaid detaile on lubatud peale tsinkimist värvida vaid spetsiaalsete tsiingivärvidega. Pliimenniku (pilipunase) ja tsinkvalgete kasutamine on keelatud.

Kaitse-dekoratiivkatete kasutamine toodetel ja detailidel

Katte ülesanne	Katte tüüp	Katmisviis	Aluskihi metall	Põhismetall	Soovitavad töötõngimused, grupp	Kasutusala (näited)
Kaitse korrosiooni eest ja toodetele meeldiva välisilme andmine (läikiva või mati pinna valmistamine)	Läikiv kroomkatte	Elektrolüütiline	Nikkel	Vask ja vase sulamid	C_1, C_2 J	Katmise abil viimistletavad detailid, mis on valmistatud vasesest või vasesulamitest seoses nende metallide eriliste füüsikalise-keemiliste omadustega (soojusjuhtivus, elektrijuhtivus jt.)
Sama	Sama	Sama	Nikkel + vask + nikkel	Teras	C_1, C_2 J	Kõrgekaliteedilisele viimistlemisele kuuluvad nõrgalt reljeesed detailid: kaunistusplaadikesed, ventilatsioonivõred, voodikorjud ja -sambad, kardina puud, lihtsakujulised käepidemed jne.
Sama	Sama	Sama	Vask + nikkel	Sama	C_1, C_2 J	Kõrgekaliteedilisele viimistlemisele kuuluvad mitmesuguse kujuga detailid; aparaatide käepidemed; väikesed hooratad, ajamikäepidemed; akna- ja uksekaitse, riivkremonid, uksehinged jms.

Sama	Matt kroom- kate	Sama	Nikkel	Vask ja vase sulamid	$C_1, C_2,$ JI	Detailid, mille pinnale on gravee- ritud pealkirjad, mis peavad selgelt eralduma, tabelid arvu- dega, skeemidega, skaalad jne.
Sama	Sama	Sama	Nikkel+ +vask+ +nikkel	Teras	$C_1, C_2,$ JI	Sama
Sama	Sama	Sama	Vask+ +nikkel	Sama	$C_1, C_2,$ JI	Sama
Sama	Läikiv nikkelkate	Sama	Ilma alus- kihita	Vask ja vase sulamid	$C_1, C_2,$ JI	Detailid, mis kuuluvad töötle- mise katmise teel ja valmistam- isele katmise teel ja valmistam- isele katmise teel või vasesulami- test seoses nende metallide iseloomulike füüsikalise-keemi- liste omadustega (soojusjuhti- vus, elektrijuhtivus jt.)

Katte ülesanne	Katte tüüp	Katmisviis	Aluskihi metall	Põhimetall	Soovitavad tööttingimused, grupp	Kasutusala (näited)
Sama	Sama	Sama	Nikkel + vask	Teras	C_1, C_2, JI	Nõrgalt reljeefsed detailid. Muus osas sama, mis vastavale aluskihile kroonimisel
Sama	Sama	Sama	Sama	Sama	C_1, C_2, JI	Mitmesuguse kujuga detailid. Muus osas sama, mis vastavale aluskihile läikkroonimisel
Sama	Matt nikkelkate	Sama	Ilma aluskihita	Vask ja vase-sulamid	C_1, C_2, JI	Kasutusala on samasugune kui matt-kroonimisel
Sama	Sama	Sama	Nikkel + vask	Teras	C_1, C_2, JI	Sama

Märkus. Nikli ferromagnetilisuse tõttu ei ole magnetnõeltega aparaatide lähedusse seatavate detailide nikliga katmine soovitatav.

Katmise tehnoloogiliste protsesside näidiskeemid

Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Tehnoloogiliste protsesside skeemid				
		I	II	III	IV	V
1	Rakisele monteerimine . . .	+	-	+	+	-
2	Keemiline rasvainetest puhastamine	+	-	±	+	-
3	Pesemine soojas voolavas vees	+	-	±	+	-
4	Pesemine külmas voolavas vees	+	-	-	+	-
5	Keemiline söövitamine . . .	+	-	-	+	-
6	Pesemine külmas voolavas vees	+	-	-	+	-
7	Neutraliseerimine	±	-	-	±	-
8	Pesemine külmas voolavas vees	±	-	-	±	-
9	Pesemine kuumas voolavas vees	+	-	-	+	-
10	Demonteerimine	±	-	±	+	-
11	Harjamine (söövituspära eemaldamiseks) või pära eemaldamine anoodmetodil	±	-	-	-	-
12	Pesemine külmas voolavas vees	±	-	-	-	-
13	Pesemine kuumas voolavas vees	±	-	-	-	-
14	Liivajoaga puhumine . . .	+	-	-	-	-
15	Poleerimine trumlites või kellades	-	+	-	-	-
16	Tehniline kontroll	+	+	-	-	-
17	Ketaskoorimine (korund- või smirgelketastega)	-	-	-	±	-
18	Käsitsi puhastamine (smirgelpaber nr. 100—120, smirgelpulber, pimss) . . .	-	-	-	±	-
19	Lihvimine viltketastel smirgliga nr. 120—250	-	-	-	±	-
20	Sama, nr. 180	-	-	-	+	-
21	Sama, nr. 180 marssaliitpastaga	-	-	-	+	-
22	Lihvimine viltketastel smirgliga nr. 220—250	-	-	-	+	-
23	Lihvimine rohost harjaga . . .	-	-	-	+	-
24	Lihvimine pastaga bjassketastel	-	-	-	+	-
25	Rasvainetest puhastamine orgaanilistes lahustites . . .	-	-	-	+	-

Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Tehnoloogiliste protsesside skeemid				
		I	II	III	IV	V
26	Puhtakspühkimine või kuivatamine	—	—	—	+	—
27	Tehniline kontroll	—	—	—	+	—
28	Isoleerimine	—	—	—	—	—
29	Ülesriputamine	±	±	+	+	+
30	Keemiline või elektrolüütiline rasvainest puhastamine	+	+	+	+	+
31	Pesemine soojas voolavas vees	+	+	+	+	+
32	Pesemine külmas voolavas vees	+	+	+	+	+
33	Keemiline või elektrolüütiline dekapeerimine	+	+	+	+	+
34	Pesemine külmas voolavas vees 1—2 korda	+	+	+	+	+
35	Neutraliseerimine	±	±	±	±	—
36	Pesemine külmas voolavas vees	±	±	±	±	—
37	Katmine	±	±	±	±	—
					Vasktsüaniid või nikkel	Kroom
38	Pesemine külmas seisvas vees	±	±	±	±	+
39	Pesemine külmas voolavas vees	+	+	+	+	+
40	Keemiline töötlemine (passiveerimine, helestamine jms.)	±	±	±	—	—
41	Pesemine külmas voolavas vees	±	±	±	—	—
42	Neutraliseerimine	±	±	±	—	±
43	Pesemine külmas voolavas vees	±	±	±	—	±
44	Pesemine kuumas voolavas vees	+	+	+	+	+
45	Kuivatamine	+	+	+	+	+
46	Rakiste mahavõtmine	+	±	+	+	+
47	Isolatsiooni mahavõtmine	—	—	—	—	—
48	Kontroll	—	—	—	—	—
49	Kuivatamine või kuivaks hõõrumine	—	—	—	—	—
50	Poleerimine linase riidega kaetud ketastega	—	—	—	+	—
51	Keemiline rasvainetest puhastamine	—	—	—	+	—

Operatsiooni nr.	Operatsiooni nimetus	Tehnoloogiliste protsesside skeemid				
		I	II	III	IV	V
52	Puhtakshõõrumine või kuivatamine	—	—	—	+	—
53	Tehniline kontroll	+	+	+	+	—
54	Rakistele monteerimine	—	—	—	+	—
55	Elektrolüütiline rasvainetest puhastamine	—	—	—	+	—
56	Pesemine soojas voolavas vees	—	—	—	+	—
57	Pesemine külmas voolavas vees	—	—	—	+	—
58	Keemiline või elektrolüütiline dekapeerimine	—	—	—	+	—
59	Pesemine ühes-kahe külmas voolavas vees	—	—	—	+	—
60	Kroomimine	—	—	—	+	—
61	Pesemine külmas seisvas vees	—	—	—	±	—
62	Pesemine külmas voolavas vees	—	—	—	+	—
63	Neutraliseerimine	—	—	—	+	—
64	Pesemine külmas voolavas vees	—	—	—	+	—
65	Pesemine kuumas voolavas vees	—	—	—	+	—
66	Kuivatamine	—	—	—	+	—
67	Rakiste mahavõtmine	—	—	—	+	—
68	Poleerimine linase riidega kaetud ketastega	—	—	—	+	—
69	Lihvimine korund- või smirgelketastega	—	—	—	—	+
70	Puhtakshõõrumine	—	—	—	+	—
71	Tehniline kontroll	—	—	—	+	+
72	Toodete pakkimine	+	+	+	+	+

Tingmärgid:

- + kasutatakse;
- ei kasutata;
- ± kasutatakse erijuhtumitel.

Galvaaniliste katete

Kaetav metall	Galvaanilised				
	Kuld	Kadmium	Vask või valgevask (tsüaniidne)	Vask happelisest vannist	Nikkel
Raud, malm, teras	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht	Vahetult	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht (tsüaniidelektro- lüüdist)	Vahetult. Soo- vitav vask- või valgevask-alus- kiht	
Kadmium	—	Sama	Vajalik vask- või valgevask-alus- kiht (tsüa- niidelektro- lüüdist)	Õhukesed ki- hid vahetult. Paksud vask- või valgevask- aluskihile	
Vask või vase- sulamid	Vahe-				
Nikkel	Vahetult			Vajalik vask- või valge- vask-alus- kiht	
Tina	Vajalik vask- või valge- vask-alus- kiht (tsüa- niidelektro- lüüdist)	—	Vahetult	Vajalik vask- või valge- vask-alus- kiht (tsüa- niidelektro- lüüdist)	
Plii või pliiisu- lamid	Sama	Vahetult		Sama	
Hõbe	Vahetult			—	
Tsink	—	—	Vahetult	Vajalik vask- või valge- vask-alus- kiht (tsüa- niidelektro- lüüdist)	Vajalik vask- või valge- vask-alus- kiht (tsüa- niidelektro- lüüdist)

pealekandmise järjekord

sadestised

Tina	Plii	Hõbe	Kroom	Tsink
Vahetult	Vahetult. Väga keerulise kujuga detailidel nikkel-aluskihile	Õhukesed kihid vahetult. Teistel juhtudel vask- või valgevask-aluskiht	Kõvakroomimisel vahetult. Teistel juhtudel vask- või nikkel-aluskiht	Vahetult
Vahetult		Soovitav vask- või valgevask-aluskiht (tsüaniid-elektrolüüdist)	Vahetult. Sadestub matt kiht	—
tult		Soovitav enne amalgaamida	Valgevasele vahetult. Soovitav nikkel-aluskiht	Vahetult
—	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht (tsüaniid-elektrolüüdist)	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht (tsüaniid-elektrolüüdist)	Vahetult	—
Vahetult pärast kuumtutamist	Vahetult	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht (tsüaniid-elektrolüüdist)	—
Vahetult		Vajalik vask- või valgevask-aluskiht	Vajalik vask- või valgevask- ja nikkel-aluskiht	—
—	—	Vahetult	Vahetult. Soovitav nikkel-aluskiht	—
Vahetult	—	—	Vajalik vask- või valgevask-aluskiht (tsüaniid-elektrolüüdist)	—

Olenevalt katte ülesandest, detailide iseloomust ja kaetava pinna seisukorrrast kasutatakse järgmisi viit tehnoloogilise protsessi näidiskeemi (tabel 36).

1. Kaitsekatmisele (tsingi, kadmiumi, plii või tinaga katmisele) kuuluvad tugevasti oksüdeerunud töötlemata pinnaga suured detailid.

2. Kaitsekatmisele kuuluvad väikesed detailid, mida võib töödelda galvaniseerimiskellades või -trumplites.

3. Kõik tööpinkidel eeltöödeldud (enne katmistsehhi saatmist) pindadega detailid, mis kuuluvad kaitsekatmisele (tsingi, kadmiumi, plii või tinaga katmisele).

4. Kaitse-dekoratiivsele nikeldamisele või kroomimisele kuuluvad erasdetailid, mida enne katmistsehhi saabumist ei ole töödeldud ning mille pinnad on seetõttu tugevasti oksüdeerunud.

Tööpinkidel eeltöödeldud (enne katmistsehhi saabumist) pinnaga detailide juures operatsioone 1—17 ei kasutata.

Operatsioone 29—55 järjekorras kasutades kaetakse terastoode kas nikliga, siis vasega happelisest elektrolüüdist ja seejärel jälle nikliga, või vasega tsüaniidelektrolüüdist, pärast seda vasega happelisest elektrolüüdist ja lõpuks nikliga.

Kroomiga katmine toimub alati operatsioone 56—74 üksteise järel kasutades.

Vasest ja vasēsulamitest detaile töödeldakse operatsioonist 20 alustades. Operatsioon 37 on nikeldamine. Tsingisulamitest detaile töödeldakse operatsioonidega 20 kuni 55. Operatsioon 37 on vasetamine vask-tsüaniidelektrolüüdil. Kihtide pealekandmise edasine järjestus on samasugune kui teistel detailidel.

Kaitse-dekoratiivsele nikeldamisele kuuluvad terasest kirurgiiinstrumendid. Vasest ning vasesulamitest valmistatud detaile töödeldakse operatsioonidega 20—55, kus operatsioon 37 on nikeldamine. Sel juhul operatsioone 56—74 ei kasutata.

5. Kõvakroomimine. Vajaduse korral isoleeritakse kroomimisele mittetulevad pinnad tselluloidi või teiste sobivate materjalidega peale operatsiooni 32.

Kolmas peatükk

METALLIDE PINNA ETTEVALMISTAMINE KAITSE- DEKORATIIVKATMISEKS

Tugevate ja poorideta kaitse-dekoratiivkatete saamise põhitingimuseks on kaetava metalli pinna puhtus.

Toote ettevalmistamine enne katmist toimub olenevalt pinna puhtusest mitmesuguste mehaaniliste, keemiliste või elektrokeemiliste töötlemisviiside kasutamise teel.

Mehaaniliste ettevalmistusviiside hulka kuuluvad: lihvimine, poleerimine, harjamine, liivajoaga puhastamine, samuti väikeste detailide töötlemine trumlites — trummelpoleerimine.

Nende töötlemisprotsesside tulemusena saavutatakse detailide ja toodete pindade nõutav siledus ning läikiv või matt ilme.

Galvanotehnikas kasutatava dekoratiivlihvimise ja -poleerimise sihiks on anda tootele ilus välisilme.

GALVAANILISTE KATETE PINNA KVALITEET

Pinna kvaliteedi määravad kaks tegurit: pinna puhtus ja pinnakihi füüsikalised omadused (struktuur, kalestumine jne.). Pinna puhtuse all mõistetakse tema taset ja siledust.

Tasasus (või lainelisus) iseloomustab suurte pinnaosade geomeetriat (s. o. makrogeomeetriat).

Siledus (või konarlikkus) iseloomustab väikeste pinnaosade geomeetriat (mikrogeomeetriat).

Pinna kvaliteedi hindamine toimub ГОСТ 2789-51 kohaselt töödeldud pinna mikrogeomeetria põhjal tema ebatasuste suuruse (mikronites) järgi.

Pinna ebatasuste absoluutset suurust mõõdetakse kõrgeimate harjade tippudest kõige sügavama lohu madalaima punktini ja tähistatakse

H_{maks} Keskmine kõrvalekaldumine geomeetrisest sirgest, mis on pinna profiili keskjooneks, määratakse ruutkeskmise hälvena ja tähistatakse H_{rk}

Metalli pinna mikrogeomeetria skeem on toodud joonisel 5.

Sileduse rühma ja klassi hindamine toimub täppismõõtmistel spetsiaalsete aparaatidega [25].

Pindade sileduse klassifikatsioon (ГОСТ 2789-51)

Töötlemisviis	Nr.	Siledusrühmad			Siledusklassid			
		Pinna nimetus	Tähis	H _{rk} μ	Nr.	Tähis	H _{maks}	H _{rk} μ
Koorivtreimine, freesimine, hõõveldamine	I	Kare	▽	100—12,5	1	▽ 1	200—125	100—50
					2	▽ 2	125—62,5	50—25
					3	▽ 3	62,5—37,5	25—12,5
Poolpuhas treimine, freesimine ja hõõveldamine, jäme-lihvimine	II	Poolside	▽▽	12,5—1,6	4	▽▽ 4	37,5—18,7	12,5—6,3
					5	▽▽ 5	18,7—10,0	6,3—3,2
					6	▽▽ 6	10,0—6,3	3,2—1,6
Lihvimine, peentreimine, tõmbamine, hõõritsemine, poleerimine	III	Side	▽▽▽	1,6—0,2	7	▽▽▽ 7	6,3—3,2	1,6—0,8
					8	▽▽▽ 8	3,2—1,6	0,8—0,4
					9	▽▽▽ 9	1,6—0,8	0,4—0,2
Poleerimine, peenlihvimine, plankimine, luiskudega lihvimine, peenplankimine	IV	Väga side	▽▽▽▽	0,2—0	10	▽▽▽▽ 10	0,8—0,5	0,2—0,1
					11	▽▽▽▽ 11	0,5—0,25	0,1—0,05
					12	▽▽▽▽ 12	0,25—0,125	0,05—0,025
					13	▽▽▽▽ 13	0,125—0,0625	0,025—0,0125
14	▽▽▽▽ 14	0,0625—0,000	0,0125—0,000					

ГОСТ-iga 2789-51 määratud siledusjärke ei ole selles tabelis toodud, sest neid dekoratiivsel lihvimisel ja poleerimisel laialdaseit ei kasutata.

Dekoratiivsel eesmärgil lihvitud ja poleeritud pindade puhtuse klassi määramine toimub tavaliselt etaloonide komplektiga võrdlemise teel.

Pinna sileduse klassifikatsioon ГOCT 2789-51 järgi ja joonistel kasutatavad tähised on toodud tabelis 38, mehaanilisel töötlemisel siledusele esitatavad nõuded — tabelis 39 ja katte pinna puhtus tabelis 40.

Pinna kvaliteedil on suur mõju reale tähtsatele omadustele nagu kulumiskindlusele ja korrosioonikindlusele.

Masina- ja aparaadiehituses omab hõõrdele töötavate detailide pinna puhtuse astme määramine enne ja pärast galvaanilist katmist suurt tähtsust, sest see määrab katetele esitatavad eksploatatsioonilised nõuded.

Töödeldud pindade kvaliteet määratakse tavaliselt etaloonide abil, kuid see hindamismeetod (visuaalne) ei ole täpne.

Pinna puhtuse hindamiseks on konstrueeritud spetsiaalsed mõõteriistad: profiilimõõtjad ja profiilimärkijad [26]. Pinna puhtuse määramiseks kasutatakse laialdaselt akad. V. P. Linniku kaksikmikroskoopi МHC-11.



Joon. 5. Töödeldud pinna mikrogeomeetria:

1 — profiil; 2 — süvendid; 3 — tipud.

Tabel 39

Mehaanilise töötlemise puhtusele esitatavad nõuded galvaanilistel katmistel ГOCT 2789-51 järgi

(kasutatakse täppimasinaehituse ja aparaadiehituse detailide puhul)

Katte tüüp	Pinna puhtusklass pärast mehaanilist töötlemist (treimine, freesimine, hõõveldamine, lihvimine)	Pinna puhtusklass pärast töötlemist viimistlustehhis (puhastamine, poleerimine)	Pinna puhtusklass pärast galvaanilist katmist ja poleerimist
Läikivad galvaanilised katted	7—8	11—12	12—13
Poolläikivad galvaanilised katted	5—8	7—9	10—11
Tuhmid (matid) galvaanilised katted	6—7	7—8	7—8

MEHAANILINE ETTEVALMISTUS

Lihvimine. Lihvimisega saavutatakse tasane ja sile pind metalltoodetelt väga õhukese metallkihi mahavõtmise teel abrasiivideks nimetatavate kõvade löikematerjalide abil.

Lihvimisel muutub toodete pinna kuju mõningal määral ja toote kaal väheneb, sest abrasiivi iga terake võtab löiketerana töötades tootelt maha metallikihi.

Lihvimine koos sellele järgneva poleerimisega enne ja pärast katmist võimaldavad saada siledat pinda, vastavalt ГOCT 2789-51 nõuetele.

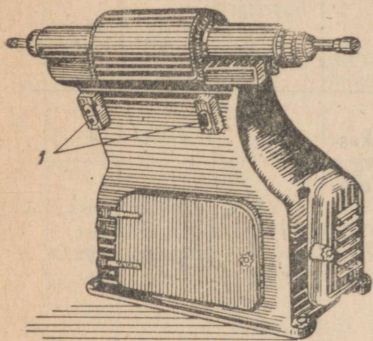
Katete pinna puhtus
(V. S. Rõstsovi järgi)

Jrk. nr.	Katmise nimetus	Pinna välisilme pärast katmist	Detaili materjal	Siledusklass GOCT 2789-51 järgi	
				enne katmist	pärast katmist
1	Läikkroomimine ühes kroomi poleerimisega	Hele sinakashall peegelläikega pind ilma mehaanilise töötlemise jälgedeta	Teras Valgevask	12—13 12—13	12—13 12—13
		Sinakashall läikiv pind; peegelduvas valguses on näha nõrgad mehaanilise töötlemise jäljed	Teras Valgevask	10—11 10—11	10—11 10—11
2	Matt-kroomimine (tavaline)	Helehall matt pind piimja helgiga, mehaanilise ja liivajoaga töötlemise jälgedega	Teras Valgevask	5—6 5—6	5—6 5—6
	Matt-kroomimine (peen)	Helehall matt pind piimja helgiga, ilma mehaanilise töötlemise jälgedeta, nõrkade liivajoa jälgedega	Teras Valgevask	7—8 7	7—8 7
3	Läiknikeldamine nikli poleerimisega	Hõbevalge peegelläikega pind ilma nähtavate mehaanilise töötlemise jälgedeta	Teras Valgevask	12—13 12—13	12—13 12—13
		Läikiv hõbevalge pind peegelduvas valguses märgatavate mehaanilise töötlemise jälgedega	Teras Valgevask	10—11 10—11	10—11 10—11
4	Mattnikeldamine	Hõbevalge matt krobeline pind, ilma mehaanilise töötlemise jälgedeta	Teras Valgevask	6—7	6—7
5	Tsinkimine	Hõbevalge tuhm pind mehaanilise töötlemise jälgedega	Teras	4—6	4—5

Tabel 40 järg

Jrk. nr.	Katmise nimetus	Pinna välisilme pärast katmist	Detaili materjal	Siledusklass GOCT 2789-51 järgi	
				enne katmist	pärast katmist
6	Fosfateerimine	Tuhm must või hallikas-must pind vähemärgatavate mehaanilise töötlemise jälgedega	Teras	4—6	4—5
7	Vasetamine (ilma järgneva poleerimiseta või harjamiseta)	Punakas-kollane pind mehaanilise töötlemise jälgedega	„	6—9	7—8
8	Oksüdeerimine	Must, metalse läikega pind ilma märgatavate mehaanilise töötlemise jälgedeta	„	8—9	8—9
		Must poolmatt pind mehaanilise töötlemise jälgedega	„	5—7	5—7
9	Valgevase oksüdeerimine ühes lakkimise või õlitamisega	Must poolläikiv pind mehaanilise töötlemise jälgedega	Valgevask	5—8	5—7
10	Anodeerimine värvainega ja lakkimine	Värvaine värvusega poolläikiv pind mehaanilise töötlemise jälgedega	Alumiinium ja selle sulamid	5—7	5—7
11	Anodeerimine värvaineta	Tuhm valkjashall pind mehaanilise töötlemise jälgedega	Sama	5—7	4—6
12	Lakkimine läikivate lakkidega	Läikiv pind mehaanilise töötlemise jälgedega	Kõik metallid	5—7	5—7
		Läikiv pind ilma mehaanilise töötlemise jälgedeta	Sama	8—9	8—9

Galvaanilistes tsehhides toimub lihvimine ja poleerimine spetsiaalsetel lihvimis-poleerimispinkidel (joon. 6) elastsetest materjalidest (vildist, peenvildist, riidest, puidust jne.) või nahaga ülelöödud ketaste abil. Lihvimispind (ketta serv) koosneb pulbrilise abrasiivi teradest. Abrasiivi terakesed on omavahel ja ketta töötava osaga seotud tislერილიმი, vesiklaasi või mõne muu tsementeeriva aine abil.



Joon. 6. Kahe spindliga kahepoolne lihvimis-poleerimispink:

1 — nupud „käik“ („пучк“) ja „seis“ („стоп“).

Abrasiivkettaid (nn. teritus- või lihvimiskettaid) kasutatakse galvaanilistes tsehhides neil juhtudel, kui töödeldavate toodete pinnal on väga jämedad ebatasasused, kisud, konarused, sügavad õhumullid jms. Sellist töötlemist nimetatakse jämelihvimiseks.

Abrasiivmaterjalid ja pastad. Lihvimiseks ja poleerimiseks kasutatakse abrasiivmaterjale ja pastasid, millede klassifikatsioon, koostis ja ülesanne on toodud allpool.

Karborund. Karborund sisaldab ligikaudu 99% ränikarbiidi. Karborundi terad on väga teravate servadega ja lähenevad kõvaduselt teemandile. Kõvadus Mohs'i skaala järgi on 9. Karborundi kasutatakse väikese tõmbetugevusega rabedate metallide, nagu malmi, pronksi ja valgevase lihvimiseks.

Korund koosneb kristalsest alumiiniumoksüüdist (92—99%). Kõvadus Mohs'i skaala järgi on 9. Kasutatakse suure tõmbetugevusega metallide — karastatud terase, temperalmi, manganpronksi jt. — lihvimiseks.

Smirgel koosneb korundist (55—60%), raudoksüüdist, ränidioksiidist jne. Terad on teravate servadega, kõvadus Mohs'i skaala järgi on 7—8. Kasutatakse kõige laialdasemalt sitkete mustade ja värviliste metallide, nagu raua ja vase lihvimiseks.

Kroomoksüüd on tumeroheline pulber, koosneb kõrgete poleerivate omadustega teradest. Kasutatakse kõvade metallide poleerimispastade koosseisus (ГОИ jt.).

Raudoksüüd (ehk rauamennik) on tumepruun pulber. Kasutatakse pastades terase, nikli, alumiiniumi, hõbeda jne. poleerimiseks.

Poleerimisliubi (viini liubi) — koosneb peamiselt kaltsiumhüdroksiidist, magneesiumoksüüdist ja kaltsiumkarbonaadist. Ta paistab silma oma peeneteralisusega ja teda kasutatakse pehmete metallide ning sulamite poleerimiseks.

Abrasiivmaterjalid on nummerdatud selliselt, et mida väiksem on tera, seda suurem on materjali number (vt. tabel 41).

Sideained. Kõige kasutatavamaks abrasiivmaterjale ketta küljes hoidvaks aineks on tislერილიმი, mis peab olema läbipaistev, sile, klaasitaolise murdega ning ilma laikude, pragude ja mullideta. Liimi kvaliteeti näitab tema paisumisvõime. Külma käes paisumisel imab liim vett 5—20 korda rohkem oma kaalust.

¹ Mineraalide kõvaduse skaala, mille järgi talgi kõvadus on 1 ja teemandi kõvadus 10.

Abrasiivide iseloomustus GOCT 3248-46 ja GOCT 3647-47 järgi

Teralisuse rühm	Teralisuse nr.	Terade mõõted μ	Tähised
Lihvimisterad	12	2000—1700	—
	16	1400—1200	—
	24	850—700	—
	36	600—500	—
	46	422—355	—
	60	300—250	—
	80	210—180	—
Lihvimispulbrid	100	150—125	—
	120	125—105	—
	150	105—85	—
	180	85—75	—
	220	75—63	—
	240	63—53	3
	280	53—42	5
320	42—28	10	
Mikropulbrid	M28	28—20	15
	M20	20—14	30
	M14	14—10	60
	M10	10—7	120
	M7	7—5	240
	M5	5—3,5	—

Galvaanilistes tsehhides kasutatakse jämeda ja keskmise abrasiivaine pealeliimimiseks tiseriliimi asemel sageli vesiklaasi.

Kõige paremate liimivate omadustega on naatrium-vesiklaas, mille erikaal 18°C juures on 1,40—1,45. Vesiklaasiga liimitud ketaste kuivatamine toimub 110—140°C juures 1—2 tundi.

Sõltuvalt lihvimisel kasutatava smirgli terasuurusest võetakse kuiva liimi ja vee hulkade kaaluline suhe vastavalt tabelile 42.

Tabel 42

Liimi ja vee kaalulised suhted

Smirgli nr.	Kaalulised suhted	
	liim	vesi
60—70	40	60
80—90	35	65
100—120	33	67
150—180	30	70
200	25	75

Lihvimisketaste ettevalmistamine. Elastsete lihvimisketaste ettevalmistamine seisab tsentreerimises, balansseerimises, profileerimises ja abrasiivpulbri liimimises tööpinnale. Ulesseatud ketas ei tohi võnkuda,

sest see põhjustab spindli vibreerimist ja laagrite ebanormaalselt kulumist.

Pärast tsentreerimist lihvimiskettad balansseeritakse (tasakaalustatakse). Seejuures silutakse nad ühepaksuseks või tehakse kergem serv raskemaks pliist raskuse abil.

Abrasiivkihi kandmiseks kettale kasutatakse mitmesuguseid pealekleepimise ja pealehõõrumise viise. Vilt- või peenvilt-lihvimisketastele kinnitatakse abrasiivpulber tavaliselt tislერილი abil.

Liimi ettevalmistamiseks valatakse temale külma vett ja lastakse selles paisuda 6—12 tundi, pärast seda soojendatakse 65°-ni ja hoitakse sel temperatuuril seni, kuni saadakse vedel mass, mis kantakse pintslil abil varem puhastatud ketta servale.

Pärast liimiga katmist hõõrutakse kettale spetsiaalses rennis vastava numbriga smirgel. Pealehõõrumisel surutakse ketast kergelt vastu smirglit. Et abrasiivaine jääks kindlamalt liimi külge, veeretatakse ketast paar korda mööda tühja renni. Kaetud abrasiivkettaid kuivatatakse toatemperatuuril 16—24 tundi. 35—40° C juures võib kuivatusaega lühendada kaks korda. Kõrgemat kuivatamistemperatuuri kasutada ei ole soovitatav, sest liimikiht praguneb, mille tagajärjel sellised kettad töötavad vaid lühikest aega.

Ketaste teistkordse katmise eel tuleb eelnevalt eemaldada neile jäänud smirgel, puhastada pind pimsskiviga ja uus smirgel peale hõõruda, nagu eespool näidatud. Kui kettad töötamise ajal rasvuvad, s. o. kui lihvimise ajal kasutati rasvu või rasvaseid pastasid, tuleb teistkordse katmise eel katted rasvainetest puhastada bensiniis või muus lahustis läbipesemise teel.

Toote pinna töötlemise hea kvaliteedi tagamiseks soovistatakse kasutada tabelis 43 toodud pöörlemise ringkiirusi. Mitmesuguste metallide töötlemise näitlik järjekord on toodud tabelis 45.

Lihvimine toimub mitme käiguna, üleminekuga jämedamatelt abrasiivteradelt peenematele. Kvaliteetse lihvitud pinna saamiseks tuleb igal üleminekul suunata lihvimisketta liikumine töödeldava toote suhtes nii, et tekkivad kriipsud oleksid eelmise käigu kriipsudega 30—45° nurga all, lõpetamisoperatsioonil aga oleksid rööbiti toote pikiteljega.

Viimistluslihvimisel (lõpetamisoperatsioonil) kasutatakse ketaste määramiseks järgmise koosseisuga (kaaluprotsentides) lihvimispastasid:

1. Marssaliit	80,8	2. Smirgel M28	22,4
Parafiin	10,0	Raudoksüüd	55,5
Loomarasv (või solidool)	9,0	Tehniline rasv	15,1
Tseresiin	0,2	Steariin	7,0

Poleerimine. Poleerimiseks nimetatakse metalltoodete pinna töötlemist, mille tulemusena metalli pind muutub niivõrd siledaks (peegel-läikivaks), et ta peegeldab hästi valguskiiri.

Tabel 43

Ketaste ringkiirused mitmesuguste metallide töötlemisel

Töödeldav metall	Ringkiirus m/sec	
	lihvimisel	poleerimisel
Teras, nikkel	20	30
Valgevask, vask, pronks, hõbe	16	25
Tsink, tina, plii, alumiinium, alumiiniumi ja tsingi sulamid	12—14	20

Ketta pöörlemiskiirus sõltub etteantud joonkiiruse korral tema läbimõõdust (tabel 44).

Tabel 44

Ketta pöörlemiskiiruse sõltuvus tema läbimõõdust ja töödeldavast metallist

Töödeldav metall	Pöörlemiskiirus p/min ketta läbimõõdul (mm):				
	200	250	300	350	400
Teras, nikkel	2850	2300	1880	1620	1440
Valgevask, vask, pronks, hõbe . . .	2400	1900	1590	1360	1190
Tsink, tina, plii, alumiinium, alumiiniumi ja tsingi sulamid	1900	1530	1260	1090	950

Tabel 45

Mitmesuguste metallide töötlemise järjekord

Töödeldav materjal	Lihvimine			Matistamine			Poleerimine			
	Teralisus									
	36—40	60—80	120—150	180—220	180—220	240—280	Harjaga	Raudokstüüdiga	Lubjaga	Kroomokstüüdiga
Malmvalu ja keevismetallid	±	+	+	+	+	±	±	+	+	±
Sepistatud terasdetailid	±	+	+	+	+	±	±	+	+	±
Suured ja keskmised stantsitud terasdetailid	—	±	+	+	+	±	±	+	+	±
Teraspoldid, kruvid ja väikesed detailid	—	—	±	±	+	—	±	±	+	±
Roostevabast terasest detailid	—	—	+	+	±	+	±	±	±	±
Keerulise kujuga valgevasest ja tsingi sulameist detailid, samuti emailitud detailid	—	—	—	±	+	±	+	+	+	±
Lihtsa kujuga valgevasest ja tsingisulamist detailid	—	—	—	±	+	±	—	+	+	+
Alumiiniumdetailid	—	±	±	±	+	±	±	±	±	±

Tingmärgid: + kasutatakse; — ei kasutata; ± kasutatakse erijuhtumitel.

Poleerimist kasutatakse nii põhimetalli pinna katmiseks ettevalmistamisel kui ka kaetud pindade (vask, nikkel, kroom) viimistlemisel. Viimasel juhul nimetatakse poleerimisoperatsiooni sageli läikpoleerimiseks.

Poleerimine toimub lihvimispinkidel üksikutest lõuend-, bjass-, peenvilt-, seemisnahk- või villketastest valmistatud poleerimisketastega, millele kantakse poleerimis pasta. Bjassketaste mõõted ja kaalud on toodud tabelis 46. Pasta kantakse kettale ketta pöörlemise ajal, puudutades ketast pastatükiga. Poleerimisketast liiga tugevasti pastaga läbi immutada ei tohi, sest liigne pasta halvendab poleerimisprotsessi.

Poleerimispastade koosseisu kuuluvad tingimata orgaanilised ained, nagu steariin, loomarasv, oleiinhape jne.

Pastade koostis on toodud tabelis 47.

Pastade valmistamiseks soojendatakse vaha, steariin, tseresiin ja rasv kinnisel tulel 55—60°-ni ja lisatakse sulamisel järk-järgult ülejäänud koostisosad, segatakse kõik hoolikalt läbi ja valatakse vormidesse.

Tabel 46

Ketta läbi-mөөт	Riidest valmistatud ketta kaal kg		Ketta läbi-mөөт	Riidest valmistatud ketta kaal kg	
	Tavaline	Murreldane		Tavaline	Murreldane
150	0,210—0,220	0,240—0,250	400	1,430—1,510	1,670—1,760
200	0,360—0,375	0,430—0,450	450	1,820—1,895	2,150—2,280
250	0,575—0,600	0,680—0,715	500	2,210—2,320	2,670—2,790
300	0,770—0,800	0,940—0,970	550	2,580—2,840	3,330—3,520

Tabel 47

Poleerimispastad

Jrk. nr.	Koostisosade nimetused	Hulk kaaluühikutes	Kasutusala
1	Raudoksüüd Steariin Parafiin Oleiinhape	60 15 15 10	Põhimetalli — raua, terase, roostevaba terase — poleerimiseks (välja arvatud malm enne katmist)
2	Viini lubi Raudoksüüd Steariin Vaha või tseresiin	70 10 10 10	Raua, vase, valgevase, alumiiniumi ja teiste sulamite (välja arvatud malmi) poleerimiseks
3	Viini lubi Kroomoksüüd Steariin Loomarasv Oleiinhape Tseresiin	40 40 12 4 2 2	Vask ja nikkelkatete, alumiiniumi ja selle sulamite poleerimiseks ja läikpoleerimiseks

4	Alumiiniumoksüüd Steariin Vaha või tseresiin Loomarasv Tärpentiin	65 10 15 8 2	Vask- ja nikkelkatete, alumiiniumi ja selle sulamite poleerimiseks ja läikpoleerimiseks
5	Kroomoksüüd Steariin Loomarasv Tseresiin või vaha Oleihinape	68 14 14 2 2	Kroomkatete, karastatud terase, roostekindla terase jt. kõvade metallide ja sulamite poleerimiseks

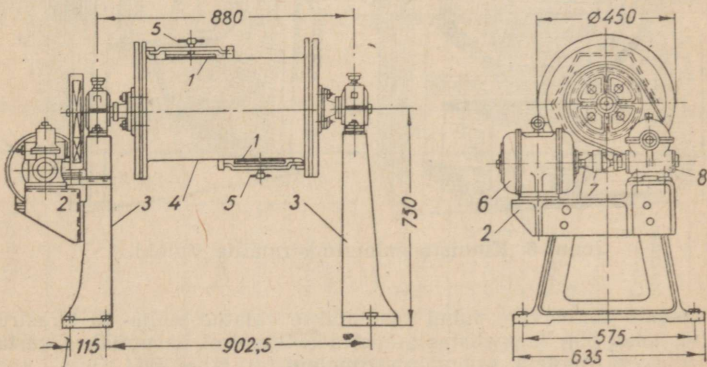
Viini lubjast pastat tuleb hoida hermeetiliselt suletud nõus.

Harjamine. Harjamiseks nimetatakse toote pinna puhastamist metallharjade abil. See operatsioon teostatakse enne katmist oksüüdide, rasvajääkide (pärast rasvainetest puhastamist) ja söövituspära eemaldamiseks. Harjamist kasutatakse ka pärast katmist mitmesuguste elektrolüüsi tagajärjel tekkinud defektide kõrvaldamiseks ja katte tihendamiseks.

Harjamine toimub spetsiaalsetel pöörlevate harjadega pinkidel. Harjad on 0,15—0,20 mm terastraadist kõvade metallide (teras, malm, nikkel) ja 0,07—0,15 mm valgevasktraadist pehmete metallide jaoks.

Harjamine toimub tavaliselt märjalt 3-protsendilise potaselahuse või 5-protsendilise trinaatriumfosfaadi kasutamisega, mis kergendab harjade tööd ja parandab pinna viimistlemise kvaliteeti. Potase või trinaatriumfosfaadi lahust tuleb harjadele anda pidevalt kukkuvate tilkadena pingi kohale kinnitatud paagikesest.

Tsingi, tina, plii, hõbeda või kullaga kaetud toote lõplikul töötlemisel



Joon. 7. B/K (Metallohimzaätsita) konstruktsiooniga poleerimistruumli eskiis:

1 — luugid; 2 — kronstein; 3 — tõesd; 4 — trumli kere; 5 — polt; 6 — elektrimootor; 7 — nukksidur; 8 — tigureduktor.

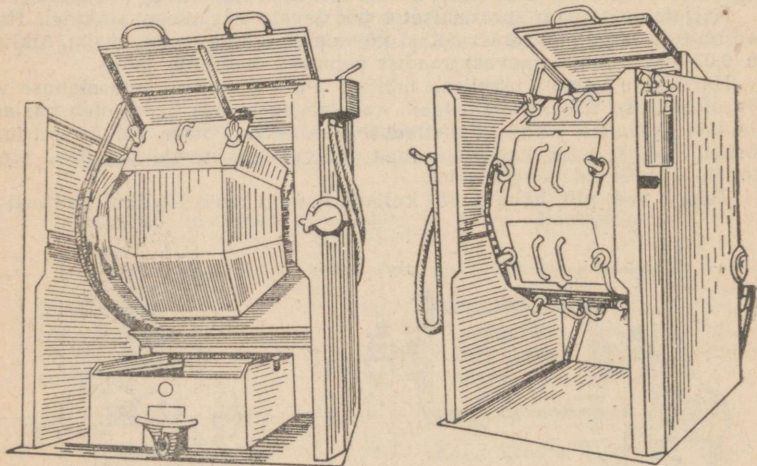
on parem kasutada puhast vett või teostada see operatsioon kuivalt. Hari peab töötlemise ajal toodet puudutama vaid kergelt traadiotstega ja teda ei tohi mingil juhul tugevasti toote vastu suruda.

Galvaaniliste sadestiste töötlemine harjaga on omapäraseks kontroll-operatsiooniks, mis näitab, kas sadestise liitumine põhimetalliga on küllalt kindel. Selline kontroll on eriti tähtis hõbe-lauanõude valmistamisel, kus sadestise paksus ulatub 25—45 mikronini. Selline hõbetamine toimub tavaliselt 2—3 võttega, kusjuures toode võetakse iga poolteise-kahe tunni järel hõbetamisvannist välja, et harjamisega hõbesadestist tihendada.

Harjamispingid kujutavad enesest pikendatud keermetatud võlliga elektromootoreid võimsusega 0,25—0,1 kW. Võlli külge monteeritakse harjad. Harjade kohale seatakse üles kraanidega paagikesed, et anda vedelikku töödeldavate detailide niisutamiseks. Elektrimootori võlli pöörlemiskiirus on 1420—1450 p/min.

Töötlemine trumlites.* Väikeste toodete pinna puhastamiseks ja jämedate ebatasasuste (kiskude) eemaldamiseks kasutatakse trummelpoleerimist — töötlemist pöörlevates trumlites (joon. 7).

Toodete poleerimisel trumlis kasutatakse puhastusprotsessi kiirendamiseks sageli smirgelpulbrit või muud abrasiivmaterjali. Poleerimine trumlis toimub samuti märjalt hapete või leeliste nõrkades lahustes või seebivees, olenevalt kasutatavast abrasiivist ja töödeldava metalli iseloomust.



Joon. 8 Kinniste poleerimistrumlite tüübid.

Jämedate abrasiivide puhul kasutatakse valatud malm- ja terastrumleid (vt. tabel 50); happelistes lahustes töötlemisel kasutatakse vastava vooderusega trumleid, samuti puittrumleid (vt. tabel 49).

Poleerimine trumlis kestab kahest tunnist kuni ööpäevani ja rohkem olenevalt töödeldava toote pinna seisukorrast. Stantsitud tooteid töö-

* Lähemalt töödes: V. I. Lainer ja N. T. Kudrjajtsev [1] ning M. I. Bondarenko [14].

deldakse tavaliselt 2—8 tundi, valgevasest valatuid — 10—15 tundi, sepamalmist valatuid — 24—48 tundi, hallmalmist valatuid — 70—80 tundi. Väliskeermega või teravate servadega tooteid trumli ei poleerita. Kinnist tüüpi poleerimistrumlid on näidatud joon. 8.

Väikeste detailide töötlemisel pöörlevad trumlid kiirusega 10—25 p/min, suuremate, valatud ja stantsitud toodete töötlemisel 25—50 p/min.

Kuulidega poleerimine. Teraskuulidega poleerimist kasutatakse nii enne kui ka pärast galvaanilist katmist. Poleerimisele kuuluvad tooted asetatakse koos teraskuulidega (läbimõõt 1—10 mm) ja poleerimisvedelikuga trumlitesse või kuplitesse, mis pöörlevad kiirusega 15—45 per/min, 20 minutiks kuni 10 tunniks.

Poleeritavad tooted ja kuulikesed, millede maht ületab kaks korda toodete mahu, asetatakse trumlisse umbes 80% ulatuses selle mahust. Kuulikesed pöörlevad koos toodetega ja siluvad väiksemad ebatasasused nende pinnal.

Poleerimisvedelikuna kasutatakse seebivett või nõrka potaselahust, naatriumbikarbonaati, ammoniaaki jm. Tooted peavad enne trumlisse asetamist olema rasvainetest puhastatud, vajaduse korral aga ka söövitatud.

Teraskuulikestega poleerimise kestus võib määrata praktiliselt iga tooteliigi kohta eraldi [14]. Orienteerivad (praktika kogemuste põhjal koostatud) andmed väikeste toodete poleerimise kohta teraskuulidega on toodud tabelis 48.

Tabel 48

Poleerimise kestuse orienteerivad andmed

Toote materjal	Töötlemise kestus
Teras	1—8 tundi
Karastatud teras	5—40 tundi
Vask ja ta sulamid	1—4 tundi
Nikkel ja ta sulamid	3—6 tundi
Alumiinium, tsink ja teised pehmed metallid ning sulamid	10—60 min
Elektrolüütiliselt sadestatud metalliga kaetud tooted	5—30 min

Tabel 49

Teraskuulikestega poleerimiseks kasutatavate ühekambriiliste puittrumliite iseloomustus

Trumli mõõdet mm		Täiteavad		Kogus ühel laadimisel			Trumli pöörlemiskiirus p/min	Mootori poolt tarbitav võimsus kW
Läbimõõt	Pikkus	Hulk	Mõõdet mm	Teraskuulide kg	Poleerimisvedelikku l	Tooteid kg		
200	250	1	70×200	20	5	5	50—60	0,2
200	800×1100	2	70×200	60	15	15	50—60	0,35
300	500	1	120×300	90	20	25	30—50	0,65
300	800×1100	2	120×300	130	30	40	30—50	0,9
400	500	1	120×300	150	35	40	20—40	1,3
400	800×1100	2	120×300	230	50	60	20—40	2,0

Ühekambriliste terastrumlite iseloomustus

Trumli mõõted mm		Täiteavad		Kogus ühel laadimisel			Trumli pöörlemiskiirus p/min	Mootori vajalik võimsus kW
Läbi-mõõt	Pikkus	Hulk	Mõõted mm	Teras-kuule kg	Poleerimis-vedelikku kg	Tooteid kg		
200	250	1	70×150	20	5	5	50—60	0,20
200	500	1	70×200	40	10	10	50—60	0,30
200	800	2	70×200	60	15	15	50—60	0,35
200	1100	2	70×200	80	20	20	50—60	0,45
300	500	1	120×300	90	20	25	30—50	0,65
300	800	2	120×300	130	30	40	30—50	0,90
300	1500	2	120×300	190	50	65	30—50	1,30
400	500	1	120×300	150	30	40	20—40	1,30
400	800	2	120×300	230	50	60	20—40	2,00

Kvaliteetseks poleerimiseks tuleb poleerimisvedelikku tööprotsessi vältel paar korda vahetada.

Kui toote poleerimine on lõppoperatsiooniks ja tooted galvaanilisse vanni ei lähe, siis pestakse neid keevas vees ja kuivatatakse.

LHVIMISE JA POLEERIMISE AUTOMATISEERIMINE [24]

Lihvimine ja poleerimine kui mehaanilise töötlemise põhiliik metalliga katmise tsehhides moodustab ligikaudu 75% kogu detailide töötlemiseks kuluvast töö mahust nendes tsehhides. Seepärast on viimistluslihvimise ja poleerimise mehhaniseerimise ja automatiseerimise küsimuste lahendamine väga olulise tähtsusega nii töötingimuste kergendamisel kui ka tootlikkuse tõstmisel.

Kodumaistes tehastes on konstrueeritud, valmistatud ja juurutatud rida kõrge tootlikkusega poolautomaatpinke detailide lihvimiseks ja poleerimiseks nende kaitse-dekoratiivsel katmisel.

Toome andmeid mõnede tööstuses kasutatavate poolautomaatpinkide kohta.

Autorataste rummude kapslite automaatseks dekoratiivseks töötlemiseks kasutatakse kaheksapositsioonilist pöörleva töölauga agregaatpink [24].

Pingi töötamis põhimõte seisab selles, et kapslid kinnitatakse spetsiaalsetele, töölaual (indekslaual) asuvatele spindelpeadele, kusjuures detaili kinnitamine töötamise ajaks ja vabastamine vastava operatsiooni lõppemisel toimub automaatselt.

Poleeritud detaili mahavõtmine ja uue ülesseadmine toimub kaheksandil positsioonil. Seitsmel positsioonil kinnituvad ja pöörlevad töödeldavad detailid automaatselt.

Joonisel 9 on toodud kuue spindliga poolautomaatne poleerimispink, joonisel 10 aga ümmarguse töölauga poolautomaatne poleerimispink.

Uhe positsiooniga akna dekoratiiväärise poleerimispink on näidatud joonisel 11.

Pink on ette nähtud kitsaste keerulise profiiliga detailide mehaaniliseks töötlemiseks poleerimisketaste abil etteantud profiili järgi.

Pink koosneb alusraamist 3, šarniirraamist 1, rakise ajamist 4, väljalülitamismehhanismist 2, kattedest 5, poleerimispeast 6 ja rakisest 7.

Poolautomaatpink puhvrite lihvimiseks ja poleerimiseks on näidatud joonisel 12 [24].

Poolautomaatpink koosneb alusraamist 2, pöördspindlitest 1 ja 4, poleerimispeadest 5 ja ühendusvõllist 3.

Autoosade käsitsi ja automaatse lihvimise ja poleerimise tootlikkuse võrdlevad näitajad on toodud tabelis 51.

Tabel 51

Detaili nimetus	Töötlemise iseloom	Keskmine tootlikkus tk/h		Automatiseeritud pingi tootlikkuse suurenemine (korda) ühe spindliga pingiga võrreldes
		Uhe spindliga pingil käsitsi töötlemisel	Automatiseeritud pingil	
Kapslid	Lihvimine	14,0	250	18,0
	Poleerimine	25,0	250	10,0
Radiaatori dekoratiiväärised	Lihvimine	10,0	125	12,5
	Poleerimine	40,0	125	3,0
Akna dekoratiiväärised	Lihvimine	15,0	40	3,0
	Poleerimine	25,0	40	1,5
Raamid	Lihvimine	6,0	40	7,0
	Poleerimine	25,0	40	1,5
Puhvrid	Lihvimine	1,5	10	6,5
	Poleerimine	3,0	10	3,5

Joonisel 13 on näidatud poolautomaatpink silindrilise kujuga detailide ja toodete lihvimiseks ning poleerimiseks [23].

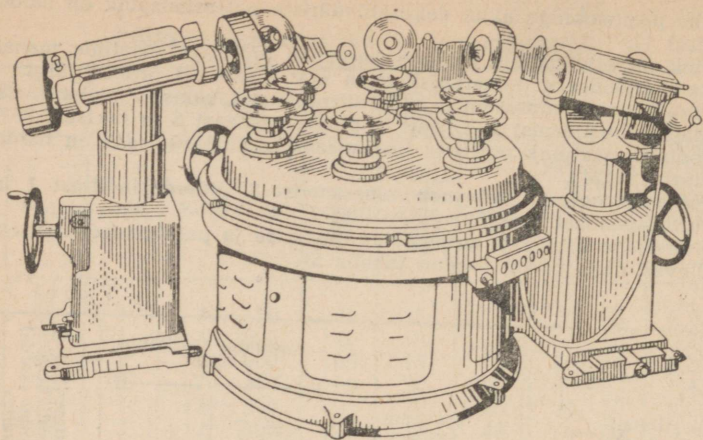
Kinnitatud detail pöörleb kiirusega 165 p/min mootoriga rihmülekande abil ühendatud erirakise abil. Ketta pöörlemiskiirus on 2300 p/min. Ketast käitab 6 kW elektrimootor pöörlemiskiirusega 1800 p/min.

Vankrit ühes sellele kinnitatud detailidega paigutab ümber mootor, mis on peavõlliga ühendatud kuue kiilrihmaga. Rihmade pingutust saab reguleerida mootori kronsteini abil.

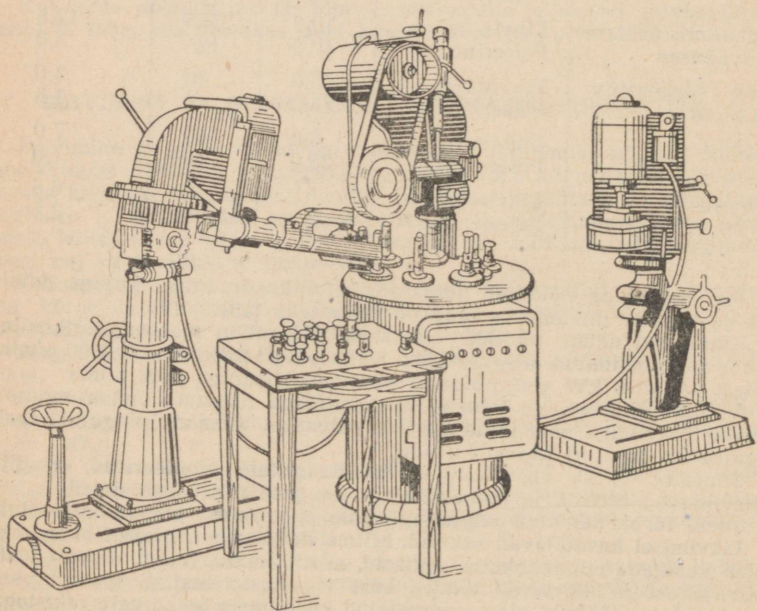
Suurtele, tolmu eest kaitstud kuullaagritele monteeritud spindlid võimaldavad lihvida ja poleerida mitmesuguse pikkusega detaile.

Joon. 14 on näidatud jalgrattapöidade poleerimise poolautomaatpink.

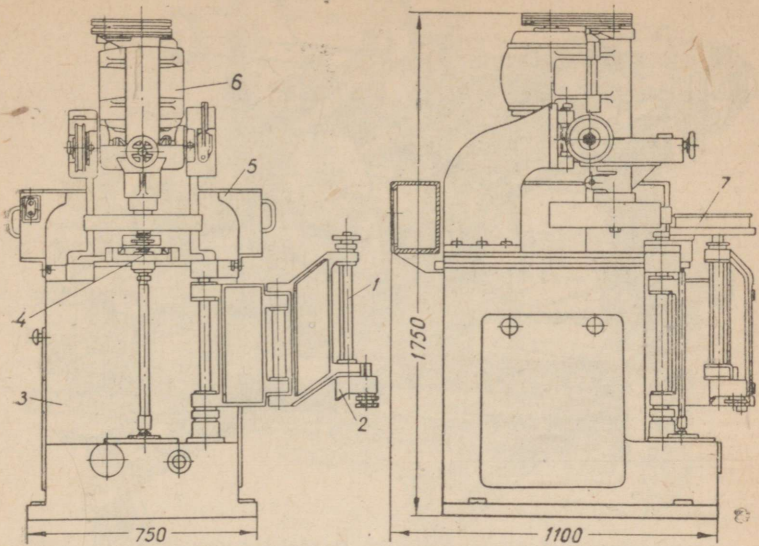
Lihvimisel kasutatavad rakised. Mitme detaili üheaegseks lihvimiseks tuleb kasutada mitmekohalisi rakiseid, mis võimaldavad tunduvalt tösta tööviljakust ja kaitsevad töölise käsi vigastuste eest. Seepärast peab pingil töötaja töökoht olema varustatud käepäraste ja kergete rakistega. Rasked ja kohmakad rakised väsitavad töölist ja alandavad tööviljakust [11].



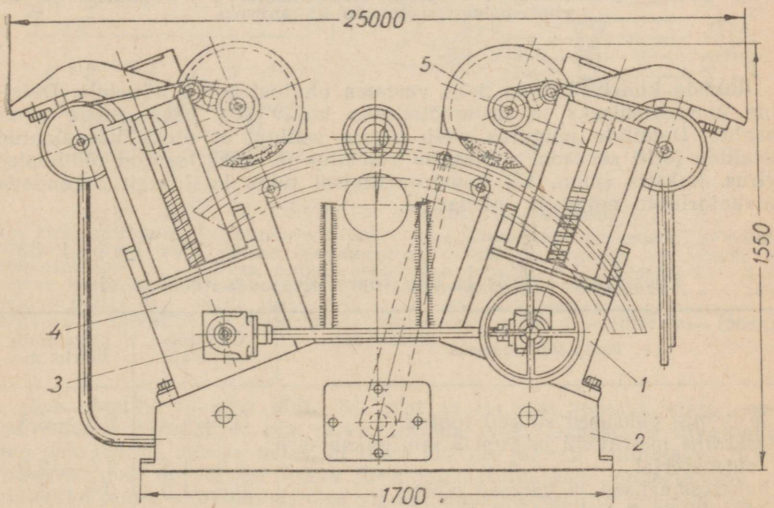
Joon. 9. Kuue spindliga poleerimispoolautomaat.



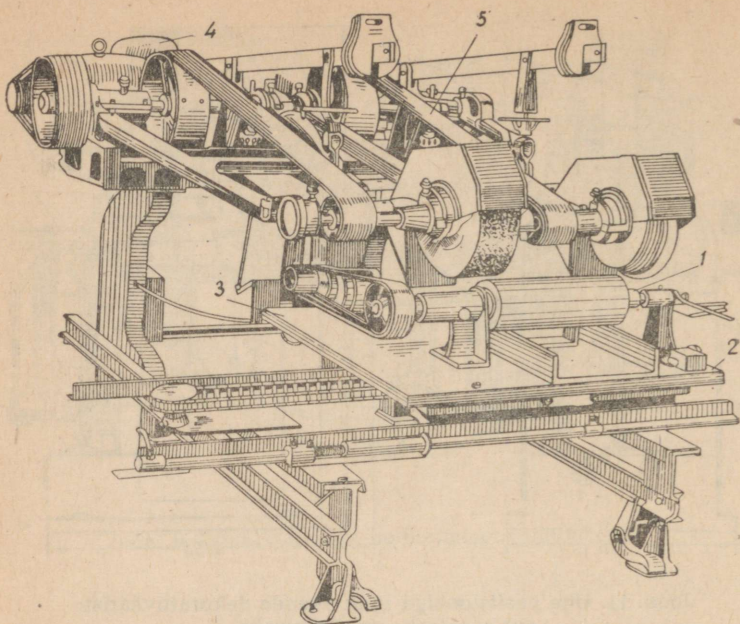
Joon. 10. Ummarguse indekslauaga poleerimispoolautomaat.



Joon. 11. Ühe positsiooniga pink akende dekoratiivväärste automaatseks poleerimiseks.



Joon. 12. Poolautomaat puhvrite poleerimiseks.



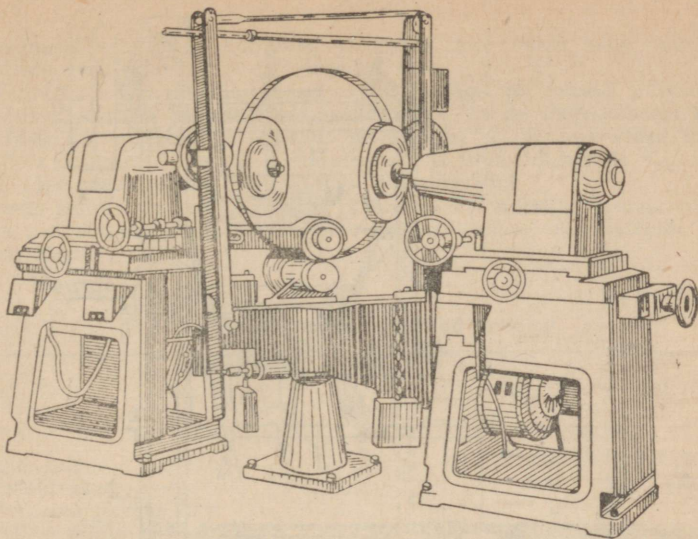
Joon. 13. Poolautomaat silindrite detailide lihvimiseks ja poleerimiseks: 1 — töödeldav silindiline detail; 2 — vanker; 3 — rihtmülekanne töödeldava detaili pöörlemapanemiseks; 4 — spindli elektrimootor; 5 — rihtmülekanne lihvimis-poleerimisketaste käitamiseks.

Rakiste konstruktsioon peab vastama ohutustehnika nõuetele. Detailide ülesseadmiseks ja mahavõtmiseks kuluv aeg peab olema minimaalne. Detailide paigutus peab olema selline, et oleks kõrvaldatud detailide (eriti servade) rikkumise võimalus ja oleks tagatud töötlemise kiirus. Rakiste (joon. 15) konstrueerimisel tuleb laialdaselt rakendada novaatorlikku mõtet ja initsiatiivi.

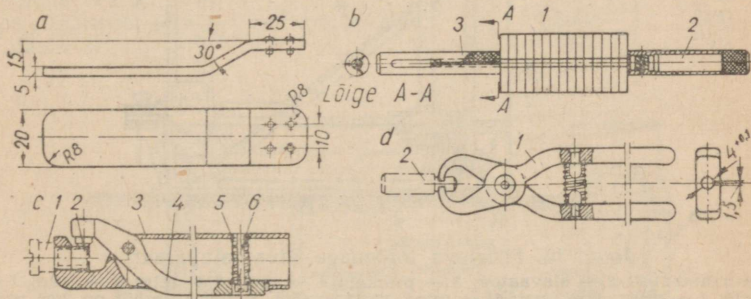
Tabel 52

Liivaterade suurus ja õhu surve liivajoaga töötlemisel

Toote iseloomustus	Õhu töösurve atü	Liivaterade suurus mm
Üle 3 mm paksused suured tooted	2,0—4,0	2,5 —3,5
Keskmine masinvalu ja kuni 3 mm paksune lehtmaterjal	1,0—1,5	1,0 —2,0
Chukeseseinalised ja väiksed tooted	0,5—1,0	0,5 —1,0
Chuke lehtmaterjal (kuni 1 mm) ja keermetatud tooted	0,3—0,5	0,05—0,15



Joon. 14. Poolautomaat jalgrattapöidade sisepindade poleerimiseks.

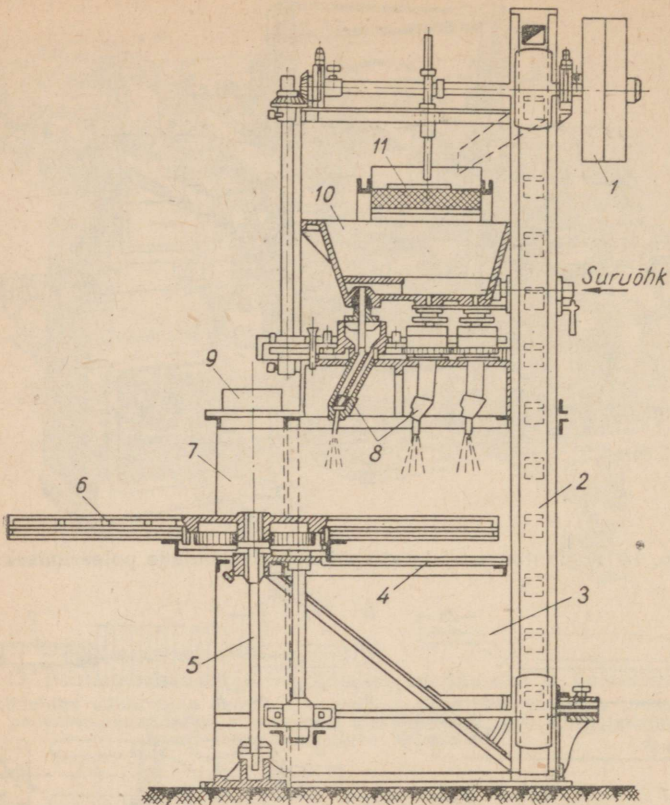


Joon. 15. Lihvimisel kasutatavad rakised:

a – rakis mitme detaili (neetide, kruvide jne.) üheaegseks lihvimiseks ja poleerimiseks; *b* – rakis mitme rõngakujulise detaili üheaegseks lihvimiseks ja poleerimiseks: 1 – varras, millele asetatakse detailid; 2 – käepide; 3 – äravõetav käepide; *c* – rakis poltide jt. taoliste detailide töötlemiseks; 1 – töödeldav detail; 2 – varda survenukk; 3 – kere; 4 – varras; 5 – vedru; 6 – kruvi; *g* – lihvimisel ja poleerimisel kasutatavad pihid: 1 – pihid; 2 – töödeldav detail.

Puhastamine liivajoa abil. Malmist ja terasest tooteid, mida enne galvaanilist katmist ei ole tarvis lihvida, võib puhastada liivajoga. See operatsioon seisab selles, et toote kuivale pinnale suunatakse liivajoa-aparaadist suruõhuga kuiva liiva juga. Liivajoga puhastamine on parimaks pinna ettevalmistamise viisiks enne kaitsekatte pealekandmist.

Liivaterade suurus ja suruõhu surve liivajoga töötlemisel valitakse vastavalt tabelile 52.



Joon. 16. Pöörleva töölauga liivajoa-aparaat:

1 — rihmratas; 2 — elevaator; 3 — punker; 4 — sõel; 5 — telg; 6 — laud; 7 — varje; 8 — düüs; 9 — toru; 10 — punker; 11 — sõel. Laua läbimõõt on 2300 mm; pöörlemiskiirus 0,44 või 0,88 p/min; düüside arv on 3; düüside läbimõõt 6–8 mm; elektrimootori võimsus 22 kW; õhu kulu, kui surve on 1,75–2 at — 6–8 m³/min; liiva kulu 100 kg/t; masina tootlikkus 1–1,5 t/h; seadme kaal 3–7 t.

Keskmine liivakulu ühe 8 mm läbimõõduga düüsi puhastamiseks 3 atü rõhu korral on 260 kg/h. 90% sellest kogusest saab kasutada teistkordselt. Pöörleva töölauga liivajoa-aparaat on näidatud joonisel 16.

Liivajoa-aparaatide tehnilised andmed on toodud tabelis 53.

Pärast liivajoga puhastamist eemaldatakse tootelt liiva ja tolmu jäägid hoolikalt suruõhuga, mõnikord ka kuumaga. Galvaanilisele katmisele kuuluvaid detaile puhastatakse seejärel veel rasvainetest, söövitatakse või dekapeeritakse ja pestakse.

Liivajoga puhastamise põhiliseks puuduseks on väga peene tolmu eraldumine seadme töötamise ajal. See tolm mõjub kahjulikult töötajate tervisele ja seadmetele.

Viimasel ajal leiab kodumaa tööstuses ikka enam kasutamist nn. metallide vedelik-abrasiivne töötlemine [26].

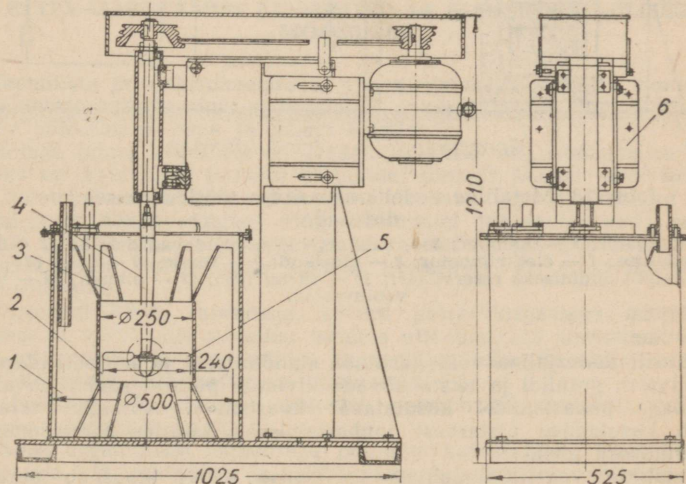
Vedelik-abrasiivsel töötlemisel on liivajoaga töötlemise positiivsed omadused, kuid ta on vaba selle puudustest. Ta on ökonoomsem (jääb ära liiva kuivatamine ja väheneb selle kulu) ja ei anna üldse tolmu. Seetõttu paranevad tööliste töötingimused ja võimaldub seda liiki seadmeid üles seada teiste tööpinkidega ühisesse liini.

Peale selle võib seda menetlust kasutada ka metallide poleerimiseks vastavate poleerivate abrasiivainete (abrasiivtolmu, raudoksüüdi jne.) kasutamisel.

Tabel 53

Liivajoa-aparaatide tehnilised andmed

Näitajad	ПА-60	ПА-140
Kõrgus mm	1250	1350
Läbimõõt mm	600	600
Katte seina paksus mm	5	5
Koonilise põhja paksus mm	6	6
Maht l	150	150
Ohu kulu m ³ /h	60	140
Töörõhk atü	3	6
Sõela läbimõõt (9 ava 1 cm ² kohta) mm	500	500
Üldkaal kg	87	110



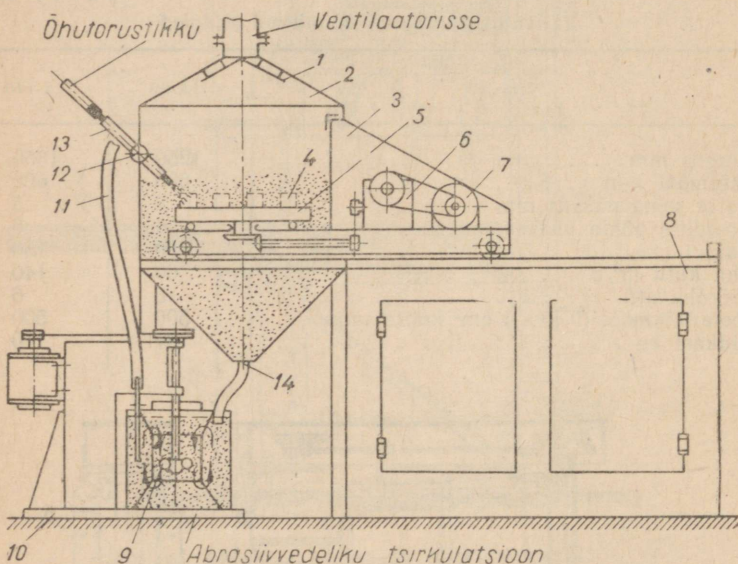
Joon. 17. Abrasiivi heljundamise mehhanismi üldvaade:

1 — reservuaar; 2 — tsirkulatsioonitoru; 3 — ribi; 4 — völli; 5 — tiivik, 6 — elektrimootor.

Vedelik-abrasiivse töötlemise meetod seisab selles, et abrasiiv- või poleerivat ainet sisaldava vedeliku juga juhitakse vee või suruõhu survele suure kiirusega töödeldavatele detailidele.

Vedelik-abrasiivset töötlemist kasutatakse sepiste, valu ja valtsmetalli puhastamiseks roostest, tagist ja teistest pinnadefektidest ning puhastatud toodetele loomuliku metalse läike andmiseks. Teda kasutatakse suurte profileeritud toodete, näiteks turbiinilabidate, laevakruvide ning teiste detailide ja toodete poleerimiseks nende galvaaniliseks katmiseks ettevalmistamisel.

Vedelik-abrasiivse poleerimise meetodil võib saada 8-nda ja kõrgema puhtusklassiga pinna (ГОСТ 2789-51), olenevalt pinna esialgsest puhtusest.



Joon. 18. Metallide vedelik-abrasiivse töötlemise seadme üldvaade:

- 1 — separaator; 2 — kamber; 3 — vanker; 4 — töödeldavad detailid; 5 — laud; 6 — reduktor; 7 — elektrimootor; 8 — aluslaud; 9 — tiivik; 10 — alus; 11 — voolik vedeliku andmiseks reservuaari; 12 — šarniirtugi; 13 — pihusti; 14 — väljavooluvoolik.

Abrasiivmaterjalina võib kasutada standardseid ja mittestandardseid abrasiivteri, graniidi ja teiste kõvade kivimite pulbrit, samuti tavaliselt liivajoaga puhastamisel kasutatavat kvartslüüa. Abrasiivi teralisus sõltub kasutamise otstarbest (puhastamiseks, kiskude eemaldamiseks, poleerimiseks jne.).

Metallide vedelik-abrasiivse töötlemise seade koosneb abrasiivi suspendeerimis-heljundamis-mehhanismist (joon. 17) ja järgmistest põhi-elementidest (joon. 18): kambrist 2, vankrist 3 ja aluslauast 8.

Töödeldavad tooted 4 asetatakse lauale 5, ja seejärel lükatakse vanker 3 kambrisse 2.

Suruõhupihusti 13 imeb vooliku 11 abil abrasiivi suspendeerimis-mehhanismist abrasiivvedelikku ja paiskab töödeldavatele toodetele.

Laua paneb liikuma elektrimootor 7 reduktori 6 abil. Pidevalt pöörlev segaja 9 hoiab abrasiivi hõljuvas olekus.

Vedelik-abrasiivse töötlemise seadme tehniline iseloomustus on järgmine:

Tunnitootlikkus puhta värvilise valu puhastamisel kg	250—300
Sama malm- ja terasvalu puhul kg	200—300
Valandi maksimaalne kaal kg	200
Valandi maksimaalsed mõõted mm	800×800×800
Elektrimootorite arv	2
Elektrimootorite võimsus kW	1+1=2
Vajalik õhusurve kg/cm ²	mitte alla 3,5
Pihustite arv	10
Õhukulu ühes pihustis m ³ /min	15
Abrasiivvedeliku paagi maht l	100
Paagi täide l:	
liiva	30
emulsiooni	75
Seadme kaal kg	2060
Seadme mõõted mm:	
laius	1500
pikkus	3700
kõrgus põrandapinna kohal	2200
kõrgus põrandapinna all	1110

DETAILIDE JA TOODETE GALVAANILISEKS KATMISEKS ETTEVALMISTAMISE KEEMILISED JA ELEKTROKEEMILISED MOODUSED

Keemiliste ja elektrokeemiliste ettevalmistusviiside hulka kuuluvad: rasvainetest puhastamine, söövitamine, dekapeerimine ning elektrokeemiline poleerimine enne ja pärast katmist.

Metalli pinna keemilise ja elektrokeemilise ettevalmistamise ülesandeks on eemaldada toodete (detailide) pinnalt nendel asuv rasvane jne. mustus (rasvainetest puhastamine), rooste, tagi ja oksüüdid (söövitamine ja dekapeerimine) ning mõningatel juhtumitel anda metalli pinnale tarvilik siledus ja läige (elektrokeemiline poleerimine).

Rasvainetest puhastamine toimub keemiliste ja elektrokeemiliste meetodite abil.

Tugevasti õliga, rasvadega, samuti poleerimispastaga määratud terasest ja värvilisest metallist toodete ettevalmistav puhastamine toimub erivannides ja -aparaatides orgaaniliste lahustite abil. Seejuures tuleb tingimata täita vastavaid ohutuseeskirju.

Lahustitena kasutatakse bensiini, petrooleumi, bensooli, trikloor-ütüleen, diklooretaani jt.

Pärast orgaaniliste lahustitega pesemist kuivatatakse tooteid kuiva suruõhuga või laastudega ja sellele järgneb keemiline või elektrokeemiline rasvainetest puhastamine.

Keemiline rasvainetest puhastamine toimub olenevalt toodete konfiguratsioonist kas käsitsi, mispuhul toodete pinda puhastatakse kustutatud lubja lahusega (lubjapiimaga) (vähetootlik meetod) või keedetakse

neid leelismetallide hüdroksüüdide või karbonaatide lahustes, mis on võimelised rasvu ja mineraal-määrdeõlisid lagundama, seebistama ja emulgeerima.

Keemilisel puhastamisel kasutatavate leeliselahuste koostised on toodud tabelis 54.

Tabel 54

Keemiliseks puhastamiseks kasutatavate leeliselahuste koostised

Vanni koostis g/l	Tugevasti rasvunud terastoodetele	Vähesel määral rasvunud terastoodetele	Vases ja vase-sulamiitest toodetele	Alumiiniumist toodetele
Naatriumhüdroksüüd	100—150	10—15	—	—
Kaltsineeritud sooda	40—50	30—40	—	15—20
Trinaatriumfosfaat	—	50—70	100	25—30
Vesiklaas	3—5	2—3	10—20	—
Seep	—	—	—	1—3

Rasvainetest puhastamiseks kasutatavaid lahuseid soojendatakse 75—98 kraadini, võimaluse korral keemistemperatuurini, mispuhul seebistamine ja emulgeerimine toimuvad intensiivsemalt.

Puhastamise kestus sõltub toodete mustumise astmest ja on tavaliselt 15—60 min.

Pärast rasvainetest puhastamist tuleb leelise jäljed kuumas, seejärel aga külmas voolavas vees toote pinnalt hoolikalt maha pesta. Viimasel ajal kasutatakse suurtes ettevõtetes spetsiaalseid pesemismasinaid, kus toodete pinda uhutakse kuuma leelise lahuse jugadega surve all.

Elektrokeemiline rasvainetest puhastamine. Elektrokeemilise puhastamise eeliseks, võrreldes keemiliselega, on puhastamise täielikkus ja kiirus.

Elektrokeemilisel puhastamisel riputatakse detailid leeliselise elektroolüüdiga vanni katoodlatile, kus neile toimivad detailide pinnal tormiliselt eralduvad vesinikumullid, mis rebivad rasvkile pinnalt ära mehaaniliselt.

Metallis vesiniku lahustumisega seotud komplikatsioonide vältimiseks tuleb rasvainetest puhastamist teostada algul katoodil (5—8 min), protsessi lõpul aga lülitada detailid ümberlüüti abil anoodile ja töödelda neid nii 1—2 minutit. Õhukeseseinaliste ja karastatud detailide, samuti mitmesuguste vedrude puhastamine toimub ainult anoodil, mis ei põhjusta metalli mehaaniliste omaduste muutumist.

Elektroolüütide koostised on toodud tabelis 55.

Töötlemise režiim: voolutihedus $D_t = 3-8$ A/dm²; pinge 6—10 V; temperatuur 60—75°C; protsessi kestus 5—10 min.

Elektroodideks kasutatakse 15—20 µ paksuse niklikihiga kaetud terasplaate.

Toodete riputamine elektrokeemilise puhastamise vanni toimub samade rakistega (raamidega, riputuskonksudega), mille abil hiljem toimub katmine galvaanilistes vannides.

Väikesed detailid puhastatakse rasvainetest terasvõrgust korvides, mida tuleb perioodiliselt raputada.

Elektrokeemilisel rasvainetest puhastamisel kasutatavate lahuste koostised

Vanni koostis g/l	Tugevasti rasvunud terasdetailid	Keemiliselt puhastatud terasdetailid	Alumiiniumist ning tsingisulamist detailid	Vasest ja vasesulamist detailid
Naatriumhüdroksüüd	30—60	—	—	—
Kaltsineeritud sooda	40—60	20—30	5—10	5—10
Trinaatriumfosfaat	5—10	30—50	20—30	—
Vesiklaas	3—5	2—3	—	—
Seep	—	—	1—3	—
Kaaliumkarbonaat (potas)	—	—	—	20—30
Kaalium- (naatrium-) tsüaniid	—	—	—	2—3

Rahuldava rasvainetest puhastamise väliseks tunnuseks on puhastatud pinna hea märgumine veega. Kui vesi jookseb pesemisel pealt maha ega märga toote pinda, tuleb puhastusoperatsiooni korrata.

Tuleb arvestada, et keerulise kujuga toodete lõplikuks puhastamiseks tuleb neid pärast elektrokeemilist puhastamist täiendavalt puhastada käsitsi kustutatud lubja lahusega (eriti kulumiskindlal kroomimisel).

Peale rasvainetest puhastamist pestakse tooteid nendelt leelise eemaldamiseks algul kuumas, seejärel külmas vees.

Dekapeerimine. Põhimetalli ja katte head liitumist võib saavutada ainult pärast oksüüdide jälgede eemaldamist toote pinnalt ja põhimetalli struktuuri nähtavale toomist. Seda saavutatakse dekapeerimisega, mis toimub mustadest metallidest toodete asetamisega nõrka (3—5 protsendilise) väävel- või soolhappe lahusesse. Värvilistest metallidest ja sulamitest tooteid dekapeeritakse (kui nad kuuluvad galvaanilisele katmisele happelistes vannides) lahuses, mis sisaldab 3% lämmastikhapet ja 2% väävelhapet. Kui aga tooted lähevad katmisele tsüaniidelektrolyütides (kuldamine, hõbetamine jne.), toimub dekapeerimine 3—5 protsendilises naatrium- või kaaliumtsüaniidi lahuses.

Dekapeerimisprotsess kestab 0,5 kuni 2 minutit. Pärast seda pestakse tooteid hoolikalt voolavas vees. Terastoodete pinna ettevalmistaval töötlemisel enne katmist kasutatakse galvaaniliselt sadestatava metalli tugevama liitumise tagamiseks anood-dekapeerimist [9]. Söövituslahus koosneb kontsentreeritud väävelhappet (erikaal 1,6—1,7), millele on lisatud kaaliumbikromaati (20 g/l). Anood-töötlemine toimub pingel 6—12 V, katoodiks kasutatakse pliiplaati.

Söövitamine. Oksüüdide (tagi ja rooste) eemaldamist metalli pinnalt keemilise või elektrokeemilise töötlemisega hapete, happeliste soolade või leeliste lahustes nimetatakse söövitamiseks.

Mustade metallide keemiline söövitamine. Mustade metallide söövitamine toimub käesoleval ajal peaaegu eranditult väävel- ja soolhappe vesilahustega või nende segudega. Happel toimivad metalli katvatele oksüüdidele ja lahustavad neid, moodustades rauasooli. Oksüüdid ei moodusta raua pinnal ühtlast kilet. Uheaegselt oksüüdidega lahustub

Mustade metallide söövitamiseks kasutatavate lahuste koostised

Kemikaalide nimetus ja töörežiim	Sisaldus g/l						Söövituslahuste kasutusala
	Lahuse nr.						
	1	2	3	4	5	6	
Vävelhape (erikaal 1,84)	75	—	100	230	—	125	Lahused 1, 2 ja 3 on ette nähtud legerimata süsinikterase söövitamiseks; lahused 4 — roostevaba terase ettevalmistavaks ja lahused 5 lõplikuks söövitamiseks; lahused 6 — väikese süsinikusisaldusega teraste söövitamiseks. Lahused 1, 2 ja 3 võib kasutada malmi söövitamiseks, lisades neile 25—30 g/l fluorvesinikhapet
Soolhape (erikaal 1,19)	125	125	—	270	450	—	
Lämmastikhape (erikaal 1,4)	—	—	—	—	50	—	
Naatriumkloriid	—	—	—	—	—	225	
Lisand «KC»	3	3	—	3	3	4	
Lahuse temperatuur °C	30—40	30—40	40—60	40—50	50	50—60	
Protsessi kestus min.	oksuüüdi kõrvaldamiseni	oksuüüdi kõrvaldamiseni	60	3—5	oksuüüdi kõrvaldamiseni	oksuüüdi kõrvaldamiseni	

osaliselt ka metalne raud, moodustuvad rauasoolad ja eraldub vesinik. Eralduv vesinik toimib mehaaniliselt rauaoksüüdide kilele, rebib seda metalli pinnalt lahti ja kiirendab seega protsessi. Samuti tungib (difundeerub) vesinik metalli ja, muutes selle mehaanilisi omadusi, põhjustab nn. söövitusahprust.

Oksüüdid lahustuvad soolhappes kiiremini kui väävelhappes; viimane lahustab esmajones metalset rauda, oksüüde aga nõrgalt.

Kuid et väävelhappes söövitamisel eraldub rohkem vesinikku, mis soodustab oksüüdide eemaldamist, on väävelhappe kasutamine ökonoomsem, seda enam, et tema maksumus on soolhappe omast madalam. Soolhappe tungib metalli poorides sügavamale, seepärast on teda raskem maha pesta ja neutraliseerida, soolhappe jäljed aga võivad hiljem olla korrosiooni põhjuseks.

Sool- ja väävelhappes söövituslahustes kasutatakse mustade metallide söövitamisel mõnikord lisanditena fluorvesinik-, fosfor- ja lämmastikhapet 5—25% lises koguses. Sel juhul toimub söövitamine toatemperatuuril.

Mustade metallide keemiliseks söövitamiseks kasutatavate söövituslahuste koostised on toodud tabelis 56.

Söövitusregulaatorid. Oksüüdide (tagi ja rooste) eemaldamisega söövitamise abil kaasub metalise raua lahustumine ja vesiniku eraldumine. See põhjustab metalli liigsöövitamist ja lagunemist või toodete hapraks ja rabedaks muutumist metalli pinna vesinikuga küllastamise tagajärjel. Metallid kaitseks söövitusahpruse eest ja liigsöövituse vältimiseks, samuti hapete kokkuhoidmiseks lisatakse söövituslahusesse 0,1—2% nn. söövituslisandeid ehk söövitus- aeglustajaid (ingibiitoreid).

Lisandite toime seisab oksüüdidest puhastatava metallipinna katmises kolloidkilega, mis kaitseb metalli liigsöövituse eest ja alandab vesiniku difundeerumist metalli pinnakihti. See vähendab metalli vesinikahprust ja alandab tunduvalt happe kulu. Laialdaselt on levinud loomse päritoluga jääkidest valmistatud lisandid „KC“ ja sulfošlamm, kanepiõli kookide jääkidest valmistatud Ж-1, Tšumakovi, Krassutski jt. lisandid.

Tabelis 57 on toodud mõningate söövituslisandite iseloomustus.

Tabel 57

Nimetus	Kulu 1 m ² söövituslahuse kohta päevas kg	Lubatav temperatuur °C	Toime aeg ööpäevades	Happe kokkuhoid %	Metalli lahustumise vähenemine %
Tšumakovi	21	45	4—5	25	25
Krassutski	21	40—45	1	25	25
«KC»	2,6	60	3—4	20—30	20—30
Ж-1	1,5	60	5	20—30	20—30
Sulfošlamm	8	67—70	5—7	25—35	25—35

Viimasel ajal on NSV Liidus välja töötatud ja tööstusse juurutatud uued lisandite tüübid nimetuste all „ЧМ“, „Unikol“, margid MH, MH-2, MH-3 (tabletid) ja MH-10 (vedelik) [22].

Lisandit „ЧМ“ kasutatakse mustade metallide (malmi, legerimata ja nõrgalt legeritud teraste) söövitamiseks väävelhappelahustes, söövitus-

tsehhides rakendatavate mistahes kontsentratsioonide ja temperatuuride puhul. Söövitamise ajal tekib söövitusvedeliku pinnale vaht, mis kaitses tsehhi atmosfääri söövitusaurude eest.

Tabelites 58 ja 59 on toodud lisandit „MH” sisaldavate väävelhappe- ja soolhappe-söövituslahuste koostised ja nende kasutamise iseloomustus.

Tabel 58

Lisandit «MH» sisaldavate väävelhappe-söövituslahuste koostised

Puhastatavate toodete iseloomustus	Vett l	Tehnilist väävelhapat (erikaal 1,84) l	Lisandit „MH., kg
Tugevasti roostetanud ja ilma poleeritud pindadeta detailid	850	150	2
Nõrgalt roostetanud ja poleeritud pinnaga detailid	900	100	5
Nõrgalt roostetanud kvaliteetselt poleeritud detailid, kui nõutakse nende mõõdete ja poleerituse ranget säilitamist	950	50	20

Tabel 59

Lisandit «MH» sisaldavate soolhappe-söövituslahuste koostised

Puhastatavate toodete iseloomustus	Vett l	Soolhapat (erikaal 1,19) l	Lisandit „MH., kg
Tugevasti roostetanud poleerimata pindadega detailid	750	250	2
Nõrgalt roostetanud poleeritud pinnaga detailid	800	200	5
Nõrgalt roostetanud kvaliteetselt poleeritud detailid	900	100	20

Kui terasdetailide söövitamisel on oluline, et nende mõõdet ei muutuks, siis soovitatakse kasutada söövitamiseks ja samaaegselt passiiverimiseks järgmist söövituslahust:

kroomhappe anhütriid 250 g/l
fosforhape 60 g/l

Söövitatakse 90—95° juures 5—90 minutit, olenevalt detailide pinna roostetamise määrast.

Vase ja selle sulamite söövitamine. Värviliste metallide ja nende sulamite söövitamisel on kaks eesmärki: pinna lõplik töötlemine ja temale

läike andmine ühes järgneva lakkimisega ja söövitamine, et pinda ette valmistada galvaaniliseks katmiseks.

Sagedamini söövitatakse vaske ja selle sulameid, pronksi, valgevaske, uushõbedat jt., kusjuures kasutatakse tavaliselt lämmastikhappe segu väävel- ja soolhappega. Söövitamine toimub tavaliselt kahe võttega: ettevalmistava ja lõpliku ehk läikisöövitamisena.

Söövitamiseks kasutatavate lahuste koostised.

1. Ettevalmistavaks söövitamiseks:

lämmastikhape (erikaal 1,4)	1 l.
väävelhape (erikaal 1,84)	1 l
naatriumkloriid (keedusool)	1—2 g

Selles lahuses töötlemise aeg on 3—5 sekundit.

Segu valmistamiseks tuleb nõusse esmalt valada lämmastikhapet, siis järk-järgult lisada väävelhapet, kuumenevat segu kogu aeg jahutades.

Enne söövitamist tuleb detailid rasvainetest puhastada, pesta ja tingimata kuivatada, et söövitussegu mitte lahjendada. Vastasel korral toimub söövitamine ebaühtlaselt.

2. Lõplikuks söövitamiseks ja läikiva pinna saamiseks kasutatakse järgmist lahust:

lämmastikhape (erikaal 1,4)	1 l
väävelhape (erikaal 1,84)	1 l
soolhape (erikaal 1,19)	20 ml
hollandi tahm	3—5 g

Tooted asetatakse sellesse segusse 2—3 sekundiks ja pestakse seejärel viivimatult ning hoolikalt rohkes vees. Pärast seda detailid kuivatatakse või asetatakse katmis- või lakkimisvanni.

Poolläikiva pinna saamiseks võib kasutada selliseid lahuseid:

1. kaaliumbikromaat	50 g/l
väävelhape	10 "
2. kroomhappe anhüdriid	200 "
väävelhape	50 "

Lahuste temperatuur olgu 15—25°, töötlemisaeg 5—10 minutit.

Läikisöövitamise lahusesse tsinksulfaadi lisamine (1—2 g/l) võimaldab saada mati pinna.

Tsingi, tina ja plii söövitamine toimub 5-protsendilises väävelhappelahuses. Seejärel toote pind pestakse ja puhastatakse liiva või harja abil tuhmistamispingil.

Alumiiniumi ja selle sulameid söövitatakse 10—20-protsendilises naatriumhüdroksüüdi või kaaliumhüdroksüüdi lahuses, millele on lisatud 30 g/l naatriumkloriidi [1].

Heleda pinna saamiseks asetatakse alumiiniumtoode pärast sööbeelises söövitamist ja külmas voolavas vees pesemist mõneks sekundiks kontsentreeritud lämmastikhappesse või lahusesse, mis sisaldab ühe liitri vee kohta 100 g kroomhappe anhüdrüüdi ja 20 g väävelhapet (erikaaluga 1,84) temperatuuril 18—25° C.

Alumiiniumpronksilt tagi eemaldamiseks kasutatakse 20-protsendilist väävelhappelahust temperatuuril 70° C.

Elektroni ja teisi magneesiumisulameid võib söövitada järgmise koostisega lahuses:

lämmastikhape (erikaal 1,38)	1000 cm ³
kaaliumbikromaat	350 g
vesi	1000 cm ³

Söövitatakse toatemperatuuril, söövitusaeeg 10—45 sekundit. Lahust korrigeeritakse lämmastikhappe lisamisega. Lääkiva pinna saamiseks asetatakse tooted 10—17 protsendilisesse lämmastikhappe lahusesse.

Elektrokeemiline söövitamine. Elektrokeemiline söövitamine toimub väävelhappe lahustes, millele on lisatud soolhapet, naatriumkloriidi, raudsulfaati või raudkloriidi, madalpingelise alalisvoolu toimel nii anoodil kui ka katoodil.

Katoodsöövitamisel emaldatakse oksüüdid toodetelt intensiivselt eralduva vesiniku toimel.

Katoodsöövitamise protsess väldib metalli ülesöövitamise ohu, kuid toodetel eralduv vesinik tungib osaliselt metalli pinda ja muudab selle hapraks.

Praktikas kasutatakse sageli kombineeritud elektrokeemilist söövitamist. Tooted on esialgu katoodiks, seejärel lülitatakse nad voolu suuna muutmisega ümberlüüti abil lühikeseks ajaks anoodiks.

Anoodidena kasutatakse elektrokeemilisel söövitamisel pliiplaate, mis söövituslahuses praktiliselt ei lahustu. Elektrokeemilist söövitamist iseloomustab söövitamise suurem kiirus ja väiksem happe kulu, võrreldes keemilise söövitamisega.

Tabelis 60 tuuakse elektrolüütide koostised ja töörežiim mustade metallide anood-elektrokeemiliseks söövitamiseks.

Tabel 60

Kemikaalide nimetused ja töörežiim	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus g/l					Elektrolüüdi kasutusala
	1	2	3	4	5	
Väävelhape (erikaal 1,84) .	15	250	150	10	—	Lihtsa geomeetrilise kujuga raud- ja terasdetailide anoodsöövitamiseks. Traadi ja lindi söövitamisel, kus toode tõmmatakse läbi elektrolüüdi lahtikeeratult, kasutatakse suuremat voolutihedust 50—300 A/dm ²
Soolhape (erikaal 1,19) .	—	—	—	—	10	
Naatriumkloriid .	40	—	50	50	50	
Raudsulfaat . .	250	—	—	150	—	
Raudkloriid . . .	—	—	—	—	150	
Elektrolüüdi temperatuur °C .	18—25	40—60	40—60	40—60	20—40	
Voolutihedus A/dm ²	5—10	5—10	5—10	5—10	5—10	
Söövitusaeeg	15—25	10—30	10—20	15—35	8—15	

Kõige rohkem on levinud elektrokeemiline söövitamine katoodil. Seejuures sadestub toodetele, mis on katoodideks, õhuke kiht pliid. See kiht kaitseb tooteid ülesöövitamise eest, on pinna puhtuse kvaliteedi näitajaks (sest oksüüdide olemasolul plii pinnale ei sadestu) ja takistab vesiniku tungimist toote sisse. Kuna plii kiht on toote pinnaga seotud väga halvasti ega ole kasutatav aluskihina, eemaldatakse ta enne katmist, asetades tooted anoodideks kõrgendatud hulgal naatriumhüdrosüüdi sisaldavasse leelisivanni.

Söövitamine toimub järgmise koostisega elektrolüüdis:

väävelhape (erikaal 1,84)	50 g
soolhape	30 "
naatriumkloriid	22 "
vesi	1 l

Voolutihedus olgu 7,5—10 A/dm², temperatuur 50—70° C, pinge 5—8 V, aeg 3—10 minutit. Anoodideks on ränimalmist vardad, mis on antud elektrolüüdis täiesti püsivad, ja pliiribad, millede pind moodustab malm-anoodide pinnast 1—2%.

Pärast külmas vees pesemist asetatakse tooted plii mahavõtmiseks anoodideks alljärgneva koostisega leelisivanni:

naatriumhüdrosüüd	85 g
naatriumfosfaat	30 "
vesi	1 l

Elektrolüüsitakse voolutihedusel 5—8 A/dm² ja temperatuuril 60—80° C 2—3 minutit. Katoodideks on terasplaadid. Pärast plii mahavõtmist pestakse tooteid kuumas (50—60° C) vees.

METALLIDE ELEKTROKEEMILINE POLEERIMINE

Sileda läikiva pinna saamine metallide anood-töötlemisega spetsiaalsetes elektrolüütides on toodete galvaaniliseks katmiseks ettevalmistamise üheks paremaks meetodiks, mis tagab katte tugeva liitumise poleeritud pinnaga. Seda meetodit nimetatakse elektrokeemiliseks poleerimiseks. Elektrokeemilist poleerimist kasutatakse ka real erijuhtudel, nagu lõiketerade teritamisel, mikrolihvide valmistamisel jne.

Elektrokeemilisel poleerimisel metalli pind sileneb ja muutub väljaulatuvate osade lahustumise tulemusena läikivaks. Terastoodete elektrokeemiline poleerimine toimub pärast vastavat mehaanilist ettevalmistust ja rasvainetest puhastamist tabelis 61 toodud elektrolüütide abil.

Katoodid on valtsitud pliist või happekindlast terasest. Nende töö- pind peab olema 6—8 korda suurem kui anoodil (5).

Elektrolüüdi valmistamine toimub järgmiselt: kroomhappeanhüdriid lahustatakse arvutatud hulgas destilleeritud või hästi läbikõõeldud vees. Pärast seda valatakse kroomhappe anhüdriidi lahusesse pikka- mööda fosforhapet, seejuures lahust segades, ja siis, mitte lastes lahusel tugevasti kuumeneda, — väävelhapet.

Saadud lahust kuumutatakse 115—120° C juures, kuni ta erikaal muu- tub võrdseks tabelis antud suurusega.

Elektropoleerimisel kasutatavate elektrolüütide koostis ja töörežiim

Kemikaalide nimetused ja töörežiim	Kontsentratsioon kaalu %-des	
	süsinikterastele	kõrgeltleegeritud ja roostekindlatele terastele
Ortofosforhape (erikaal 1,6)	65	40
Vävelhape (erikaal 1,84)	15	40
Kroomhappe anhüdriid	6	3
Vesi	14	17
Elektrolüüdi erikaal	1,74	1,65
Voolutihedus anoodil A/dm ²	40—80	40—80
Töötemperatuur °C	80—90	80—90
Poleerimise kestus min.	5—10	5—10

Kui vanni ekspluateeritakse pidevalt kogu tööpäeva jooksul, tuleb teda enne töö algust veega lahjendada. Pärast vee lisamist segatakse elektrolüüti hoolikalt ja kuumutatakse 100—120° C juures 30—40 minutit.

Elektrolüüdi kontroll vanni nõutava koosseisu alahoidmise osas seisab elektrolüüdi regulaarses analüüsimises ning kuue- ja kolmevalentse kroomi, vävel- ja fosforhappe ning vee sisalduse korrigeerimises.

Vase, vasesulamite ja vaskkatete elektrokeemiline poleerimine toimub järgmise koostisega elektrolüüdis [3]:

ortofosforhape (erik. 1,6)	1200 g
kroomhappe anhüdriid	120 g
valmis elektrolüüdi erikaal	1,6—1,61

Temperatuur 20—30° C; voolutihedus anoodil 35—50 A/dm²; poleerimise kestus 0,5—2 minutit.

Katodideks kasutatakse lehtvaske.

Nikkelkatete elektrokeemiline poleerimine toimub järgmises elektrolüüdis:

vävelhape (erikaal 1,84)	1200 g/l
ortofosforhape (erikaal 1,5)	120—150 g/l
sidrunhape	15—20 g/l
elektrolüüdi erikaal	1,65

Voolutihedus anoodil 30—50 A/dm²; poleerimise kestus 20—30 sec; katood — valtsitud plii; anoodiks on poleeritav detail.

Niklikiht väheneb poleerimisel 3—4 µ 40 sekundi jooksul.

Nikeldatud detaili pind muutub poleerimisel läikivaks ja omandab hea peegeldusvõime. Poleerimise puuduseks on, et ei saa avastada ei põhimetalli ega ka katte defekte.

Et saavutada galvaaniliste katete tugevat liitumist põhimetalliga, töödeldakse poleeritud detaile keemiliselt, kastes neid lühikeseks ajaks 5-protsendilisse soolhappelahusesse.

Selline elektropoleeritud detailide pinna aktiveerimine on kohustuslik, kui järgneb katmine galvaaniliste sadestistega. Elektropoleerimise abil võib saada katte ja põhimetalli erakordselt tugevat liitumist.

GALVAANILISED KATTED

VASETAMINE

Vask on sepistatav, küllalt pehme ja kergesti poleeritav iseloomuliku punase värvusega metall. Erikaal — 8,91. Aatomkaal — 63,57. Sulamistemperatuur — 1083°. Vask on hea elektrijuht. Uhevalentse vase elektrokeemiline ekvivalent on 2,372 g/Ah, kahevalentsel — 1,186 g/Ah. Värskeltsadestatud vasekiht on ilusa roosa värvusega. Öhu käes vask tuhmutub ja oksüdeerub kiiresti, eriti vääveldioksüüd tekitab tugevat korrosiooni.

Vask on püsiv soolhappes, kuid täiesti ebapüsiv lämmastik- ja kroomhappes, samuti kuumas väävelhappes. Leelistega (välja arvatud ammoniaak) peaaegu ei reageeri.

Vasetamist kasutatakse aluskihi saamiseks nikli, kroomi, hõbeda ja kullaga katmisel, terasdetailide kohalikuks kaitsmiseks tsementiitumise vastu; terastraadi ja -lindi katmiseks elektrijuhtivuse tõstmise eesmärgil, samuti valgustusarmatuuri valmistamisel, kus vasetamisele järgneb oksüdeerimine ja lakkimine.

Vasetamine toimub tsüaniidides või happelises elektrolüüdis. Happelised elektrolüüdid on tsüaniidelektrolüütidega võrreldes lihtsa koostisega ja võimaldavad kasutada suuremaid volutihedusi. Nende hajutusvõime on tühine ega võimalda mustadest metallidest detailide otsest vasetamist, sest vask kui elektriliselt positiivsem metall tõrjutakse raua poolt tema sooladest välja ning eraldub pinnal mureda ja ebatihedalt seotud kontaktvase kirmena. Seepärast kasutatakse vase sadestamiseks mustadest metallidest toodetele tsüaniidelektrolüüdist sadestatavat 3—4 μ paksust vask-aluskihti või sama paksu nikkel-aluskihti, mis hiljem kaetakse paksema vasekihiga happelises elektrolüüdis. Mõnikord toimub vasetamine leeliselistes ja pürofosforhapudes elektrolüütides, mis tsüaniide ei sisalda.

Tsüaniidelektrolüüdid. Tsüaniidelektrolüüdi põhikomponentideks on vasktsüaniid ja leelismetalli tsüaniid. Mõnikord viiakse elektrolüüti naatriumsulfaati, mis vähendab tsüaniidi kulu kahevalentse vase ionide taastamiseks.

Tsüaniidelektrolüütide valmistamiseks vasktsüaniidist valatakse vasktsüaniidile kontsentreeritud naatriumtsüaniidi lahust, segades neid seni, kuni esimene lahustub. Pärast seda lisatakse vees lahustatud ülejäänud komponendid. Vasktsüaniidi puudumisel valmistatakse vask-

tsüaniidi komplekssool aluselise vaskkarbonaadi (malahiidi) või ka Chevrelle soola alusel. Elektrolüüdi valmistamine vaskkarbonaadi alusel toimub järgmiselt. Aluselise vaskkarbonaadi saamiseks lahustatakse 60 g vasevitrioli 1 l vees temperatuuril 40—50°.

Tabel 62

Tsüaniidelektrolüütide iseloomustus

Koostis ja töörežiim	Ühik	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus			
		1	2	3	4
Vasktsüaniid	g/l	15	—	26	120—125
Naatriumsüaniid	„	—	35	34	—
Vaba naatriumsüaniid	„	10	—	6	3
Kristalne naatriumkarbonaat	„	15	10	30	17
Naatriumsulfit	„	34	—	—	—
Chevrelle sool*	„	—	20	—	—
Seignette sool**	„	—	—	60	—
Kaaliumrodaniid	„	—	—	—	17
Naatriumhüdroksüüd	„	—	—	—	35
Elektrolüüdi temperatuur	°C	18—25	18—25	45	75
Voolutihedus	A/dm ²	0,3—0,5	0,3—0,5	1—4	10
Segamine	—	—	—	—	mehaaniline
Filtratsioon	—	ei	ei	ei	ei
Kasutegur voolu järgi	%	70	70	70	97—100

- Elektrolüüt nr. 1 — vaskkarbonaadi baasil
- „ nr. 2 — Chevrelle soola baasil
- „ nr. 3 — Seignette soola baasil
- „ nr. 4 — kaaliumrodaniidiga

Eraldi nõus lahustatakse vees 30 g kaltsineeritud või 80 g kristalset soodat 40—50° C juures ja segatakse lahusesse järk-järgult vasevitrioli lahust, kuni lahus muutub värvituks ja langeb välja rohekas sade — vaskkarbonaat. Sademel lastakse põhja settida. Siis valatakse lahus pealt ära ja pestakse sadet 2—3 korda sooja veega. Eraldi nõudes lahustatakse naatriumsulfitit 35 g/l ja naatriumsüaniidi 55 g/l. Läbipestud vaskkarbonaadi sademele lisatakse esmalt naatriumsulfiti lahus ja pärast hoolikat segamist järk-järgult ka naatriumsüaniidi lahus. Sade lahustub seejuures täielikult. Lahust kontrollitakse analüüsiga ja korrigeeritakse vaba naatriumsüaniidi sisaldust. Pärast seda on elektrolüüt ilma mingisuguse täiendava töötlemiseta täielikult töövalmis.

Elektrolüüdi valmistamine Chevrelle soola alusel toimub järgmiselt. Chevrelle soola saamiseks lahustatakse kuumas vees (70° C) 400 g vasevitrioli.

Eraldi, samuti kuumas vees, lahustatakse 700 g naatriumsulfitit. Mõlemad lahused valatakse kokku 70° C juures. Saadakse roosakas-

* Vasksulfiti ja vasesulfiti ühend.
 ** Viinhappe kaaliumi-naatriumi sool.

punane kristalne Chevrelle soola sadestis. Lahus valatakse sademelt ära; sadet pestakse kuuma veega ja hoitakse alal pimedas.

Näidatud reaktiivide hulgast saab keskmiselt 200—250 g Chevrelle soola. Eraldi nõudes soojas vees lahustatakse naatriumsüaniid ja naatriumkarbonaat. Chevrelle soolale valatakse esmalt soodalahus ja seejärel segades naatriumsüaniidi lahus. Sade lahustub seejuures täielikult. Vanni lisatakse vajalik kogus vett ja elektrolüüt on töövalmis.

Tsüaniidelektrolüütide korrigeerimine seisab vaba naatriumsüaniidi vajaliku kontsentratsiooni alalhoidmises. Õigel ekspuaterimisel tuleb vasktsüaniidi lisada õige harva. Ulejäänud komponente lisatakse analüüside põhjal. Mürgiste tsüaniidelektrolüütide valmistamisel ja ekspuaterimisel tuleb tingimata täita kõiki vajalikke ohutustehnika nõudeid.

Põhilised häired ja nende kõrvaldamine on toodud tabelis 65.

Happelised ja tsüaniidivabad elektrolüüdid. Happelisi vaskelektrolüüte kasutatakse vasekihi kasvatamiseks terasest ja malmist toodetele, millele eelnevalt on sadestatud õhuke vasekiht (3—4 μ) tsüaniidelektrolüüdist või õhuke kiht (3—4 μ) niklit.

Happelised vaskelektrolüüdid koosnevad tavaliselt vasevitriolist ja väävelhapest. Sadestise struktuuri parandamiseks lisatakse mõnikord fenooli, etüülalkoholi või nikkelsulfaati 1—2 g/l.

Tsüaniidivabad vaskelektrolüüdid, nagu viinhapu-, oksalaat-, ammoniaak-, boorfluorvesinik- ja rida teisi elektrolüüte ei ole tööstuses veel leidnud laialdast rakendamist rea negatiivsete omaduste tõttu.

Tabel 63

Happeliste ja tsüaniidivabade vasetamiselektrolüütide iseloomustus

Koostis ja töörežiim	Ühik	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus			
		1	2	3	4
Vasevitriol (vasksulfaat)	g/l	200	300	—	35
Keemiliselt puhas väävelhape	„	50	75	—	—
Etüülalkohol, fenool, nikkelsulfaat	„	1—2	1—2	—	—
Vaskatsetaat	„	—	—	20	—
Naatriumpürofosfaat	„	—	—	150—200	140
Naatriumsulfaat	„	—	—	20—50	—
Ammooniumnitraat	„	—	—	50	—
Naatriumfosfaat	„	—	—	—	95
Seignette sool	„	—	—	—	25
Elektrolüüdi temperatuur	°C	20—25	40—45	35—50	25—40
Voolutihedus	A/dm ²	2—3	3—10	0,5—2	0,5—1
			segamisel 15—30		
Kasutegur voolu järgi	%	98	98	—	90—95

Elektrolüüdid nr. 1 ja nr. 2 on happelised

Elektrolüüt nr. 3 — tsüaniidivaba (ins. Gamovi elektrolüüt)

Elektrolüüt nr. 4 — tsüaniidivaba (ЦНИЛ МХЗ)

Paremaid tulemusi annavad tsüaniidivabad fosfaatelektrolüüdid, mis lubavad musti metalle katta 4—5 μ paksuse vasekihiga, mis moodustab küllaldase aluskihi järgnevaks paksema vasekihi sadestamiseks happelistele elektrolüütidele.

Vasksulfaatelektrolüüdi valmistamiseks lahustatakse arvutuslik kogus vasevitrioli soojas (55—60° C) destilleeritud või hästi läbikõõeldatud vees. Saadud lahus filtreeritakse ja lisatakse pärast jahtumist arvutuslikult nõutaval hulgal keemiliselt puhast väävelhapet. Elektrolüüdi korrigeerimine seisab vasevitrioli ja väävelhappe perioodilises lisamises.

Tsüaniidivaba elektrolüüdi nr. 3 (ins. Gamovi elektrolüüt) valmistamiseks lahustatakse soojas vees vaskatsetaati ja lisatakse sellele lahusele varem soojas vees lahustatud naatriumpürofosfaati kuni lahuse selgimiseni. Lahus muutub tumesiniseks ja läbipaistvaks. Ähmastumisel tuleb lisada naatriumpürofosfaati. Pärast seda lisatakse ülejäänud komponendid, mis on enne lahustatud soojas vees. Sadestuv vask liitub põhimetalliga hästi, kui selle pind on eelnevalt elektrokeemiliselt poleeritud.

Tsüaniidivaba elektrolüüdi nr. 4 (ЦНИЛ МХЗ) valmistamine on analoogiline ülaltooduga, ainult vaskatsetaadi asemel kasutatakse vasevitrioli. Seignette sool lisatakse viimasena. Toodet asetatakse sellesse elektrolüüti voolu all. Soovitav on 5 minutit pärast protsessi algust segada elektrolüüti suruõhuga. Samuti soovitatakse enne toodete vanni asetamist neid töödelda anoodidena naatriumpürofosfaadi lahuses (90 g/l) toatemperatuuril 0,5—1 minut.

Kõrgekvaliteediliste vaskkatete saamine suurema voolutiheduse korral on võimalik viimasel ajal välja töötatud pooluste perioodilise ümberlülitamise meetodi kasutamisel. See meetod võib tänu oma lihtsusele ja efektiivsusele leida laialdast kasutamist vasetamisel tsüaniid- ja happelistele elektrolüütides, samuti tsinkimisel, tinutamisel ja teiste galvaaniliste protsesside puhul. Protsessi olemus seisab vanni lattide pooluste ümberlülitamises selliselt, et vasetatavate detailide anoodil töötlemine

Tabel 64

Mitmesuguse paksusega vasekihi sadestamise kestus tsüaniid-elektrolüütides, kui kasutegur voolu järgi on 70%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²									
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5	3	5	10
0,001	7,5	6,0	5,0	4,3	3,7	3,0	2,0	1,0	0,6	0,3
0,002	15,0	12,0	10,0	8,6	7,5	6,0	4,0	2,0	1,2	0,6
0,003	22,5	18,5	15,0	12,9	11,2	9,0	6,0	3,0	1,8	0,9
0,004	30,0	24,0	20,0	17,1	15,0	12,0	8,0	4,0	2,4	1,2
0,005	37,5	30,0	25,0	21,4	18,8	15,0	10,0	5,0	3,0	1,5
0,006	45,0	36,0	30,0	25,7	22,5	18,0	12,0	6,0	3,6	1,8
0,007	52,5	42,0	35,0	30,0	26,3	21,0	14,0	7,0	4,2	2,1
0,008	60,0	48,0	40,0	34,3	30,0	24,0	16,0	8,0	4,8	2,4
0,009	67,5	54,0	45,0	38,6	33,8	27,0	18,0	9,0	5,4	2,7
0,01	75,0	60,0	50,0	42,9	37,5	30,0	20,0	10,0	6,0	3,0

Mitmesuguse paksusega vasekihi sadestamise kestus happelisest elektrolüüdist, kui kasutegur voolu järgi on 98%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²								
	2,0	2,5	3,0	3,5	5,0	6,0	10	20	30
0,01	22,5	18,0	15,0	12,9	9,0	7,5	4,5	2,2	1,5
0,02	45,0	36,0	30,0	25,7	18,0	15,0	9,0	4,5	3,0
0,03	67,5	54,0	45,0	38,6	27,0	22,5	13,5	6,7	4,5
0,04	90,0	72,0	60,0	51,5	36,0	30,0	18,0	9,0	6,0
0,05	112	90,0	75,0	64,3	45,0	37,5	22,5	11,2	7,5
0,06	135	108	90,0	77,0	54,0	45,0	27,0	23,5	9,0
0,07	157	126	105	90,0	63,0	52,4	31,5	15,7	10,5
0,08	180	144	120	103	72,0	60,0	36,0	18,0	12,0
0,09	203	162	135	116	81,6	67,5	40,5	20,2	13,5
0,1	225	180	150	129	90,0	75,9	45,0	22,5	15,0
0,2	450	360	300	260	180	150	90,0	45,0	30,0
0,3	675	540	450	380	270	225	135	67,5	45,0

kogusummas ei ületaks 5—6% detailide vannis hoidmise ajast. Näiteks on küllaldane lülitada detailid pärast 1—2 minutilist katoodil töötlemist 3—5 sekundiks anoodile, kusjuures voolutihedus jääb endiseks.

Lihtsamatel juhtudel võib pooluseid ümber lülitada vanni kilbil asuva ümberlülitite abil. Püsivas tehnoloogilises protsessis toimub pooluste ümberlülitamine automaatselt aegrelee abil. Anoodil töötlemise ajal toimuvad detailide pinnal järgmised protsessid:

1. Vaskkatte osaline lahustumine, mis toimub intensiivsemalt pinna kröbelisust põhjustavate dendriitsadestiste tippudel. Selle tagajärjel sileneb vasekihi pind perioodiliselt.

2. Detailide pinnal asuvad vesinikumullikesed eralduvad pooluste ümberlülitamise hetkel katte pinnalt ja neutraliseeruvad hapnikuga, mistõttu välditakse sageli esinev ja veel vähe tundma õpitud praagiliik — katete vesinikpoorsus.

3. Voolu ja hapniku toimel välditakse osaliselt detailide ja katte metalli küllastumine vesinikuga. Sellega vähendatakse metallide vesinikhaprust, samuti vasekihi ülespaisumist poleerimisel. Ülespaisumist põhjustab mehaanilise poleerimise ajal detailide soojenemisel eralduva vesiniku kogunemine vasekihi alla.

Paralleelselt katoodil toimuvate nähtustega kõrvaldatakse pooluste ümberlülitamisega ka anoodide passiveerumine.

Häired vasetamisel ja nende kõrvaldamine

Häire	Põhjused	Kõrvaldamine
<i>Tsüaniidelektrolüüdid</i>		
Tume sadestis, tugev gaaside eraldumine	Suur voolutihedus	Vähendada voolutihedust
Anoodil tekib sinakas sade	Kahevalentsete vaseioonide tekkinine anoodil	Puhastada anoodid, lisada elektrolyüti naatriumsulfaati
Anoodidel tekib valge sade	Happe tekkimine	Lisada naatriumsüaniidi. Puhastada anoodid. Suurendada nende pinda
Sinine elektrolüüt	Tsüaniidi puudujääk	Lisada naatriumsüaniidi kuni sinise värvuse kadumiseni
Sadestumine kulgeb väga aeglaselt	Elektrolüüt on metallivaene või sisaldab naatriumsüaniidi liiga palju	Lisada vaske vastavalt retseptile ja analüüsi andmetele
Vase kontsentratsioon elektrolüüdis langeb kiiresti	Anoodid on kaetud lahustamatu sadestisega	Puhastada anoodid, lisada naatriumsüaniidi ja naatriumsulfaati

Happelised elektrolüüdid

Sadestis on krobeline	Elektrolüüdi mustumine mehaaniliste lisanditega (anoodmuda, tolm jms.)	Filtreerida elektrolüüt, kaitsta vanni mustuse sissetumise eest, valida kvaliteetsed anoodid ja puhastada neid sagedasti
Sadestis on habras, liivataoline	Vasevitrioli või väävelhappe mitteküllaldane kontsentratsioon, mõnikord mitteküllaldane segamine	Teha analüüs ja korrigeerida elektrolüüti. Tugevamini segada
Sadestis on suurekristallilise struktuuriga	Vasevitrioli liiga kõrge kontsentratsioon; mõnikord mitteküllaldane segamine	Teha analüüs ja korrigeerida elektrolüüti. Tugevamini segada
Sadestis on toote servadel tumeda värvusega	Liiga suur voolutihedus	Vähendada voolutihedust, muuta riputust
Tumeda värvusega krobeline sadestis	Vask(I)oksuüdi sisestumine sadestisse happe puudujäägi tagajärjel	Korrigeerida elektrolüüti
Toodete pinnal on tumedad, mustad või pruunid ribad	Elektrolüüt sisaldab arseeni	Töödelda elektrolüüti suure voolutiheduse juures. Teha elektrolüüdi, anoodide ja väävelhappe analüüs
Toodete pinnal on laikivad ribad	Elektrolüüdi mustumine orgaaniliste ainetega, harilikult liimiga	Töödelda vooluga. Umber kristalliseerida elektrolüüdi vasevitriol
Tume sadestis, nähtav vesiniku eraldumine	Happe liiga suur voolutihedus, vask(I)oksuüdi tekkimine	Teha analüüs elektrolüüdi happesisalduse kohta. Vähendada voolutihedust

NIKELDAMINE

Puhas nikkel on hõbevalge, küllalt kõva ja sepistatav, hästi poleeritav metall. Erikaal 8,9. Aatomkaal 58,69. Sulamistemperatuur 1452° C. Elektrokeemiline ekvivalent 1,095. Tavalisel temperatuuril magnetiliste omadustega, mis soojendamisel 360° C-ni kaovad. Õhu käes muutub tavalisel temperatuuril vähe ja säilitab läike väga õhukese passiivse kile tekkimise tõttu välispinnal, kuid kõrgetel temperatuuridel oksüdeerub. Lahustub hästi lahjendatud lämmastikhappes, kuid kontsentreeritud happes ei lahustu; sool- ja väävelhappes lahustub aeglaselt. Leelistes on väga püsiv. Mõned ained (näiteks kuuma rasvad, äädikas, sinep, tee) reageerivad nikliga märgatavalt, jättes temale tumedad plekid.

Nikeldamist kasutatakse kaitse-dekoratiivseks katmiseks vahetult ja vask-aluskihi kasutamisega korrosiooni eest kaitsmise eest üldse ja leelistes keskkondades eriti, samuti masinate hõõrduvate detailide, stereotüüpide, klišeede jne. kulumiskindluse tõstmiseks. Kasutatakse kaitse-dekoratiivseks ja kulumiskindlaks katmiseks kõigis tööstusharudes, sealhulgas keemiatööstuses ja kirurginstrumentide ja teiste metalltoodete valmistamisel.

Nikkel on raua suhtes katoodiks, seepärast kaitseb niklikiht terastooted korrosiooni eest ainult siis, kui temas ei ole poore ega katmata kohti. Paljastunud kohtade ja tugeva poorsuse olemasolul roostetavad terastooted niiskes õhus mitte ainult pinnalt, vaid ka niklikorra alt. Kõige kindlamaks poorideta nikkelkatte saamise meetodiks on mitmekihiline katmine. Nikeldamise ühendamine vasetamise ja kroomimisega (õhukese kihina — 1 μ) võimaldab saada heade kaitsvate ja dekoratiivsete omadustega kombineeritud katteid.

Kasutatavad vase- ja niklikihtide paksused vastavalt ГOCT 3002-45 ja ГOCT 2249-43 on toodud osas „Katte liigi valik“.

Tabel 66

Nikeldamiselektrolüütide iseloomustus

Koostis ja töörežiim	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus g/l			
	1	2	3	4
Nikkelsulfaat	70	140	290	420
Naatriumsulfaat	40	50	—	—
Magneesiumsulfaat	—	30	50	—
Boorhape	20	20	30	30
Naatriumkloriid	5	5	5	—
Naatriumfluoriid	—	—	3	3
Elektrolüüdi temperatuur	15—25	25—35	35—45	50—60
Voolutihedus A/dm ²	0,5—1,0	0,8—2,0	2,0—4,0	5,0—10,0
Happesus pH	5,6—5,8	5,0—5,5	3,0—5,0	1,9—3,5
Segamine	ei ole nõutav		kiikuvate katoodidega trummel, kuppel	suruõhuga
Filtratsioon	perioodiline		süsteemaatiline	pidev
Kasutegur voolu järgi %	95	90—95	90	85—90

Nikeldamiselektrolüütide koostise kuuluvad: nikkelsulfaat põhilise soolana; naatrium- või magneesiumsulfaat ja harva ammooniumsoolad lahuse juhtivust suurendava soolana; boorhape puhverühendina, mis takistab kiiret happesuse muutumist, nikkelkloriid või naatriumkloriid aktiveerijana, mis soodustab anoodide normaalset lahustumist.

Tabelis 66 on toodud nikeldamiselektrolüütide koostised ja töörežiimid.

Nimetatud elektrolüüdid on töös püsivad ja võivad õige ekspluateerimise, kahjulikest lisanditest süstemaatilise puhastamise ja korrigeerimise korral töötada mitu aastat ilma vahetamiseta.

Tabelis 67 on toodud läiknikeldamiselektrolüütide koostised ja töörežiimid [14 ja 18].

Elektrolüüdid läiknikeldamiseks

Tabel 67

• Koostis ja töörežiim	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus g/l			
	1	2	3	4
Nikkelsulfaat	140—160	210	83	100
Naatriumsulfaat	120—140	—	83	—
Magneesiumsulfaat	20—25	—	—	—
Boorhape	25—30	30	10	20
Kaaliumkloriid	—	3	—	—
Naatriumkloriid	3—5	—	—	—
Naftaliindisulfohape	2—3	3—5	—	—
Naatrium- või kaaliumfluoriid	—	6	—	—
Ammooniumkloriid	—	—	14	—
Kadmiumkloriid või kadmiumsulfaat	—	—	0,08—0,1	—
Ammooniumsulfaat	—	—	—	50
Elektrolüüdi temperatuur °C	15—25	25—30	20	20—25
Voolutihedus A/dm ²	0,3—0,4	2—4	0,4—1,5	0,25—0,35
Happesus pH	6,0—6,5	6,0—6,5	5,5—6,0	5,5—6,0
Segamine	ei ole nõutav	suruõhuga	ei ole nõutav	nõutav
Filtratsioon		perioodiline		
Kasutegur voolu järgi %	95	95	90	90

Elektrolüüti nr. 1 kasutatakse õhukesekihiliseks dekoratiivkatmiseks (katte paksus 5—8 μ); elektrolüüti nr. 2 kasutatakse kaitse-dekoratiivkatmiseks (katte paksus 15 μ ja üle selle).

Elektrolüütide nr. 1 ja 2 saadavad läikiva nikli sadestised ei ole alati ühtlase läikega ja nõuavad paljudel juhtumitel täiendavat poleerimist. Elektrolüüte nr. 3 ja 4 kasutatakse õhukeste kihtide sadestamiseks vask-aluskihi pinnale.

Alumiiniumi nikeldamine. Alumiiniumtoodete pind peab enne nikeldamist olema vabastatud oksüüdikilest. Seda saavutatakse toodete söövitamisega 20—60 sekundi jooksul keedusoolaga küllastatud 10%-lises naatriumhüdrosüüdi lahuses, millele järgneb veega pesemine, helestamine 10 sekundi jooksul (sissekastmisega) lämmastikhappes ja hoolikas

pesemine voolavas vees. Pärast sellist ettevalmistust asetatakse tooted järgmise koostisega vanni:

nikkelkloriid	225 g
soolhape	100 ml
vesi	1 l

Tooteid hoitakse selles vannis seni, kuni algab tugev gaaside eraldumine, seejärel pestakse neid hoolikalt vees ja asetatakse järgmise koostisega nikeldamiselektrolüüti:

nikkelsulfaat	120 g/l
naatriumsulfaat	195 "
ammoniaak (25% <i>o</i> -line)	7,5 "
boorhape	7,5 "

Elektrolüüsimisel on happesus $\text{pH} = 5,7 - 6$, temperatuur $18 - 20^\circ \text{C}$ ja voolutihedus 2 A/dm^2 .

Musta nikli sadestamine. Musta nikli sadestamine toimub järgmises elektrolüüdis:

nikli ja ammooniumi kaksiksool	60 g/l
tsinksulfaat	7,5 "
ammooniumrodaniid	15 "

kusjuures $\text{pH} = 5,2 - 5,5$, temperatuur $18 - 20^\circ \text{C}$ ja voolutihedus $0,1 \text{ A/dm}^2$. Enne mustnikeldamisvanni asetamist nikeldatakse tooteid kergelt tavalises vannis madalal pingel.

Tabel 68

Mitmesuguse paksusega niklikihi sadestamise kestus, kui kasutegur voolu järgi on 95%

Paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm^2						
	0,50	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
0,001	10,0	7,5	5	3,75	2,5	1,87	1,02
0,002	20,0	15,0	10	7,50	5,0	3,75	2,03
0,003	30,0	22,5	15	11,25	7,5	5,62	3,05
0,004	41,0	30,0	20	15,0	10,0	7,50	4,06
0,005	51,0	37,5	25	18,7	12,5	9,37	5,08
0,006	61,0	45,0	30	22,5	15,0	11,25	6,09
0,007	71,0	52,5	35	26,2	17,5	13,1	7,11
0,008	81,0	60,0	40	30,0	20,0	15,0	8,12
0,009	91,0	67,5	45	33,7	22,5	16,9	9,1
0,01	102	75,0	50	37,5	25,4	18,7	10,2
0,02	203	150	100	75,0	50,7	37,5	20,3
0,025	254	187,5	125	93,1	63,4	46,9	25,4
0,03	304	225	150	112	76,1	56,2	30,4
0,04	406	300	200	150	101	75,0	40,6
0,05	508	375	250	187	127	93,7	50,8
0,06	609	450	300	225	152	112	60,9
0,07	711	525	350	262	178	131	71,1
0,08	812	600	400	300	203	150	81,2
0,09	914	675	450	337	228	169	91,4
0,1	1015	750	500	375	254	187	101
0,2	2030	1500	1000	750	507	375	203
0,3	3045	2250	1500	1125	761	563	305

Häired nikeldamisel ja nende kõrvaldamine

Häire	Põhjus	Kõrvaldamine
<p>Nikkel ei sadestu; vesinikku toodetel ei eraldu. Toodete pind musteneb või kattub laikudega</p> <p>Nikkel ei sadestu; toodetel eraldub tugevasti gaasi</p>	<p>Liiga nõrk vool; madal elektrolüüdi temperatuur</p> <p>Elektrolüüt on liiga hapu</p>	<p>Suurendada voolutihedust, kontrollida kontakte, hoida elektrolüüdi temperatuuri mitte alla 14°C</p> <p>Neutraliseerida nikkelkarbonaadiga või lahjendatud naatriumhüdrosiidi lahusega</p>
<p>Nikkel on tume, plekiline, kuigi voolutihedus on normaalne</p>	<p>a) Elektrolüüdi happesus on väike;</p> <p>b) elektrolüüdi kontsentratsioon on liiga suur;</p> <p>c) elektrolüüdi juhtivus ja nikli-soolade sisaldus ei ole küllaldane;</p> <p>d) elektrolüüt sisaldab vaske ja rauda</p>	<p>a) Suurendada elektrolüüdi happesust väävelhappega;</p> <p>b) lisada elektrolüüdile vett;</p> <p>c) lisada elektrolüüti nikkel-sulfaati ja juhtivaid sooli;</p>
<p>Tooted kattuvad kiiresti nikliga, mis seejärel muutub halliks või mustaks või tuleb kihitena pealt maha</p>	<p>a) Tugev vool;</p> <p>b) tooted on halvasti ette valmistatud</p> <p>c) elektrolüüdis on rauda, tsingi jt. lisandeid</p>	<p>d) töödelda elektrolüüti juhulike katoodidega voolutihedusel 0,2 A/dm²</p> <p>a) Vähendada voolu</p> <p>b) parandada toodete ettevalmistamist</p> <p>c) neutraliseerida elektrolüüti nikkelkarbonaadiga või lahjendatud naatriumhüdrosiidi lahusega</p>

Häire	Põhjus	Kõrvaldamine
Nikkel on hele, kohati tooted ei kattu	a) Halb rasvainetest puhastamine; b) tooted ekraniseerivad üksteist; c) anoodid on paigutatud valesti	d) töödelda elektrolüüti, kasutades juhuslikke katoode, pikemat aega voolutihedusel 0,2—0,3 A/dm ²
Nikkel tuleb protsessi ajal kihtidena pealt ära	a) Liiga suure happesusega või külm elektrolüüt;	a) Parandada toodete ettevalmistamist; b) riputada tooted hõredamalt; c) jaotada anoodid ühtlaselt
Tugev vesimikpoorsus	b) voolukatkestused; c) tugev vool	a) Neutraliseerida nikkelkarbonaadiga või lahjendatud naatriumhüdrosüüdi lahusega, soojendada vanni; b) tagada katkestamatu toide; c) reguleerida voolutihedust
Sadestis on jäme ja käega katsudes krobeline	Elektrolüüdi mustumine orgaaniliste lisanditega	Perioodiliselt lisada 3-protsendilist vesinikülhapendi lahust
Normaalse happesuse ja normaalse voolutiheduse juures eraldub toodetel tugevasti vesinikku	a) Kui elektrolüüt on läbipaistev, siis on soolade kontsentratsioon liiga suur; b) elektrolüüt on mustunud metaaniliste lisandite ja anoodimudaga	a) Lisada elektrolüüdile ligikaudu 20% vett; b) filtreerida elektrolüüti
Normaalse happesuse ja normaalse voolutiheduse juures eraldub toodetel tugevasti vesinikku	Juhtiva soola hulk on suur	Lisada iga liitri elektrolüüdi kohta 5—8 g nikkelsulfaati

Sadestumine toimub liiga aeglaselt, kuigi voolutihedus on normaalne

Sadestis on hall

Sadestis on triibuline või must

Sadestis on habras, läikiv (pikuti pragunev)

- a) Elektrolüüt on külm
- b) anoodide pind on väike;
- c) elektrolüüdi juhtivus on madal

Vase lisand elektrolüüdis

Elektrolüüdis on tsinki

Elektrolüüdis on rauda, orgaanilisi aineid või petrooleumi

- a) Soojendada vanni;
- b) suurendada anoodide hulka;
- c) lisada juhtivat soola

Hapendada elektrolüüti ja töödelda plekk-katoodidega pingel 2 V

Enamasti elektrolüüti parandada ei õnnestu

Töödelda elektrolüüti

Läige puudub, kuigi happesus pH ja elektrolüüsi režiim on normaalsed

Kate on detailide servadel läikiv, keskel aga tuhm

Läikival kattel on kollane varjund

Nikkelkatte läige ei ole ühtlane, pind on laiguline (õhukestel sadestistel)

Läiknikeldamisel

Mitteküllaldane naftaliindisulfohap-
pe sisaldus või mõningane tsingi
ja vase lisandite sisaldus elektro-
lüüdis

Lisandite sisaldus vannis ei ole
küllaldane, voolutihedus on väike

Fluoriidide puudumine või vähesus
vannis

Halvasti poleeritud detail, valge-
vase või vase korral halb rasv-
ainetest puhastamine või deka-
peerimine. Pind on laiguline

Lisada naftaliindisulfohapet vasta-
valt retseptile ja töödelda vanni

Lisada naftaliindisulfohapet, suu-
rendada voolutihedust

Korrigeerida vanni fluoriidide si-
saldust

Parandada pinna ettevalmistamist
enne katmist

Elektrolüüdi valmistamiseks lahustatakse elektrolüüdi koostisse kuuluvad soolad kuumas vees (50—60° C), kasutades keraamilist, emalleeritud, tina- või tinutatud anumaid.

Lahusel lastakse selgineda, filtreeritakse ning seejärel määratakse happesus (pH). Tuleb kasutada keemiliselt puhtaid, minimaalse lisandite sisaldusega kemikaale.

Soolad on eriti sageli mustunud raua, vase ja tsingiga.

Parem on kasutada destilleeritud või keedetud vett.

Läiknikeldamiselektrolüüdi valmistamisel lahustatakse kõik soolad eraldi kuumas vees kindlates hulkades ja lastakse läbi filtri vanni.

Kaaliumfluoriidi ja naftaliindisulfohapet tuleb lisada viimases järjekorras.

Naftaliindisulfohape lahustatakse väheses hulgas vees ja saadud lahus neutraliseeritakse nikkelkarbonaadiga ning nõrga leelise lahusega, pärast seda filtreeritakse ja lisatakse vanni. Pärast vajaliku hulga vee lisamist analüüsitakse valmis elektrolüüti ja korrigeeritakse vastavalt analüüsi tulemustele. Elektrolüüti töödeldakse alalisvooluga lehtraust katoodide abil. Voolutihedus on seejuures 1—1,5 A/dm², arvestades 5—10 Ah 1 l elektrolüüdi kohta.

Läiketakitaja kulu on 1,2—1,3 kg 100 l elektrolüüdi kohta kuus.

Määratud paksusega niklikihi sadestamise kestus on toodud tabelis 68, nikeldamisel esinevad häired ja nende kõrvaldamine tabelis 69.

KROOMIMINE

Kroom on hõbevalge, sinaka varjundiga metall. Kroomi erikaal on 71,1. Aatomkaal 52,01. Sulamistemperatuur 1550—1615°. Elektrokeemiline ekvivalent 0,323 g/Ah.

Kroomi väärtuslikeks füüsikalisteks omadusteks on tema ilus, dekoratiivne välimus, väga suur tugevus, kulumis- ja kuumuskindlus (kuni 500°-ni kroom ei tuhmu), aja jooksul mitte tuhmuv läige ja hea peegeldusvõime. Kroomil on tugev kalduvus passiivumisele — õhukese oksüüdikile moodustamisele, mis kaitseb kroomi edasise lagunemise eest.

Kroomkatete iseloomulikuks ja väga positiivseks omaduseks on nende antifriksioonilisus.

Soolhape lahustab kroomi hästi, lahjendatud lämmastikhape reageerib kroomiga, kontsentreeritud hape aga passiivrib kroomi pinna. Väevelhape lahustab kroomi aeglaselt. Orgaanilised happed, samuti väevelvesinik ja leelised kroomile ei toimi.

Kroomimisel on kaks põhieesmärki.

1. Kaitse-dekoratiivse kattedekihi loomine — metalltoodetele ja masinatele ning mehhanismidele nägusa läikiva välisilme andmiseks ja selle välimuse pikaajaliseks säilitamiseks ning samaaegselt objekti kaitsmine väliskeskkonna kahjuliku toime eest. Tavaliselt toimub kaitse-dekoratiivne kroomimine vask- ja nikkel- või ainult nikkel-aluskihile. Kroomkatted on tugevasti poorsed ja ilma aluskihita või õhukeste kihtidena ei kaitse rauda korrosiooni eest.

Vastavalt GOCT 3002-45 peab dekoratiivsel kroomimisel vask- ja nikkel-aluskihile sadestatava kroomikihi paksus olema 1 µ.

2. Kulumiskindla kattedekihi loomine — masinate detailide, kontrollmõõte- ja lõikeriistade mehaanilise kulumise vastu kindlustamiseks; mitte üle 0,5 mm kulunud masinate ja mehhanismide detailide taasta-

miseks. Üle 0,5 mm paksuste kroonikihtide pealekandmine on küll tehniliselt võimalik, kuid majanduslikult mitte alati kasulik.

Selle kroonimisliigi hulka tuleb lugeda ka nn. poorne kroonimine¹. Poorsel sadestisel, mis omab kõiki sileda kulumiskindla krooni omadusi, on rida paremusi: 1) võime kohanduda teise, kroonimata pinnaga; 2) väga hea märguvus õliga ja määride sidumine pindade hõõrdumisel; 3) väiksem hõõrdetegur; 4) hea liitumine põhimetalliga paksude kihtidena, sest kroomsadestistes puuduvad sisepinged [12].

Eristatakse kolme kroomsadestise põhitüüpi:

a) piimjas — saadakse võrdlemisi väiksel voolutihedusel (10—25 A/dm²) ja temperatuuril 65° C ning üle selle;

b) läikiv — saadakse temperatuuril 45—58° C ja keskmisel voolutihedusel (25—55 A/dm²). Kasutatakse dekoratiivsel kroonimisel ja remonttööl krooni sadestamiseks hõõrdele töötavatele detailidele, et tõsta nende pindade kõvadust ja kulumiskindlust. Seda tüüpi sadestist kasutatakse mõõte- ja mõnede lõikeriistade tööea pikendamiseks;

c) poorne — saadakse kõrgel temperatuuril (58—74°) ja võrdlemisi suure voolutiheduse juures (40—100 A/dm² ja üle selle). Poorset sadestist iseloomustab pragude võrk. Kasutatakse remonttööl tugevasti hõõrduvate ja pidevat ning häireteta määrimist nõudvate detailide katmiseks.

Läikivate sadestiste saamiseks tuleb hoida kindlat suhet temperatuur ja voolutiheduse vahel. Mida kõrgem on temperatuur, seda suurem peab olema kasutatav voolutihedus.

Tähtsaks sadestise kvaliteeti mõjutavaks teguriks on kroonhappe anhütriidi kontsentratsioon. Elektrolüütidel, milles kroonhappe anhütriidi kontsentratsioon on alla 150 g/l, on suurem takistus, ja nende läikiva sadestise saamise piirkond on kitsas.

Kõrge kontsentratsiooniga elektrolüütide (350 g/l ja üle selle) elektrijuhtivus on suurem ja nad vajavad seetõttu madalamat pinget. Kuid neil on ka väiksem kasutegur voolu järgi ja hajutusvõime. Paremt on kasutada elektrolüüti, mille kroonhappe anhütriidi kontsentratsioon on 250 g/l.

Väga tähtsaks elektrolüüdi töötingimuseks on kroonhappe anhütriidi ja sulfaationide suhe. Kasuteguri ja läikivate sadestiste saamise piirkonna, samuti ka hajutus- ja katmisvõime seisukohast on kõige soodsamad suhted kroonhappe anhütriidi ja sulfaationide sisalduse vahel piirides 100 : 1 kuni 200 : 1.

Sulfaationide hulga suurenemine kuni 50 : 1 vähendab tunduvalt elektrolüüdi hajutusvõimet. Kui sulfaationide sisaldus on alla 200 : 1, tekivad sadestisel tumedad ribad ja punktid.

Tööprotsessis koguneb elektrolüüti kolmevalentset krooni ja rauda. Kui neid lisandeid korjub märgatavalt, suureneb tunduvalt elektrolüüdi takistus ja aheneb läikiva sadestise saamise piirkond.

Väike kolmevalentse krooni kogus kasutegurit märgatavalt ei mõjuta, hajutusvõimet aga isegi parandab. Suure sisalduse korral aga saadakse tumeda värvusega sadestis. Lubatav kolmevalentse krooni hulk, kui kroonhappe anhütriidi kontsentratsioon on 150 g/l, on 10—12 g/l, kontsentratsiooni puhul 250 g/l aga 20—25 g/l. Rauda võib elektrolüüdis olla kuni 10 g/l. Kui rauda on üle 25 g/l, muutub elektrolüüt kasutus- kõlbmatuks. Kolmevalentse krooni ja raua kogunemise väliseks tun-

¹ Suure Isamaasõja aastatel autori poolt koos tehniliste teaduste kandidaadi G. I. Tupitsõni ja insener J. N. Birmaniga väljatöötatud ja sisepõlemismootorite taastamisremondil kasutusele võetud poorse kroonimise meetod (autoritunnistus nr. 69583 20. XII 1944. a.).

nuseks on ampermeetri ja voltmeetri osutite pulsseerimine ja suurte, kauapüsivate mullide tekkimine elektrolüüsi ajal.

Dekoratiivsel ja kaitse-dekoratiivsel kroomimisel on soovitatav kasutada elektrolüüte 1 ja 2 (tabel 70), kõvakroomimiseks (kulumiskindlaks) ja kroomimiseks mõõdete taastamise eesmärgil — elektrolüüte 1 ja 4. Dekoratiivkroomimisel, töötamisel pingel 6 V, soovitatakse kasutada elektrolüüti 3 ning poorsel kroomimisel elektrolüüte 2 ja 5.

Tabel 70

Kroomimiselektrolüütide iseloomustus

Koostis ja töörežiim	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus g/l				
	1	2	3	4	5
Kroomhappe anhüdriid	250	250	350—400	150	180—250
Väävelhappe (eri-kaal 1,84)	2,5	1,25	3,5—4,0	1,5	1,5—2,2*
Elektrolüüdi temperatuur °C	45—55	45—55	35	55—60	58—64
Voolutihedus A/dm ²	15—55	35—55	7—15	50—100	40—80
Pinge V	6—8	6—8	4—6	8—10	8—10
Kasutegur voolu järgi (keskmine) %	13—15	13—15	10—13	13—15	18

Elektrolüüdi valmistamine. Eraldi nõus lahustatakse soojas destilleeritud või keedetud vees (55—60°) arvutatud kogus kroomhappeanhüdrüüdi, millel eelnevalt määratakse väävelhappe sisaldus. Pärast selgimist valatakse puhas kroomhappelahus kroomimisvanni ja lisatakse sinna arvutatud kogus väävelhapet. Seejärel lisatakse destilleeritud või keedetud vett kuni nõutava nivooni, segatakse elektrolüüti, katsetatakse proovikehadega ja asutakse normaalsele tööle. Väävelhappe lisamisel tuleb arvesse võtta kroomhappe anhüdrüüdis sisalduv väävelhape.

Elektrolüüdi korrigeerimine. Kroomhappe anhüdrüüdi sisaldus elektrolüüdis väheneb tööprotsessis lahustumatute anoodide kasutamise tõttu kiiresti, samuti viiakse osa elektrolüüti kaasa toodete ja eralduvate gaaside poolt. Ka väävelhappe sisaldus väheneb (kuid palju aeglasemalt). Seepärast tuleb süstemaatilisel kroomhappe anhüdrüüdi lisamisel perioodiliselt kontrollida ka väävelhappe sisaldust ja lisada seda vajalikul määral.

* Malmi kroomimisel peab väävelhappe sisaldus olema 1,2—1,6 g.

Häired kroomimisel, nende võimalikud põhjused ja kõrvaldamine

Häired	Põhjused	Kõrvaldamine
Tooted ei kattu kroomiga kas üleni või osaliselt, samal ajal esineb detailidel ja anoodidel vesiniku ja hapniku eraldumine	<p>a) Puudub kontakt detaili ja rakise või rakise ja katoode- või anoodlati vahel;</p> <p>b) väike voolutihedus;</p> <p>c) pliidioksüüdi olemasolu anoodidel;</p> <p>d) kui detaille dekapeeriti elektrokeemiliselt, siis esineb ülesöövitamine ja selle tagajärjel metalli pinna küllastumine gaasilise vesinikuga</p>	<p>a) Kontrollida ja puhastada kontaktide;</p> <p>b) suurendada voolutihedust, protsessi alguses suurendada voolutihedust 1—2 minutiks 1,5—2 korda;</p> <p>c) soovitada ja puhastada anoode kuni metalse läikeni;</p> <p>d) lühendada dekapeerimisega</p>
Tuhm või põlenud sadestis, eriti detailide väljaulatuvatel osadel	<p>Antud temperatuuri jaoks liiga suur voolutihedus</p>	<p>Kehtestada õige suhe voolutiheduse ja temperatuuri vahel</p>
Kroom ei sadestu toodete süvenditesse ja avade juurde	<p>a) Voolutihedus süvendite kohtades ei ole küllaldane;</p> <p>b) väävelhappe liig elektrolyüdis;</p> <p>c) kroomitavates detailides on sulgemata avad;</p> <p>d) kroomitavad tooted puutuvad omavahel kokku;</p> <p>e) suurte gaasimulli tekkimine toodete süvendites</p>	<p>a) Suurendada voolutihedust ja üles seada sobiva kujuga anoodid. Protsessi alguses anda 1 minuti jooksul normaalsest 2—3 korda tugevamat voolu;</p> <p>b) vähendada väävelhappe sisaldus normaalseni;</p> <p>c) sulgeda kõik, sealhulgas ka läbiulatuvad avad kummi, kloorviniül- või pliikorkidega;</p> <p>d) suurendada detailide vahemaad;</p> <p>e) kõrvaldada gaasimullid</p>

Häired	Põhjused	Kõrvaldamine
Kroomsadestis tuleb kihtidena pealt maha (kihitub)	<p>a) Temperatuuri ja voolutiheduse mittevastavus;</p> <p>b) paks pliiühapendi kiht anoodidel;</p> <p>c) halb rasvainetest puhastamine ja oksüüdikile olemasolu toodete pinnal;</p> <p>d) järsk voolutiheduse suurendamine temperatuuri langemisel</p>	<p>a) Kehtestada õige suhe voolutiheduse ja temperatuuri vahel;</p> <p>b) söövitada ja puhastada anoodide;</p> <p>c) paremini puhastada ja dekapeerida;</p> <p>d) jälgida protsessi ja korrigeerida voolutihedust ning temperatuuri vastavalt ettenähtud töörežiimile</p>
Tumedate ribade ja punktide ilmumine kroomitavale pinnale	<p>a) Väävelhappe puudujääk;</p> <p>b) elektrolüüdi mustumine tahkete osakestega (päraga)</p>	<p>a) kontrollida väävelhappe sisaldust analüüsi teel ja lisada puuduv kogus hapet;</p> <p>b) filtreerida elektrolüüti</p>
Kroomsadestis on tumeda värvusega	<p>a) Kolmevalentse kroomi suur kontsentratsioon;</p> <p>b) väävelhappe puudujääk;</p> <p>c) liiga madal elektrolüüdi temperatuur</p>	<p>a) Vähendada kolmevalentse kroomi sisaldust normaalseni, töödeldes vanni juhulike kaotoidide ja suurepinnaliste anoodide abil;</p> <p>b) lisada väävelhapet vastavalt keemilise analüüsi andmetele;</p> <p>c) taastada normaalne temperatuur ja hoida seda vanni töötamise ajal</p>
Kroomsadestis tuleb dekoratiivsel kroomimisel koos nikkel-atu-kihiga pealt ära	<p>Madalakvaliteediline nikeldamine, halb ettevalmistus enne nikeldamist</p>	<p>a) Parandada toodete ettevalmistamist enne nikeldamist;</p> <p>b) kontrollida nikeldamiselektrolüüdi töötamist</p>

Kroomkatte puudumine nikkel-aluskihi üksikutel osadel (dekoratiivsel kroomimisel)

Tuhm või põlenud sadestis, eriti detailide väljaulatuvatel osadel

Sadestunud kroomil leidub kühmukesi, näsapid ja koonusekujulisi lohukesi

Nikli oksüdeerumine tema poleerimisel kroomoksüüdiga

- a) Antud temperatuuril liiga suur voolutihedus;
- b) anoodid asuvad detailide väljaulatuvatele osadele liiga lähedal;
- c) detailide asetamine vanni voolu alla ilma eelneva soojendamise ja kuumas vees või elektrolüüdis

- a) Ühe 0,2 mm paksuste kroomikihtide sadestamisel on väikeste konaruste tekkimine välistimatu; suure hulga konaruste tekkimist põhjustab peaaegu alati elektrolüüdi mustumine hõlvivate tahkete kolloidsete ainetega, mis satuvad vanni madalal kvaliteetselt anoodidelt, värvist jt. ainetest;
- b) kroomitavas metallis on grafiidipiisi või oksüidkoldeid

a) Nikli tuleb enne kroomimist poleerida raudoksüüd- (kroomoksüüd-) või alumiiniumoksüüd-pastaga. Hea on kasutada elektropoleerimist

- a) Kehtestada õige suhe voolutiheduse ja temperatuuri vahel;
- b) kasutada kaitsekatoode ja suurendada elektrodide vahelist kaugust;
- c) enne elektrolüüti asetamist soojendada malmdetaili kuumas vees või terasdetaili elektrolüüdis ilma vooluta, kuni detailid saavutavad elektrolüüdi temperatuuri

- a) Enne kroomimise algust ja protsessi ajal mitte segada vanni põhja sadestunud muda; anoodide valmistamiseks kasutada ainult puhaast pliidi või plii ja antimoni sulamit;
- c) riputuskonksude ja kroomimisele mittekuuluvate kohtade isoleerimiseks mitte kasutada juhuslikke värve ja kroomihappes lahustuvaid aineid. Hoolikalt eemaldada värv ja määre kroomitavatelt detailidelt

Häired	Põhjused	Kõrvaldamine
<p>Kroomsadestis tuleb lihvimisel rõngastena või kihtidena pealt maha</p>	<p>a) Detailid seisid vannis kaua aega ilma vooluta (pikaajalise voolukatkestuse tagajärjel);</p> <p>b) elektrolüüdi temperatuuri või voolu tugevuse vahelduv muutumine kroomimisprotsessi ajal;</p> <p>c) kroomimisprotsessi ajal lisati vanni külma vett</p>	<p>a) Pikkade (üle ühe tunni) vaheaegade korral võetakse detailid vannist välja, dekapeeritakse ja kroomitakse uuesti;</p> <p>b) hoida voolutihedus ja temperatuur kroomimise ajal püsivana vastavalt nõuetele;</p> <p>c) vanni töötamisel tuleb elektrolüüdi nivood säilitada ainult kuuma vee lisamisega, valeseda peale mööda vanni setnu</p>
<p>Kroomsadestis tuleb kihtidena pealt ära juba vannis või lihvimisel</p>	<p>a) Detailide mitteküllaldane rasvaainetest puhastamine;</p> <p>b) dekapeerimine on teostamata või mitteküllaldane;</p> <p>c) detailid on üle karastatud;</p> <p>d) kroomsadestise lihvimiseks kasutatav lihvimisketas on liiga kõva või lihvimiskiirus liiga suur</p>	<p>a) Parandada rasvaineist puhastamist;</p> <p>b) teostada kohustuslik anooddekapeerimine vastavalt ettenähtud tööreežiimile (peale malmi);</p> <p>c) rangelt hoida karastamisrežiimi, pärast kroomimist kuumutada detaile õlis 150—200°C-ni 1—2 tunni vältel;</p> <p>d) lihvida ühtlaselt jahutades keskmise kõvadusega ketaste ja keskmise teralisusega abratsiivi abil, vähendada lihvimiskiirust</p>

Kroomitud detailide ekspluaateerimisel ilmuvad nende pinnale tärked, kriimud ja kroom pudeneb maha

Kroomi sadestumise kiirus on väga väike

Detailide üksikutes kohtades on kroomikihi paksus mitteküllaldane (ebaühtlane kiht)

- Mitteküllaldane poorsus, mis ei taga pinna ühtlast kattumist õliga;
- defektid ettevalmistaval lihvimisel, põhimetalli pinna «põlemine»;
- detailid on üle karastatud

- Tegelik voolutihedus ei vasta arvutuslikule;
- viga detailide pinna arvutamisel;
- liiga suur kroomhappe anhüdriidi sisaldus;
- liiga suur vävelhappe sisaldus;
- ebarahuldav kontakt riputuskoaksude ja voolu juhitavate lattide vahel;
- soola või lämmastikhappe jälgede olemasolu elektroliidis

- Detailid on vannis riputatud üksikutele liiga lähedale ja ek-raneerivad üksikust;
- anoodid ei tööta ühtlaselt

- Saavutada normaalne poorsus, hoides ettevalmistamisel ja kroomimisel ettenähtud režiimi;
- hoolikamalt lihvida, mitte lasta detailidel kohati üle kuume-neda;
- rangelt hoida karastamis-režiimi

- Kontrollida riputuskoaksude ristlõiget;
- arvutada detailide pind uuesti;
- hoida elektroliidi koostises ette nähtud kroomhappe anhüdriidi sisaldus püsivana;
- määrata analüüsiga täpne vävelhappe sisaldus, liig sadestada baariumkarbonaadiga;
- kontrollida kontaktide kindlust, vajaduse korral puhastada kontaktikohad metallise läikeni, kinnitada kontaktikohad täiendavalt eri klambritega;
- kontrollida analüüsiga soola ja lämmastikhappe sisaldust

- Suurendada vahemaad detailide vahel;
- söövitada ja puhastada anoode kuni ühtlase metallise läike saamiseni

Häired	Põhjused	Kõrvaldamine
<p>Vertikaalse riputuse korral on sadestis detailide ülemises osas mitterahuldav</p>	<p>a) Detailid ei asetu elektrolüüdis küllaldaselt sügavusel; b) elektrolüüdi intensiivne aurumine vanni töötamise ajal</p>	<p>a) Elektrolüüdi nivoo peab tavaliselt olema vähemalt 50 mm kõrgemal kroomitava detaili ülemisest otsast; b) pidevalt jälgida elektrolüüdi nivood, aeg-ajalt lisada kuuma vett</p>
<p>Sisepindade kroomimisel vool nõrgeneb pinge tõusmisel</p>	<p>a) Väga väike anoodi ristlõige; b) suur vahemaa anoodi ja katoodi vahel; c) anoodid ei ole küllalt puhtad</p>	<p>a) Suurendada sisemise anoodi läbimõõtu; b) vähendada vahemaad anoodi ja katoodi vahel; c) kasutada puhtast pliist 6–8%-lise antimoonilisandiga anoode</p>
<p>Silindrilise kujuga sisepindade kroomimisel kroomu ülaosas ei sadestu</p>	<p>Vesiniku intensiivse eraldumise tagajärjel suureneb gaasi hulka elektrolüüdis, ülemises osas suureneb takistus ja detailide otstel ei saavutata kroomi sadestumiseks vajalikku potentsiaali</p> <p>Elektrolüüdis on lämmastikhapet või tema sooli üle 1 g/l</p>	<p>Suurendada vahemaad anoodi ja katoodi vahel, vähendada voolutihedust</p>
<p>Sadestis ei ole ühtlane, esinevad tumedad sadestised, kroomi sadestumise katkemine. Vanni pliivooderdis laguneb kiiresti</p>		<p>Püüda parandada elektrolüüti vooluga töötlemise teel, kasutades katode, mille pind on anoodide pinnast 3–4 korda suurem, sadestades eelnevalt väävelhappe baariumisooladega</p> <p>Kui parandada ei õnnestu, vahetada elektrolüüt</p>

Mitmesuguse paksusega kroomikihi sadestamise kestus, kui kasutegur voolu järgi on 13%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²							
	10	15	25	30	35	50	80	100
0,001	9,81	6,53	3,92	3,26	2,80	1,96	1,22	0,98
0,002	19,6	13,1	7,85	6,54	5,60	3,92	2,45	1,96
0,003	29,4	19,6	11,8	9,81	8,41	5,88	3,68	2,94
0,004	39,2	26,2	15,7	13,1	11,2	7,85	4,91	3,92
0,005	49,1	32,7	19,6	16,3	14,0	9,81	6,13	4,91
0,006	58,9	39,2	23,5	19,6	16,8	11,8	7,35	5,89
0,007	68,7	45,8	27,5	22,9	19,6	13,7	8,58	6,87
0,008	78,5	52,3	31,4	26,2	22,4	15,7	9,81	7,85
0,009	88,3	58,8	35,3	29,4	25,2	17,7	11,0	8,83
0,01	98,1	65,4	39,2	32,7	28,0	19,6	12,3	9,81
0,02	196	131	78,5	65,4	56,0	39,2	24,5	19,6
0,03	294	196	118	98,1	84,1	58,8	36,8	29,4
0,04	393	262	157	131	112	78,5	49,1	39,3
0,05	491	327	196	163	140	98,1	61,3	49,1
0,06	589	392	235	196	168	118	73,5	58,9
0,07	687	458	275	229	196	137	85,9	68,7
0,08	785	523	314	262	221	157	98,0	78,5
0,09	883	588	353	294	252	177	110	88,3
0,1	981	654	392	327	280	196	123	98,1
0,2	1963	1308	785	654	560	392	246	196
0,3	2944	1962	1177	981	841	588	368	294
0,4	3925	2615	1569	1308	1121	785	491	392
0,5	4907	3269	1961	1635	1401	1081	613	491
0,6	5888	3923	2354	1962	1681	1177	735	589
0,7	6869	4577	2746	2289	1961	1373	858	687
0,8	7851	5231	3138	2616	2242	1569	980	785
0,9	8832	5885	3531	2942	2522	1765	1103	883
1,0	9814	6538	3923	3269	2802	1961	1226	981

Tööprotsessis on mõnikord võimalik väävelhappe liig. Selle kõrvaldamiseks on kõige parem osa elektrolüüti vannist ära valada, lisada vett ja vastaval hulgal puhast, minimaalse väävelhappe sisaldusega kroomhappe anhüdriidi. Kui seda ei ole võimalik teha, tuleb väävelhappe liig kõrvaldada, sadestades seda baariumkarbonaadi lahusega (2 g baariumkarbonaati iga liigse grammi väävelhappe kohta). Varem ettevalmistatud baariumkarbonaadi lahus valatakse väikeste kogustena 50—60° soojendatud elektrolüüti, seejuures pidevalt segades, ning lastakse seista 18—24 tundi. Liigne väävelhappe sadestub põhja baariumsulfaadina. See sadestis ei takista elektrolüüdi edasitöötamist, kuid tuleb siiski vannist eemaldada.

Kui elektrolüüd on liigset kolmevalentset kroomi, tuleb see muuta kuuevalentseks. Selleks tuleb elektrolüüti töödelda vooluga, kasutades suurepinnalisi pliianode.

Mitmesuguse paksusega poorsete kroomikihtide sadestamiseks vajalik aeg, kui kasutegur voolu järgi on 18%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²			
	40	50	80	100
0,01	19,5	15,5	9,75	7,75
0,02	39,0	31,0	19,50	15,50
0,03	58,5	46,5	29,25	23,25
0,04	78,0	62,0	39,00	31,00
0,05	97,5	77,5	48,75	38,75
0,06	117,0	93,0	58,50	46,50
0,07	136,5	108,5	68,25	54,25
0,08	156,0	124,0	78,00	62,00
0,09	175,5	139,5	87,75	69,75
0,1	195	155	97,50	77,50
0,2	390	310	195,0	155,0
0,3	585	465	292,5	232,5
0,4	780	620	390,0	310,0
0,5	975	775	487,5	387,5
0,6	1170	930	585,0	465,0
0,7	1365	1085	682,0	542,5
0,8	1560	1240	780,0	620,0
0,9	1775	1395	877,5	697,5
1,0	1950	1550	975,0	775,0

Terasdetailide anooddekapeerimine enne kulumiskindlat ja poorset kroomimist on kohustuslik ja toimub järgmise koostisega elektrolüüdis:

kroomhappe anhüdiid	150—250 g
väävelhape	1,2—2,2 "
vesi	1 l

Töörežiim:

temperatuur	48—52° C
voolutihedus	40—45 A/dm ²

kestus: a) piimjal ja läikival kulumiskindlal kroomimisel kuni 1 minut; b) poorsetel kroomimisel 2 kuni 5 minutit; c) pooride süvendamine pärast poorset kroomimist — 3—12 minutit.

Pärast anooddekapeerimist kroomelektrolüüdis paigutatakse detailid kiiresti ümber kroomimisvanni ilma vahepealse pesemiseta.

Värvilistest metallidest ja sulamitest valmistatud ning samuti nikeldatud toodete vahetul dekoratiivsel kroomimisel neid anoodil ei dekapeerita, vaid soojendatakse pärast vastavat keemilist töötlemist kuumas

vees kuni elektrolüüdi temperatuurini ning riputatakse kroomimisvanni voolu alla.

Detailid asetatakse kroomimiseks vanni elektrolüüdi nivoost 50—60 mm madalamale.

TSINKIMINE

Tsink on helehall, sinaka varjundiga kergesti tuhmuv metall. Ta erikaal on 8,6. Aatomkaal 65,38. Sulamistemperatuur 419° C. Elektrokeemiline ekvivalent 1,219 g/Ah.

Toatemperatuuril on tsink habras, 100—150° C juures muutub sepistatavaks ja on kergesti valtsitav õhukesteks lehtedeks. 200° C juures muutub ta jälle nii rabedaks, et teda võib pulbriks tampida.

Tsink lahustub kergesti hapetes ja leelistes, mistõttu teda ei saa kasutada leeliste ja hapete lahustega ning nende aurudega kokkupuutuvate toodete kaitsmiseks. Niiskes õhus ja vees kattub tsink valge karbonaatide ja oksüüdide kilega, mis kaitseb teda edasise lagunemise eest.

Tsinkkate on üks vähestest galvaanilistest katetest, mis raua suhtes on anoodiks, s. o. kaitseb ka elektrokeemiliselt.

Tsinkimise eesmärgiks on metalli pinna kaitsmine atmosfääris, magedas vees, bensiinis ja petrooleumis korrodeerumise eest. Kasutatakse dekoratiivsust mittenoudvate laiatarbekaupade, traadi, torude ja seadmete detailide katmiseks ning mere- ja jõeveega kokkupuutuvate metallobjektide protektorkaitsetena.

Tsinkkatete paksuse reeglanteeb GOCT 2249-43.

Tsinkimisel kasutatakse tsüaniid-, tsinkaat- ja happelisi elektrolüüte.

Happelised elektrolüüdid on odavamad ja töökindlamad, soojendamisel ja segamisel võimaldavad töötada suure voolutihedusega. Kuid neid saab kasutada ainult lihtsa kujuga toodete katmiseks. Keerukama kujuga ja keevisõmbulisi omavaid tooteid kaetakse tsinkaat- ja tsüaniidelektrolüütides, mille hajutusvõime on tunduvalt suurem kui happelistel elektrolüütidel, mistõttu tsink jaguneb ühtlasemalt.

Tsüaniidelektrolüüdid. Tsüaniidelektrolüütide valmistamisel lahustatakse eraldi nõudes minimaalses hulgas vees (soovitav keedetud) naatriumtsüaniid ja naatriumhüdroksüüd. Tsinkoksüüd suspendeeritakse väheses vees kuni hapukooretalise paksuseni ja lisatakse sellele esmalt naatriumtsüaniidi, seejärel aga naatriumhüdroksüüdi lahus. Pärast seda segatakse elektrolüüti hoolikalt, vajaduse korral filtreeritakse ja lahjendatakse arvatud hulga veega.

Kui tsinkoksüüdi ei ole, võib teda asendada tsinksulfaadist saadava tsinkhüdroksüüdiga. 100 g tsinkhüdroksüüdi saamiseks lahustatakse ühes nõus 288 g tsinksulfaati ja teises nõus 80 g naatriumhüdroksüüdi. Pärast seda valatakse teine lahus pikkamööda segades esimesse. Seejuures langeb välja valge sade — tsinkhüdroksüüd.

Elektrolüütide korrigeerimine seisab üksikute komponentide kontsentratsiooni alalhoidmises.

Tsüaniidelektrolüütide iseloomustus on toodud tabelis 74.

Tsüaniidelektrolüütide valmistamisel ja ekspluateerimisel tuleb täita kõiki ohutustehnika reegleid [21].

Tsinkaatelektrolüüdid. Leelistel ehk tsinkaatelektrolüütidel on hea hajutusvõime, mis mõningatel tingimustel läheneb tsüaniidelektrolüütide hajutusvõimele, ja väga kõrge kasutegur voolu järgi — 97—99%. Sõltumatult kihi paksusest saadakse hele, hõbedane tihe ja sile sadestis, mis kindlalt liitub toote pinnaga.

Tsinkimisel kasutatavate tsüaniidelektrolüütide iseloomustus

Koostis ja töörežiim	Ühik	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus g/l		
		1	2	3
Tsinkoksüüd	g/l	45	—	42—45
Naatriumtsüaniid	„	75	38	78—75
Tsinksüaniid	„	—	60	—
Naatriumhüdroksüüd	„	15	45	70—85
Naatriumsulfiid	„	—	—	0,5—5,0
Glütseriin	„	—	—	3—3,5
Elektrolüüdi temperatuur	°C	18—25	18—25	16—30
Voolutihedus	A/dm ²	1—2	0,5—1,5	2—8
Filtratsioon	—	perioodiline	pärast iga laadimist	perioodiline
Kasutegur voolu järgi	%	75—80	75—80	80—85

Märkus. Elektrolüüti nr. 1 kasutatakse keerulise kujuga detailide katmiseks, nr. 2 — väikeste detailide masstsinkimiseks kuppelvannides ja trumlites, nr. 3 — läiktsinkimiseks (ВИАМ).

Keerulise reljeefiga detailide katmiseks soovitab N. T. Kudrjartsev järgmise koostisega elektrolüüti ja töörežiimi:

naatriumhüdroksüüd	70— 88 g/l
tsinkoksüüd	10— 12 „
tina (di- või tetrakloriidina)	0,15—0,25 „

Elektrolüüdi temperatuur 50° C, voolutihedus kuni 1,2 A/dm², anoodid — valtsitud tsink mark III.

Tsinkaatelektrolüüdi valmistamisel lahustatakse esmalt väheses vees (10% vanni mahust) naatriumhüdroksüüd, lahuse soojendatakse 90—100°-ni ja lisatakse tsinkoksüüd või tsinkhüdroksüüd (valmistamist käsitleti eespool), segatakse hoolikalt ja lahjendatakse kuumaga kuni 1/3—1/2 nõutavast mahust. Pärast lahuse selgimist dekanteeritakse ta töövanni, soojendatakse 60—70°-ni ja valatakse juurde ettevaatlikult segades vajalikus mahus sooja vett.

Väheses hulgas saadud elektrolüüdis lahustatakse tinadikloriidi 0,5 g/l (arvestades metalset tina 0,25 g/l). Enne seda viiakse lahusesse (tinaoksüüdi sadenemise vältimiseks) 30-protsendilist vesinikperoksüüdi 0,5—1 cm³ iga 0,5 g tinadikloriidi kohta. Saadav lahuse valatakse vanni.

Valmis elektrolüüti analüüsitakse, vajaduse korral korrigeeritakse ja töödeldakse vooluga.

Elektrolüüdis nr. 3 saadud tsinkkate omab algul tuhm kollakat varjundit. Läike omandab ta pärast pesemist voolavas vees ja helestamist 2—3 sekundilise sukeldamisega 3% lise lämmastikhappe lahusesse.

Happelised elektrolüüdid. Happeliste elektrolüütide valmistamisel lahustatakse eraldi nõudes väheses vees retseptis nõutavad hulgad liitri. Pärast heljivate lisandite settimist valatakse lahuse läbi riidest filtri tsinkimisvanni ja lisatakse vajalikul määral vett, siis segatakse ja mõõ-

detakse pH. Kui pH on suur, lisatakse elektrolüüti keemiliselt puhast väävelhapet.

Elektrolüüdi pH ligikaudseks määramiseks tsehitingimustes võib kasutada puhast kongo paberit, mis $pH = 4$ juures järsult tumeneb, $pH > 4$ juures tumeneb vähesel määral, ja kui $pH < 4$, muutub siniseks ja tumesiniseks.

Võib kasutada ka 0,1 protsendilist metüülpunapiirituslahust. Kui elektrolüüdi pH on liiga kõrge, värvub elektrolüüt mõne tilga metüülpunase lisamisel kollaseks, kui elektrolüüdi $pH = 4$, siis punaseks.

Happeliste tsinkelektrolüütide iseloomustus on toodud tabelis 75.

Tsinkkatete keemiline töötlemine [1]. Vahetult pärast läikivate tsinkkatete sadestamist saab seda helestada vastava lahusega töötlemise teel. Häid tulemusi annab järgmise koostisega lahus:

kroomhappe anhüdriid	150 g/l
väävelhape (erikaal 1,84)	3—4 „

Töödeldakse toatemperatuuril. Detailide lahuses hoidmise kestus on 3—10 sekundit. Pärast töötlemist omandavad tsingitud detailid läikiva varjundi, läikivate katete läige aga paraneb. Lisaks tõuseb tunduvalt korrosioonikindlus ja langeb vastuvõtlikkus iga liiki mustumisele.

Tsingi kaod kroomhappes lahustumise tagajärjel on tähtsusetud (kihi paksus väheneb vaid mikroni kümnendikosa võrra).

Tabel 75

Tsingimisel kasutatavate happeliste elektrolüütide iseloomustus

Elektrolüüdi koostis ja töörežiim	Ühik	Elektrolüüdi number ja komponentide sisaldus g/l			
		1	2	3	4
Tsinksulfaat	g/l	300	225—250	200	215—430
Naatriumsulfaat	„	70	50—150	70	50—160
Alumiiniummaarjas	„	30	—	30	—
Boorhape	„	20	25—30	—	—
Naatriumkloriid	„	—	—	15	—
Alumiiniumsulfaat	„	—	—	—	30
Naftaliindisulfohape Na sool	„	—	—	—	2—3
Dekstriin ja glükoos	„	—	10—12	—	—
Elektrolüüdi temperatuur	°C	18—25	18—25	18—30	Mitte üle 25
Voolutihedus	A/dm ²	1—2	2—5	0,5—1,5	3—8
Segamine	—	Ei	Õhuga	Mehaaniline	Õhuga
Filtratsioon	—	Perioodiline	Pidev	Pärast iga laadimist	Pidev
Kasutegur voolu järgi	%	92	92	92	80—85
Vesinikioonide kontsentratsioon	pH	4,0—4,2	4,0—4,2	4,0—4,2	3,8—4,0

Märkus. Elektrolüüti nr. 1 kasutatakse liitsa kujuga detailide katmiseks, nr. 2 — keerulise kujuga detailide katmiseks, nr. 3 — väikeste detailide mass-tsinkimiseks kuppel-, trummel- ja koppvannides, nr. 4 — läiktsinkimiseks (N. T. Kudrjajtsev).

Häired tsinkimisel ja nende kõrvaldamine

Häire	Põhjused	Kõrvaldamine
Tumeda värvusega sadestis	<p style="text-align: center;"><i>Happelised elektrolüüdid</i></p> <p>a) Liiga suur voolutihedus; b) kõrge pH; c) alumiiniumsulfaadi või boorhappe puudujääk elektrolüüdis</p>	<p>a) Vähendada voolutihedust; b) tõsta väevhappe sisaldust; c) lisada alumiiniumsulfaati või boorhapet</p>
Sadestis tuleb kihtidena pealt maha	<p>a) Detaili pinna halb ettevalmistus; b) elektrolüüdi mustumine orgaaniliste ainetega; c) vesiniku tungimine detailide pinnakihti söövitamisel ja elektrokeemilisel rasvaineist puhastamisel</p>	<p>a) Parandada rasvainetest puhastamist; b) töödelda elektrolüüti vooluga, lisada elektrolüüti vesinikühapendit c) asendada söövitamine ja rasvaineist puhastamine töötlemisega liivajoa abil. Enne tsinkimist kuumatada tooteid 100—150°-ni</p>
Sadestis on hele, kuid rabe; elektrootodidel eraldub tugevasti gaase	Madal pH (happe liig)	Määrata analüüsiga kindlaks happe hulk. Neutraliseerida see nõrga naatriumkarbonaadi või naatriumhüdroksüüdi lahusega
Sadestis on hele, konarlik	Hõljuvate osakeste olemasolu elektrolüüdis	Filtreerida elektrolüüti. Puhastada anoodid ja asetada nad lõuendkottidesse
Tunduv gaaside eraldumine anoodidel, kuid pH ja voolutihedus on normaalsed	Anoodides on pliid (1—1,5%)	Vahetada anoodid

9. Väike kirme ilmumine detailidele pärast kuivatamist

Väikesed mullid tsiingitud toodete pinnal

Sadestisel on dendriite

Sadestis on tume ja urbne

Detailide pinnal üksikutes kohtades on tumedad katmata laigud

Sadestis on tumeda värvusega

Detaili pind ei kattu üldse, ka ei eraldu vesinikku

Detailide puudulik pesemine pärast tsiinkimist

Vesiniku sisaldus tsiingisadestises

- a) Suur voolutihedus;
- b) väike tsiingisaldus elektro-lüüdis

Tsinkaatelektrolüüdid

- a) Väike tinasisaldus elektro-lüüdis;
- b) liiga suur tina kontsentratsioon;
- c) liiga väike tsiingi kontsentratsioon;
- d) liiga suur voolutihedus;
- e) elektrolüüdi madal temperatuur

Detaili ekraaneerib teine detail või riputusrakis

Elektrolüüdi mustumine lisandite, eriti raudhüdroksüüdi tõttu

- a) Lühis vannis;
- b) kontakti puudumine

Paremini pesta

- a) Elektrolüüti kergelt segada
- b) vähendada voolutihedust;
- c) tsiingisaldust elektrolüüdis suurendada
- d) kuumutada detaile enne tsiinkimist 150°-ni
- a) Vähendada voolutihedust;
- b) lisada tsinksulfaati

- a) Lisada tina;
- b) töödelda elektrolüüti alalisvooluga;
- c) lisada tsinkoksüüdi või tsinkhüdroksüüdi;
- d) vähendada voolutihedust;
- e) hoida temperatuur 50—55°

Asetada detailid riputusrakisele õigesti, vältides nende kokkupuutumist omavahel ja rakisega

Lasta elektrolüüdil selgineda, dekanteerida ja töödelda vooluga

- a) Kõrvaldada lühis;
- b) puhastada katoodlatid ja raki-sekonksud

Häire	Põhjus	Kõrvaldamine
<p>Detaili pind ei kattu üldse, väiksel voolutihedusel ei eraldu vesinikku</p>	<p>Elektrolüüt sisaldab: a) nitraate, b) vesinikperoksüüdi</p>	<p>a) Elektrolüüt vahetada värskega; b) töödelda elektrolüüti alalisvooluga või katkestada töö mõneks ajaks</p>
<p>Liivajoaga puhastatud legeeritud terasest detailide keevituskohtades ja süvendites puudub sadestis</p>	<p>Nimetatud materjal ja töötlemisviis soodustavad vesiniku ülepinge vähenemist, mille tagajärjel viimase eraldumine kergendub, tsingi sadestumine aga raskeneb</p>	<p>a) Suurendada voolutihedust, kuid mitte ületada lubatud piiri; b) lisada elektrolüüti kaaliumtsüaniidi ligikaudu 10 g/l; c) katta detaili pind eelnevalt õhukese tinakihiga (leelisest elektrolüüdist)</p>
<p>Anoodidel tekib kile, millega kaasub tugev vesiniku eraldumine</p>	<p>a) Naatriumhüdrosüüdi vähesus elektrolüüdis; b) suur voolutihedus anoodil; c) vanni maaühendus, mille tagajärjel anoodi läbib tugev vool</p>	<p>a) Korrigeerida elektrolüüti; b) suurendada anoodide pinda; c) kõrvaldada maaühendus</p>
<p>Tsingi kontsentratsioon elektro-lüüdis langeb kiiresti</p>	<p>a) Naatriumhüdrosüüdi vähesus, mille tagajärjel tugevneb tsinkaadi hüdrolüüs ja tsinkhüdrosüüd sadestub välja; b) anoodide passiveerumine ja madal anoodi kasutegur</p>	<p>a) Lisada elektrolüüti naatriumhüdrosüüdi ja viia tsink-oksüüdi sisaldus retseptis näidatud kontsentratsioonini; b) puhastada anoode ja suurendada nende pinda</p>

Tsüaniidelektrolüüdid

Sadestis on habras

- Elektrolüüdis on orgaanilisi lisandeid;
- liiga suur tsiingi kontsentratsioon;
- liiga väike tsüaniidi ja leelise kontsentratsioon;
- elektrolüüdi kõrge temperatuur

Sadestis on tumeda värvusega

Elektrolüüdis on plii ja raua lisandeid

Tugev vesimiku eraldumine katoodil; madal kasutegur voolu järgi

- Liiga suur voolutihedus katoodil;
- tsüaniidi liig või tsiingi puudujääk elektrolüüdis

Anoodidel tekib kile; madal anoodi kasutegur

Tsiingisisaldus elektrolüüdis vähe-
neb kiiresti

Madal kasutegur anoodil voolu järgi

Tsiingi sisaldus elektrolüüdis suureneb kiiresti

Madal katoodikasutegur, kõrge anoodikasutegur

- Töödelda elektrolüüti vooluga;
- vähendada tsiingi kontsentratsiooni;
- lisada naatriumtsüaniidi ja naatriumhüdroksüüdi
- alandada temperatuuri

Töödelda elektrolüüti vooluga, filtreerida või dekanteerida

- Vähendada voolutihedust;
- viia elektrolüüti tsinkoksüüdi või tsinkhüdroksüüdi

- Lisada naatriumtsüaniidi;
- suurendada anoodide pinda

Suurendada anoodi pinda, puhastada anoodi, lisada naatriumtsüaniidi

Vähendada voolutihedust katoodidel; katkestada tsüaniidide lisamine

Tabel 77

Mitmesuguse paksusega tsingikihi sadestamise kestus tsüaniid-elektrolüüdist, kui kasutegur voolu järgi on 70%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²				
	0,50	1,0	2,0	4,0	5,0
0,001	9,5	5	2,4	1,2	1
0,002	19,0	10	4,8	2,4	2
0,003	28,5	15	7,2	3,6	3
0,004	38,0	20	9,6	4,8	4
0,005	47,5	25	12,0	6,0	5
0,006	57,0	30	14,4	7,2	6
0,007	66,5	35	16,8	8,4	7
0,008	76,0	40	19,2	9,6	8
0,009	85,5	45	21,6	10,8	9
0,01	95	50	24	12	10
0,02	190	100	48	24	20
0,03	285	150	72	36	30
0,04	380	200	96	48	40
0,05	475	250	120	60	50
0,06	570	300	144	72	60
0,07	665	350	168	84	70
0,08	760	400	192	96	80
0,09	855	450	216	108	90
0,1	950	500	240	120	100

Tsinkkatteid passiveeritakse korrosioonikindluse tõstmise eesmärgil. Soovitav on kasutada keemilist töötlemist või passiveerimist kromaatlakustes.

N. T. Kudrjajtsev soovib kasutada järgmist lahust:

kroomhappe anhüdiid 50—150 g/l
naatriumkloriid 5—50 „

Töödelda toatemperatuuril. Töötlemise aeg 5—15 sekundit.

Tsinkkatte pinnal tekib õhuke tumeroheline kuni pruun kromaadikiile. Tsingikihi kahanemine töötlemisel on tühine, moodustades 5—15 sekundi jooksul 0,15—0,25 μ .

Pärast keemilist töötlemist (helestamist või passiveerimist) asetatakse tsingitud tooted kiiresti külma vee vanni, pestakse hoolikalt ja kuivatatakse suruõhuga.

Tabel 78

Mitmesuguse paksusega tsingikihi sadestamise kestus happelisest elektrolüüdist, kui kasutegur voolu järgi on 92%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
0,001	3,75	1,87	1,25	0,93	0,75
0,005	18,75	9,36	6,25	4,65	3,75
0,01	37,50	18,70	12,50	9,25	7,50
0,05	187,50	93,75	62,50	46,25	37,50
0,1	375,00	187,50	125,00	93,00	75,00

KADMEERIMINE

Kadmium on hõbevalge pehme metall, värvuselt sarnane tinaga. Erikaal 8,6. Aatomkaal 112,14. Sulamistemperatuur 321° C. Elektrokeemiline ekvivalent 2,096 g/Ah. Keemiliselt on kadmium püsivam kui tsink: leelised teda ei lahusta, lahjendatud väävelhape temasse peaaegu ei mõju, soolhappes lahustub aeglaselt, lämmastikhappes aga kiiresti. Ka orgaanilised happed lahustavad kadmiumi.

Kadmiumi soolad on mürgised, mistõttu teda ei saa kasutada toiduainete valmistamiseks ja säilitamiseks kasutatavate nõude katmiseks.

Kadmeerimist kasutatakse kaitsmiseks korrosiooni eest niiskes mereõhus ja merevees; keermetatud ja teiste detailide katmiseks, et saavutada kindlat haardumist ja töötavate pindade paremat kohastumist; elektrikontaktide katmiseks.

Kadmiumi sadestatakse happelistest ja tsüaniidelektrolüütidest.

Halva hajutusvõime tõttu kasutatakse happelisi elektrolüüte ainult geomeetriselt korrapärase kujuga toodete katmiseks.

Happelise elektrolüüdi koostis:

kadmiumsulfaat	64 g/l
ammooniumsulfaat	39 "
alumiiniumsulfaat	33 "
tisleriliim	0,5—4,5 g/l

Elektrolüüsitakse toatemperatuuril, voolutihedus 0,5—0,8 A/dm², pH 3,5—4,5.

Kadmiumi, ammooniumi ja alumiiniumi soolad lahustatakse soojas vees, lastakse lahusel selgida, dekanteeritakse ja valatakse töövanni, kuhu lisatakse varemvalmistatud liimilahus. Pärast seda töödeldakse elektrolüüti vooluga pingel 1,5—2,0 V 8—10 tundi.

Elektrolüüdi korrigeerimine edasises tööprotsessis seisab nõutava pH suuruse säilitamises ja perioodilises väikeste liimihulkade (0,2—0,3 g/l) lisamises.

Tsüaniidelektrolüüdi koostis:

kadmiumoksüüd	45 g/l
naatriumtsüaniid	120 "
naatriumsulfaat	50 "
sulfureeritud kastoorõli (või dekstriin 5—7 g/l)	12 "
nikkelsulfaat	1,6 "

Kaetakse toatemperatuuril, voolutihedus 1,0—3,5 A/dm². Voolutihedus anoodil peab olema 2—3 korda väiksem kui katoodidel.

Elektrolüüdi valmistamine. Kahe kolmandiku ulatuses sooja veega (30—40° C) täidetud töövannis lahustatakse arvutatud hulk naatriumtsüaniidi ja segatakse juurde kadmiumoksüüd või värskest valmistatud kadmiumhüdroksüüd. Pärast selle lahustumist lisatakse kõik ülejäänud komponendid ning valatakse juurde vett kuni töömahuni.

Kadmiumhüdroksüüdi valmistamiseks võetakse iga liitri elektrolüüdi kohta 90 g kadmiumsulfaati ja 28 g naatriumhüdroksüüdi, mis lahustatakse eraldi nõudes. Pärast selgimist ja dekanteerimist valatakse naatriumhüdroksüüdi lahus segades kadmiumsulfaadi lahusesse. Saadav kadmiumhüdroksüüdi sadestis eraldatakse dekanteerimise abil. Sadestise hoolikas pesemine naatriumsulfaadi lahusest ei ole nõutav.

Elektrolüüdi korrigeerimine seisab kadmiumi ja naatriumtsüaniidi kindlaksmääratud kontsentratsioonide säilitamises.

Mitmesuguse paksusega kadmiumikihi sadestamise kestus tsüaniid-elektrolüüdist, kui kasutegur voolu järgi on 90%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²				
	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
0,001	2,7	1,9	1,3	0,5	0,3
0,002	5,4	3,8	2,6	1,6	1,0
0,003	8,1	5,7	3,9	2,4	1,5
0,005	13,5	9,5	6,5	4,0	2,5
0,01	27,0	19,0	13,0	8,0	5,0
0,025	67,5	47,5	33,4	20,0	12,5
0,05	135,0	95,0	65,0	40,0	25,0
0,1	270,0	190,0	130,0	80,0	50,0

TINUTAMINE

Tina on hõbevalge plastiline metall. Erikaal 7,31, aatomkaal 118,7, sulamistemperatuur 231,8° C. Neljavalentse tina elektrokeemiline ekvivalent on 1,108, kahevalentsel — 2,216. Ligikaudu — 30° C temperatuuril läheb tina üle halliks modifikatsiooniks erikaaluga 5,75. Öhu käes tina ei muutu ja peab hästi vastu väävelvesiniku toimele. Soolhape lahustab tina, lahjendatud väävelhape peaaegu ei mõju, kontsentreeritud väävelhape aga lahustab soojendamisel. Leelised lahustavad tina, kusjuures eraldub vesinik.

Tänu tina kahjutusele kasutatakse seda laialdaselt toiduainetetöötuses konservtaara, toidukatelde, kööginõude, hakkmasinate jne. katmiseks. Mustade metallide atmosfäärsel korrosiooni eest kaitsmiseks tina-katteid ei kasutata.¹

Tinutamist kasutatakse: metallide kaitsmiseks korrosiooni eest nõrgalt happelistes keskkondades; valge pleki saamiseks (kuumkatmine), toiduainete metalltaara ja lauanõude katmiseks; kaablitraadi kaitsmiseks väävli toime eest vulkaniseerimisel; mõõteriistade, aparaatide ja mehhanismide detailide katmiseks; detailide mittekõvendatavate pindade kaitsmiseks asoteerimise eest.

Tinaga katmine toimub happelistes ja leelistes elektrolüütides. Happeliste elektrolüütide kasutegur voolu järgi on 90—96%, leelistel — 70—80%. Leeliste elektrolüütide hajutus- ja katmisvõime on märksa parem.

Happelise elektrolüüdi koostis:

tinasulfaat	50 g/l
väävelhape	50 "
naatriumsulfaat	50 "
karboolhape	5 "
tisleriliim	2 "

¹ Galvaaniliselt saadud tinakatete kaitseomaduste parandamiseks soovitatakse neid sulatada.

Häired kadmeerimisel ja nende kõrvaldamine

Häired	Põhjused	Kõrvaldamine
<i>Happelised elektrolüüdid</i>		
Sadestis on krobeline	Anoodides on antimoni ja arseeni	Vahetada anoodid, töödelda elektrolüüti vooluga
Anoodidele tekib pliisulfaadi kile	Anoodides on pliid	Kord vahetuses puhastada anoode ja võtta nad vaheaegadeks elektrolüüdist välja
Sadestis on jämedalt krobeline	Madal pH	Lisada ammoniaagilahust
Sadestis liitub toote pinnaga halvasti	Madal pH ja suur voolutihedus	Lisada ammoniaagilahust. Väheneda voolutihedust
Sadestisel on läikivad ribad	Elektrolüüdis on liigselt nikli ja koobalti sooli	Töödelda elektrolüüti vooluga
<i>Tsüaniidelektrolüüdid</i>		
Sadestis on tume	Tina, plii, antimoni või arseeni lisandid	Töödelda elektrolüüti vooluga pingel 1—2 V juhuslike katoodide abil
Sadestis on tume ja laiguline	Tsüaniidide puudujääk	Lisada naatriumtsüaniidi või kaaliiumtsüaniidi
Sadestis on habras	Leelise puudujääk	Lisada naatriumhüdrosüüdi
Sadestis on põlenud ja krobeline	Liiga suur voolutihedus, elektrolüüdis on hõljuvaid osakesi	Vähendada voolutihedust. Filtreri elektrolüüti
Toodetel on läikivad ribad	Elektrolüüdis on orgaanilisi lisandeid	Töödelda elektrolüüti vooluga
Sadestis on poorne	Elektrolüüdis on liigselt hulgal karbonaate	Jahutada elektrolüüti —5°-ni ja eemaldada põhjast sadestunud karbonaadid

Kaetakse toatemperatuuril, voolutihedus 1—2 A/dm².

Elektrolüüdi korrigeerimine seisab tööprotsessis järk-järgult ärakulutatavate komponentide ettenähtud kontsentratsiooni säilitamises. Liimi ja karboolhapet tuleb vanni lisada iga 25—30 töötunni järel, iga kord 0,25 g liimi ja 0,5 g karboolhapet 1 l elektrolüüdi kohta.

Leeliseliste elektrolüütide koostis:

1. tinadikloriid	40 g/l
naatriumhüdroksüüd	60 "

Elektrolüüdi temperatuur olgu 60—70° C, voolutihedus 0,5 A/dm².

2. tinatetrakloriid	107 g/l
naatriumhüdroksüüd	89 "
naatriumatsetaat	15 "

Elektrolüüdi temperatuur on 65—70° C, voolutihedus 1,5—2 A/dm².

Tabel 81

Mitmesuguse paksusega tinakihi sadestamise kestus happelisest elektrolüüdist, kui kasutegur voolu järgi on 90%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²			
	1,0	2,0	3,0	5,0
0,001	2,2	1,1	0,8	0,44
0,002	4,4	2,2	1,6	0,88
0,003	6,6	3,3	2,4	1,32
0,005	11,0	5,5	4,0	2,20
0,01	22,0	11,0	8,0	4,40
0,03	66,0	33,0	24,0	13,2
0,05	110,0	55,0	40,0	22,0
0,1	220,0	110,0	80,0	44,0
0,3	660,0	330,0	240,0	132,0
0,5	1100,0	550,0	400,0	220,0
1,0	2200,0	1100,0	800,0	440,0

Elektrolüüdi valmistamisel lahustatakse arvutuslik kogus tinadikloriidi või -tetrakloriidi väheses hulgas soojas vees. Teises nõus lahustatakse naatriumhüdroksüüd ja valatakse energiliselt segades esimesse lahusesse.

Vähesel hulgal tekkinud tinahappe sadestis eemaldatakse dekanteerimisega, lahusele lisatakse vett ja eelnevalt vees lahustatud naatriumatsetaati. Lahust soojendatakse nõutava temperatuurini ja töödeldakse elektrolüüti suurendatud voolutihedusega anoodil. Töödeldakse kuni kahevalentse tina täieliku oksüdeerumiseni ja heleda peenekristallilise tinasadestise saamiseni. Töötlemise kestust saab vähendada vesinikühendi lisamisega lahusesse.

Tinutamisel leeliseliste elektrolüütidega on otsustavaks anoodide seisukord. Nende pind peab tööprotsessi ajal olema kaetud kullavärvilise kilega, mis on alati saavutatav anoodil vajaliku voolutiheduse valikuga.

Tabel 82

Mitmesuguse paksusega tinakihi sadestamise kestus leeliselisest elektrolüüdist, kui kasutegur voolu järgi on 80%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²				
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
0,001	10,0	5,0	3,3	2,4	1,7
0,002	20,0	10,0	6,6	4,8	3,4
0,003	30,0	15,0	9,9	7,2	5,1
0,005	50,0	25,0	16,5	12,0	8,5
0,01	100,0	50,0	33,0	24,0	17,0
0,02	200,0	100,0	66,0	48,0	34,0
0,03	300,0	150,0	99,0	72,0	51,0
0,05	500,0	250,0	165,0	120,0	85,0
0,1	1000,0	500,0	330,0	240,0	170,0

HÖBETAMINE

Hõbe on pehme hästipoleeritav metall. Leeliste ja mõnede orgaaniliste hapete toime suhtes on ta suure keemilise püsivusega. Hõbe kuulub väärismetallide rühma. Erikaal 10,5. Aatomkaal 107,89. Elektrokeemiline ekvivalent 4,025g/Ah. Sulamistemperatuur 960° C. Tavalisel temperatuuril muutub hõbe kloori ja väävelvesiniku toimel. Lahustub keevas kontsentreeritud väävelhappes. Lämmastikhape lahustab hõbedat kergesti, eriti soojendamisel.

Hõbetamist kasutatakse juveliirtoodete, lauanõude ja raadio- ning elektriaparatuuri detailide voolu juhtivate kontaktide kaitse-dekoratiivseks katmiseks ning peegli- ja reflektorite katmiseks.

Hõbekatete paksus kergetes korrosioonitingimustes töötaval esemel peab olema vähemalt 5 μ , keskmistes tingimustes — vähemalt 10 μ ja rasketes tingimustes — vähemalt 20 μ [3].

Hõbetamiseks kasutatakse peaaegu eranditult tsüaniidelektrolüüte, mille põhiliseks koostisosaks on kaaliumtsüaniidi liias lahustatud hõbekloriid.¹ Hõbekloriidi ja kaaliumtsüaniidi sisaldus võib kõikuda laiades piirides.

¹ Väiksema mahuga tööde puhul võib hõbetada tsüaniidivabas elektrolüüdis, mis koosneb hõbeda komplekssoolast ja kaaliumjodiidist. Lähemalt selle meetodi kohta vt. raamatus: A. M. Ямпольский. Гальванотехника, Машгиз 1952.

Häired tinutamisel ja nende kõrvaldamine

Häired	Põhjused	Kõrvaldamine
<i>Happelised elektrolüüdid</i>		
Sadestis on jämeda struktuuriga, dendriitne	a) Suur voolutihedus; b) liimi vähesus	a) Vähendada voolitihedust; b) lisada liimi
Sadestis on jäme, rabe ja servadelt käsnjas	Karboolhappe vähesus	Lisada karboolhapet
Tugev gaaside eraldumine ja tiheda sileda kooriku tekkimine anoodidel	a) Liiga suur voolutihedus anoodidel; b) tunduv pliilisand anoodis	a) Vähendada voolitihedust; b) puhastada anoode harjadega; teha analüüs ja suure plii-sisalduse korral vahetada anoodid
Sadestis on tume	Elektrolüüdis on vaske (üle 0,1 g/l)	Sadestada vask juhustuslike katoodidele pingel 1—1,5 V
Sadestis on ebatihed, suurekristalliline	Lisandite puudujääk elektrolüüdis	Lisada karboolhapet ja liimi 0,5 g/l
Elektrolüüdist langeb vanni põhjaksade	Tinasulfaadi hüdrolüüs väävelhappe puudujäägi tagajärjel	Hoida väävelhappe sisaldust mitte alla 30 g/l
Tina sadestub sügavamal ebaühtlaselt	Elektrolüüdi kihistumine	Paar korda vahetuses segada elektrolüüti, mitte liigutades vanni põhjas olevat sadet.

Leeliselised elektrolüüdid

Kobe sadestis, katoodil eraldub intensiivselt vesinikku	Tunduv leelise liig	Neutraliseerida happega ja lisada tinadikloriidi
Elektrolüüdis tekib valge muda	Leelise puundujääk	Lisada vähestes kogustes naatriumhüdroksüüdi
Anoodid on tumehalli värvusega	Anoodide ebanormaalne töötamine; võimalik on pliisand anoodides	Puhastada anoodid, kontrollida analüüsi abil pliisisaldust; vahetada anoodid
Sadestis on tume ja käsnyas	a) Liiga suur voolutihedus; b) vaba leelise liig	a) Vähendada voolutihedust; b) lahjendada elektrolüüti veega; lisada puuduvad komponendid
Sadestis on toodete servadel tume ja käsnyas	Elektrolüüdis on kahevalentse tina ioone	Vii a voolutihedus anoodil kuni 1—2 A/dm ² . Vii a elektrolüüti vesinik-ülihapendit
Järsult langenud kasutegur voolu järgi normaalse voolutiheduse juures	Vaba leelise liig	Vii a komponendid kvantitatiivne vahekord vastavusse normidega

Tabel 84

Mitmesuguse protsentuaalse sisaldusega kaaliumtsüaniidi kaalulised suhted

98%	80%	70%	60%	45%
1,0	1,23	1,40	1,66	2,18
0,82	1,0	1,14	1,33	1,78
0,71	0,87	1,0	1,17	1,55
0,61	0,74	0,86	1,0	1,45
0,46	0,56	0,64	0,75	1,0

Tabel 85

Mitmesuguse paksusega hõbedakihi sadestamise kestus, kui kasutegur voolu järgi on 95%

Kihi paksus mm	Kestus (min) voolutihedusel A/dm ²		
	0,3	0,5	1,0
0,001	5,25	3,2	1,6
0,005	26,25	16,0	8,0
0,01	52,50	32,0	16,0
0,05	262,50	160,0	80,0
0,1	525,0	320,0	160,0

Soovitatakse järgmisi elektrolüütide koostisi ja hõbetamisrežiime:
1. Paksukihiliseks hõbetamiseks:

hõbekloriid 25 g/l
/kaaliumtsüaniid (98⁰/₀-line) 40 „

Kaetakse toatemperatuuril, voolutihedus 0,2—0,3 A/dm², pinge 0,75—1,0 V.

2. Tavaliseks hõbetamiseks:

hõbekloriid 10 g/l
kaaliumtsüaniid (98⁰/₀-line) 20 „

Kaetakse toatemperatuuril, voolutihedus 0,1—0,3 A/dm².

Anoodina kasutatakse puhtast hõbedast plaate. Katoodide ja anoodide pindade suhe peab olema 1:1.

Hõbekloriidi saamiseks tuleb lisada keedusoola või soolhapet hõbenitraadi lahusele, mille tulemusena tekib valge kohupiimataoline sade (hõbekloriid). See sade eraldatakse lahusest dekanteerimise teel ja pestakse veega 2—3 korda. Pestud sade viiakse varemvalmistatud kaaliumtsüaniidi lahusesse, kus ta lahustub. Pärast seda lisatakse vajalikul määral vett.

Hõbekloriidi sadestamine ja pesemine peab toimuma pimedas ruumis ja elektrolüüdi valmistamiseks tuleb võtta destilleeritud või keedetud vett.

Häired hõbetamisel ja nende kõrvaldamine

Häire	Põhjus	Kõrvaldamine
Sadestis on tume ja laiguline	a) Hõljuvate osakeste olemasolu elektrolüüdis; b) tsüaniidi puudujääk; c) elektrolüüt on hõbedavaene	a) Filtreerida elektrolüüti; b) lisada kaaliumtsüaniidi; c) lisada hõbekloriidi
Tume kirme anoodidel	Tsüaniidi puudujääk	Lisada kaaliumtsüaniidi
Sadestis on kobe ja laiguline	a) Liiga suur voolutihedus; b) hõbeda vähesus elektrolüüdis	a) Reguleerida voolutihedust; b) lisada hõbekloriidi
Gaaside eraldumine katoodil, rabe sadestis, intensiivne anoodide lahustumine	Tsüaniidi liig	Töödelda elektrolüüti. Lisada hõbekloriidi
Jämedakristalliline sadestis	Liiga suur voolutihedus	Reguleerida voolutihedust
Hõbedasadestis kestendab	a) Ebarahuldav amalgaamimine; b) hõbeda vähesus elektrolüüdis	a) Kontrollida amalgaamimise lahuse koostist; parandada rasvainetest puhastamist; b) lisada hõbekloriidi

Elektrolüüdi korrigeerimine hõbetamise ajal toimub kaaliumtsüaniidi ja hõbedasoola lisamisega sõltuvalt elektrolüüdi keemilise analüüsi andmetest. Analüütiliste andmete puudumisel lisatakse tavaliselt üks kord dekaadi jooksul 5 g/l kaaliumtsüaniidi ja üks kord kuus 5 g/l hõbekloriidi.

98-protsendilise kaaliumtsüaniidi puudumisel võib seda asendada lahjemaga, vastavalt tabelile 84, milles on toodud mitmesuguse protsentuaalse sisaldusega kaaliumtsüaniidi lahuste kaalulised suhted.

Kaaliumtsüaniidi asemel võib kasutada naatriumtsüaniidi. Sel juhul tuleb kaaliumtsüaniidina antud nõutavat tsüaniidi hulka vähendada 25% võrra.

Amalgaamimine. Et tagada hõbedaja põhimetalli kindlat liitumist, soovitatakse tooteid enne hõbetamist amalgaamida, s. o. katta õhukese elavhõbedakihi. See toimub toodete sukeldamisega mõneks sekundiks lahusesse, mis sisaldab 10 g/l elavhõbenitraati ja vähesel hulgal lämmastikhapet, või lahusesse, mis sisaldab 10 g/l elavhõbetsüaniidi ja 15 g/l kaaliumtsüaniidi.

Pärast amalgaamimist ei tohi toote pinnal olla musti plekke, mille olemasolu näitab pinna mitterahuldavat ettevalmistust.

Peale amalgaamimist pestakse tooteid voolavas vees ja asetatakse kiiresti hõbetamisvanni.

Mitmesuguse paksusega hõbedakihi sadestumise kestus on toodud tabelis 85.

Tabel 87

Kahjulikud lisandid elektrolüütides

Protsess	Elektrolüüt	Kahjulikud lisandid
Vasetamine (tsüaniidne)	Leeliseline, tsüaniidne	Karbonaadid, kui neid on üle 100 g/l Plii üle 0,5 g/l Antimoni ja arseeni jäljed
Vasetamine (happeline)	Happeline	Tsingi, nikli ja raua lisandite suhtes on elektrolüüt vähetundlik. Kahjulikud on arseen ja antimon (jälgida väävelhappe puhtust)
Nikeldamine	Sama	Raud üle 0,1 g/l. Vask üle 0,02 g/l. Tsink üle 0,01 g/l. Plii üle 0,01 g/l. Orgaanilised lisandid (liim, želatiin, poleerimis pasta jms.)

Protsess	Elektrolüüt	Kahjulikud lisandid
Kroomimine	Sama	Kolmevalentne kroom Cr^{+++} ioonidena üle 2% kuuevalentse kroomi sisaldusest. Raud üle 5 g/l. Vask üle 2 g/l. Väävelhape üle 2% kuuevalentse kroomi sisaldusest. Lämmastikhappe jäljed
Tsinkimine (happeline)	Sama	Vase, arseeni, antimoni ja plii-soolad (kolloidide sisaldumisel elektrolüüdis). Raua liig. Niitraatsed jt. hapendajad. Aluselised soolad. Mõned orgaanilised ained (tärpentiin, atsetoon jt.) ka vähestes kogustes
Tsinkimine (tsüaniidne)	Leeliseline, tsüaniidne	Raua- ja plii-soolad, tunduv hulk orgaanilisi aineid kolloidises olekus, suur hulk karbonaate
Kadmeerimine (tsüaniidne)	Leeliseline, tsüaniidne	Plii, raua, tina, arseeni, antimoni ja vismutisoolad ka vähestes kogustes. Karbonaadid üle 100 g/l
Kadmeerimine (happeline)	Happeline	Plii üle 0,02 g/l. Tina üle 0,02 g/l. Arseen üle 0,02 g/l. Antimon üle 0,02 g/l. Raud üle 0,5 g/l. Nikkel üle 0,5 g/l
Tinutamine	Leeliseline stannaatne	Kahevalentne tina üle 1–2 g/l. Liiga suur NaON sisaldus. Karbonaadid — pärast nende kogunemist vanni suurel hulgal. Raud — suurel hulgal
Tinutamine	Happeline	Kloor üle 1 g/l. Vask üle 1 g/l. Arseen ja antimon — jäljed. Plii üle 0,4 g/l

Ebakvaliteetsete katete mahavõtmine

Metall		Mahavõtmise viis	Kasutatavad lahused	Kontsentratsioon %	Mahavõtmise režiim			Riputusra- kiste materjal
katete	toode				Tempera- tuur °C	Voolu- tihedus A/dm ²	Katoodi- materjal	
Vask	Teras	Keemiline	Kroomhappe anhüdriid Amooniumsulfaat	25—35 10—12	—	—	Raud	
Vask, valgevask	Sama	Elektrokeemi- line anoodil	Vävelhape Kroomhappe anhüdriid	1—2 10—15	3—8	Raud ja plii	Vask	
Nikkel	Teras, valge- vask, vask	Sama	Vävelhape Glütseriin	80 6 g/l	3—8	Plii	Sama	
Sama	Sama	Sama	Soolhape Naatriumkloriid	5 3	5—8	Pronks	Pronks	
Kroom	Teras, nikkel	Sama	Naatriumhüdrosüüd	10—15	5—10	Raud	Raud	
Sama	Vask, valge- vask	Keemiline	Soolhape	50	—	—	—	
Tsink	Teras	Sama	Vävelhape või soolhape	5—10	—	—	—	
Kadmium	Sama	Sama	Amooniumnitraat	10—15	—	—	—	
Tina	Sama	Elektrolüüti- line	Naatriumhüdrosüüd	5—6	1	Raud	Raud	
Hõbe	Vask või vase sulamid	Elektrokeemi- line, anoodil	Hõbetamiselektrolüüt	—	0,5	Vask, valgevask	Sama	

KATETE KVALITEEDI KONTROLL

Vask-, nikkel- ja mitmekihiliste katete paksuse keemilise kontrolli meetodid GOCT 3003-50 järgi

(GOCT 2997-45 ja GOCT 3003-45 asemel)

Kontrollimise meetodid. Katete paksuse keemilise kontrolli meetodeid on kolm:

1. Joameetod lahuse toime kestuse järgi.
2. Joameetod kulutatud lahuse hulga järgi.
3. Tilgameetod.

Katte ettevalmistamine katsetamiseks. Enne katsetamist puhastatakse katte pind rasvainetest. Selleks hõõrutakse pinda pastaga, mis koosneb magneesiumoksüüdist või magneesiumoksüüdi, kustutamata lubja ja vee segust, pestakse hoolikalt veejoaga ning kuivatatakse filterpaberiga või tolmust puhastatud sooja õhuga.

Nikkel-pealiskihiga detaile pühitakse pärast rasvainetest puhastamist soolhappe vesilahuses (1:1) niisutatud vatiga, et eemaldada tekkida võiv passiivne kile, pestakse veega ja kuivatatakse.

Kui kontrollitaval tootel on kroom-pealiskih, lahustatakse viimane kontsentreeritud soolhappes, kusjuures lahustumise alguse kiirendamiseks soovitatakse kroomitud pinda puudutada tsinkkepikesega.

Enne katsetamist hoitakse detaile ruumis nii kaua, kuni nad omandavad ruumi temperatuuri.

Detailide katsetamisel joameetodil isoleeritakse detaili pinna katsetatavad osad ülejäänud pinnast (lahuse laialivoolamise vältimiseks) lahuse voolamissuunaga paralleelsete lakitriipudega, jättes nende vahele umbes 3 mm vahed.

Katte paksuse määramine joameetodil lahuse toimimise kestuse järgi. Kate lahustub kindla kiirusega voolava ja katsetatava detaili pinnale langeva lahusejoe toimel.

Katte paksus arvutatakse aja abil, mis kuluks katsetatava piirkonna katte lahustamiseks.

Reaktiivid:

raudkloriid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	GOCT 4147-48
vasksulfaat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	GOCT 4165-48

Retseptuuri vt. tabelis 89.

Rasvainetest puhastatud detail kinnitatakse katsetamiseks joa suunaga $45 \pm 5^\circ$ nurga alla, nii et katsetatav piirkond asuks kapillaarotsikust 4—5 mm kaugusel. Üheaegselt kraanide avamisega pannakse käima stopper ja lastakse juga voolata lühikeste perioodidena.

Joa toime aeg ja lahuse temperatuur märgitakse üles.

Mitmekihiliste katete katsetamisel märgitakse eraldi üles iga kattekihi lahustamiseks kuluv aeg ja arvutatakse paksus.

Katte kohalik paksus h mikronites määratakse valemiga

$$h = \frac{t}{t_k}$$

kus h — katte kohalik paksus μ ;

t — joa toimimise kestus sec;

t_k — tabelist leitav 1 μ paksuse katte lahustamiseks kuluv aeg sekundites (kindlal temperatuuril)

Naftaliindisulfohapet sisaldavatest elektrolüütidest saadud nikkelkatete paksus ($h_{n.b}$) määratakse valemiga:

$$h_{n.b} = \frac{1,4t}{t_k}$$

Et määrata, kas läikiv niklisadestis tõesti on saadud naftaliindisulfohapet sisaldavast elektrolüüdist, tilgutatakse kattele tilgake järgmistest komponentidest koosnevat lahust:

kroomhappe anhüdiid CrO_3 (ГОСТ 3776-47)	20 g
väävelhape H_2SO_4 (ГОСТ 4204-48)	10 ml
destilleeritud vesi	100 "

Kui tilk 3 minuti jooksul värvub tumepruuniks, siis tõendab see, et kate on saadud naftaliindisulfohapet sisaldavast vannist.

Tsüaniidelektrolüütidest saadud vaskkatete paksus ($h_{v.ts}$) määratakse valemiga:

$$h_{v.ts} = \frac{1,35t}{t_k}$$

Vask-nikkel- ja nikkel-vask-nikkelkatete vasekihtide paksus mikronites määratakse valemiga:

$$h_{v.ts} = \frac{1,45t}{t_k}$$

Vask-nikkel- ja nikkel-vask-nikkelkatete vasekihtide paksus ($h_{v.n.ts}$), kui vasekihid on saadud ainult tsüaniidelektrolüütidest, määratakse valemiga:

$$h_{v.n.ts} = \frac{2,8t}{t_k}$$

Kombineeritud vask-aluskihi puhul arvutatakse katte paksus väävelhappelektrolüütidest sadestatud vaskkatete kohta kasutatavate koefitsientide abil.

t ja t_k tähendused on samad mis h määramise valemiski.

Katte paksuse määramine joameetodil kulutatud lahuse hulga järgi. Katte katsetatav piirkond lahustub kindla kiirusega voolava lahuse joa toimel. Katte paksus arvutatakse katsetatavas piirkonnas katte lahustamiseks kulunud lahuse hulga järgi.

Riist kohaliku paksuse määramiseks koosneb 50 ml büretist (ГОСТ 1170-42), millel on 0,1 ml täpsusega skaala ja klaaskraan. Kraani klaasitoru külge kinnitatakse kummivoolik.

Kapillaartoru kujutab endast paksuseinalist baromeetrilist toru, mille pikkus on 55 ± 5 mm ja siseläbimõõt 1,5–2 mm. Kapillaartoru kalibreeritakse selliselt, et kraani avamisel voolaks büretist (nulljaotisest lugedes) 30 sekundit jooksul $10 \pm 0,1$ ml vett 18–20°C juures.

Iga katsetamise eel tuleb bürett täita nulljaotuseni.

Lahusejuga lastakse välja täiesti avatud kraanist ja märgitakse kulutatud lahuse hulk.

Katte kohalik paksus h mikronites määratakse valemiga:

$$h = \frac{v}{v_k}$$

kus h — katte kohalik paksus μ ;

v — katte paksuse määramiseks kulutatud lahuse üldmaht ml;

v_k — lahuse maht ml, mis on vajalik 1 μ paksuse katte lahustamiseks antud temperatuuril.

Meetodi täpsus on $\pm 15\%$.

Reaktiive ja retseptuuri vt. tabelis 90.

Lahuste iseloomustus ja t_k suurused katete pakuse määramisel joameetodil lahuse toimimise kestuse järgi

Katte liik	Lahuse koostis		Katsetamine lõpetatakse	t_k väärtus (sec) temperatuuril			ГОСТ ja kirjandus
	Komponendid	Kontsentratsioon g/l		10°	15°	20°	
Tsink	Ammooniumnitraat Vasksulfaat Soolhape (1=N lahus)	70 7 70 ml/l	Tiheda kontaktvase laigu tekkimisel	2,03	1,75	1,55	ГОСТ 3290-44
Kadmium	Ammooniumnitraat Soolhape (1=N lahus)	17,5 17,5 ml/l	Põhismetalli paljastumisel	5,55	5,0	4,3	3,55 [28]
Vask	Raudkloriid Vasksulfaat	300 100	Sama	2,06	1,56	1,08	ГОСТ 3003-50
Nikkel	Raudkloriid Vasksulfaat	300 100	Tiheda kontaktvase laigu tekkimisel	5,14	3,00	1,92	ГОСТ 3003-50
Kroom	Raudkloriid Vasksulfaat Soolhape (erikaal 1,19) Väevelhape (erikaal 1,84) Etüülalkohol absoluutne	60 30 220 ml/l 100 „ 100 „	Sama	—	10,0	6,5	5,4 [27]
Plii	Jää-äädikhape Vesinikperoksüüd (5% lahus) Vesi	1 maht 1 „ 3 mahtu	Põhismetalli paljastumisel	1,22	1,22	1,05	0,95 [28]
Hõbe	Kaaliumjodiid Kriistalne jood	250 7,5	Sama	—	2,94	2,48	2,22 [28]

Tabel 90
Lahuste iseloomustus ja v_k suurused katete paksuse määramisel joameetodil lahuse hulga järgi

Katte liik	Lahuse koostis		Katsamine lõpetatakse	v_k väärtus (ml) temperatuuril			ГОСТ
	Komponendid	Kontsentratsioon g/l		10°	15°	20°	
Tsink	Ammooniumnitraat	70	Tiheda kontaktvase laigu tekimisel	0,713	0,626	0,563	ГОСТ 2390-44
	Soolhape (1—N lahus) Vasksulfaat	70 ml/l 7					
Vask	Raudkloriid	300	Põhmetalli paljastumisel	0,478	0,384	0,282	ГОСТ 3003-50
	Vasksulfaat	100					
Nikkel	Raudkloriid	300	Tiheda kontaktvase laigu tekimisel	1,200	0,738	0,501	ГОСТ 3003-50
	Vasksulfaat	100					
Tina	Raudkloriid	15	Sama	0,373	0,340	0,305	ГОСТ 3263-46
	Vasksulfaat	30					
	Soolhape (1—N lahus)	60 ml/l					

Lahuste iseloomustus ja h_k suurus katete paksuse määramisel tilgameetodil

Katte liik	Lahuse koostis		Ühe tilga hoidmise aeg ja katsetamise lõpetamine	h_k väärtus (μ) temperatuuril			ГОСТ ja kirjandus	
	Komponendid	Kontsentratsioon g/l		10°	15°	20°		25°
Tsink	Kaaliumjodiid Kristalne food	200 100	1 min, põhimetalli paljastumisel	0,78	1,01	1,24	1,45	ГОСТ 2390-44
Kadmium	Sama	—	Sama	—	1,9	2,3	—	[29]
Vask	Hõbedanitraat	44	1 min, tiheda metallise hõbeda laigu tekkimisel	0,79	0,89	1,08	1,20	ГОСТ 3003-50
Nikkel	Raudkloriid Vasksulfaat Äädikhape (80%)	150 100 250 ml/l	1 min, tiheda kontaktvase laigu tekkimisel	0,51	0,61	0,70	0,75	ГОСТ 3003-50
Tina	Raudkloriid Vasksulfaat Äädikhape (80%)	90 146 348 ml/l	0,5 min, tiheda kontaktvase laigu tekkimisel	1,39	1,54	1,75	1,90	ГОСТ 3263-46
Plii	Lämmastikhape (erikaal 1,4)	420	0,5 min, põhimetalli paljastumisel	—	—	1,35	—	[28]
Hõbe	Lämmastikhape (erikaal 1,4) Vesi	500 ml/l 500 ,,	Sama	—	—	3,0	—	[28]

- Märkused.* 1. Lääkivate tsinkkatete paksuse määramiseks viiakse h_k väärtuse jaoks sisse parandustegur 0,8.
2. Alla 3 μ paksuste nikkelkatete paksuse määramisel lühendatakse ühe tilga hoidmise aega 15 sekundini. h_k suuruseks võetakse 0,3 μ 15 sekundi jooksul.

Katte paksuse määramine tilgameetodil. Osa katet lahustatakse järjestikku pealekantavate ja kindla aja jooksul kattel hoitavate lahustitilkade abil.

Tilgameetodit kasutatakse siis, kui joameetod ei ole vastuvõetav. Reaktiivid:

raudkloriid $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, ГОСТ 4147-47;
vasksulfaat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ГОСТ 4165-48;
jää-äädikhape CH_3COOH , ГОСТ 61-40;
hõbenitraat AgNO_3 , ГОСТ 1277-41.

Retseptuuri vt. tabelis 89.

Katte paksus arvutatakse kulutatud tilkade arvu järgi valemiga

$$h_v = (h - 1) h_k \mu,$$

kus h — põhimetalli paljastamiseks kuluv tilkade arv;

h_k — ühe tilga poolt ühe minuti jooksul mahavõetava katte paksus.

h_k väärtuse mitmesugustel temperatuuridel leiame tabelist 91.

Meetodi täpsus on $\pm 20\%$.

Tsinkkatete paksuse keemilise kontrolli meetodid (ГОСТ 2390-44)

Pinna katsetamiseks ettevalmistamist, katte kohaliku paksuse määramise joa- ja tilgameetodite kirjeldust vt. ГОСТ 3005-45.

Reaktiivid joameetodil kontrollimiseks:

- 1) ammooniumnitraat, OCT 2601;
- 2) soolhape, OCT HKTII 7348/52/II;
- 3) vasksulfaat, OCT 10538-39.

Retseptuuri vt. tabelitest 88, 89 ja 90.

Reaktiivid tilgameetodil kontrollimiseks:

- 1) kaaliumjodiid, OCT HKTII 7384/538;
- 2) kristalne jood, OCT HKTII 6277/257.

Retseptuur ja h_k väärtused mitmesugustel temperatuuridel on toodud tabelis 91.

Läikivate tsinkkatete paksuse määramiseks tilgameetodil viiakse arvutusvalemisse parandustegur 0,8:

$$h_m = 0,8 (h - 1) h_k \mu.$$

Tsinkkatete paksuse määramine eemaldamismeetodil. Eemaldamismeetodit kasutatakse väga väikeste detailide puhul, suurtel detailidel aga ainult siis, kui on tarvis määrata katte keskmist paksust.

Katte paksus määratakse toote kaalude vahe järgi, kaaludes toodet enne ja pärast katte eemaldamist. Katsetatav detail kaalutakse kuni $\pm 0,002$ g täpsusega.

Reaktiivid:

väävelhape, OCT HKTII 3573;
arseentrioksid (keemiliselt puhas).

Lahuse valmistamiseks lahustatakse soojendatavas väävelhappe lahuses (sisaldab 1 l kohta 23 ml H_2SO_4 erikaaluga 1,84) arseentrioksüüdi 4 g/l. Saadud lahust jahutatakse ja lahjendatakse kaks korda.

Igaks määramiseks kasutatakse värsket lahust.

Keskmise paksuse arvutus:

$$h_k = \frac{(G_1 - G_2) \cdot 10000}{7,1 S}$$

kus G_1 — toote kaal enne katte mahavõtmist g;
 G_2 — toote kaal pärast katte mahavõtmist g;
 S — töödeldud pind (cm²);
7,1 — tsingi erikaal.

Tinakatete paksuse keemilise kontrolli meetodid (ГОСТ 3263-46 järgi)

Pinna ettevalmistamist katsetamiseks ja katte kohaliku paksuse määramisel rakendatavate joa- ning tilgameetodite kirjeldusi vt. ГОСТ 3005-45.

Reaktiive, retseptuuri ja h_k väärtust mitmesugustel temperatuuridel vt. tabelitest 88, 89 ja 90.

Galvaaniliste katete paksuse määramise magnetiline meetod. Magnetiliste paksusmõõtjate tööpõhimõte seisab selles, et kattekihi paksus määratakse magneti lahtitõmbamiseks vajaliku jõu muutumise järgi, sõltuvalt sellest, kas magnet rebitakse lahti ferromagnetilise põhimetalli või põhimetallist väiksema magnetilise läbitavusega metalli küljest.

Katsetatavate detailide katte paksus määratakse kindlaks gradueerimiskõvera abil, mis on ehitatud antud aparadi jaoks teadaoleva paksusega katet omavate spetsiaalsete etaloonide järgi.

Laialdasemalt kasutatakse professorite Akulovi ja Vihmani magnetilisi aparate УФТИ¹.

Magnetilised meetodid võimaldavad, võrreldes tilga- ja teiste keemiliste meetoditega, määrata katte paksust kiiremini ja ilma viimast lõhkumata.

Galvaaniliste katete poorsuse määramise meetodid²

Galvaaniliste katete pooride nähtavaletoomiseks kantakse uuritavale pinnale reaktiive, mis kattedemetalli toimel ei värvu, kuid, tungides läbi katte pooride põhimetallini, annavad sellega värvilisi ühendeid. Poorid tulevad nähtavale värviliste punktidenä.

Terasdetailide galvaaniliste katete kõikide liikide (välja arvatud vasele ja valgevasele kantud tsink-, alumiinium- ja tinakatted) poorsuse määramiseks kasutatakse järgmisi reaktiive:

kaaliumferrotsüaniid (punane veresool) $K_3Fe(CN)_6$	10 g/l
naatriumkloriid NaCl	15 "
želatiin	3—5 "

Vasele ja valgevasele kantud tsink-, alumiinium- ja tinakatete poorsuse kontrollimiseks kasutatakse lahust:

kaaliumferrotsüaniid (kollane veresool) $K_4Fe(CN)_6$	40 g/l
naatriumsulfaat $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	2 "

¹ Magnetiliste aparatuuride täpsemat kirjeldust vt. S. J. Orlova ja D. G. Abramsoni töös.

² Poorsuse kontroll tsinkkatetel vt. ГОСТ 3265-46, tinakatetel — ГОСТ 3264-46 ja mitmekihilistel katetel ГОСТ 3247-46.

Katse käik. Filterpaberi ribad (20×50 mm) niisutatakse lahusega ja asetatakse 5—10 minutiks tihedalt vastu katsetamisele kuuluva katte pinda või asetatakse detail sellesse lahusesse, lülitades ta vanni anoodlati külge. Katoodiks kasutatakse pliiplaati.

Vannis hoitakse 5 min. Pärast detaili pesemist määratakse värviliste punktide hulk pinna 1 cm² kohta.

Kolbe poorsuse määramise lahusega hoitakse pimedas kohas.

Katte ja põhimetalli aheldumise tugevuse katsetamise meetodid on toodud tabelis 92.

Tabel 92

Katte ja põhimetalli aheldumise tugevuse katsetamine

Toote nimetus	Katsetamismeetod
Lehtmetall	Proovikeha painutatakse 90 ja 180° nurga alla (üks või mitu korda) kuni murdumiseni. Seejärel vaadeldakse murrukohta luubiga. Katte aheldumist loetakse heaks, kui kindel side katte ja põhimetalli vahel säilus 95% ulatuses murde pikkusest
Detailid	Uuritava katte pinnale tõmmatakse käsitsi teras-teraviku abil rida omavahel lõikuvaid kriimustusi. Kui kate kriimustuste lõikekohtades ei tule lahti ega narmenda, loetakse aheldumine heaks
Traat	Traat mähitakse ümber kindla läbimõõduga (ole nevalt traadi jämedusest ja ülesandest) raami. Katse tulemusena ei tohi esineda kattekihi lahtitulemist

Viies peatükk

KEEMILISE ETTEVALMISTAMISE JA GALVAANILISE KATMISE SEADMED

STATSIONAARSED VANNID

Galvaanikatsehides ülesseatud statsionaarsed vannid on tsehhi põhi-seadmeteks ja neid kasutatakse:

1) toote pinna ettevalmistamiseks enne katmist: rasvainetest puhastamiseks, söövitamiseks, dekapeerimiseks, neutraliseerimiseks, kuumaks ja külmaks pesemiseks;

2) galvaaniliseks katmiseks happelistes ja leeliselistes elektrolüütides;

3) toodete töötlemiseks pärast katmist: elektrolüüdist puhastamiseks, neutraliseerimiseks, helestamiseks, kuumaks ja külmaks pesemiseks.

Suurema tootmisprogrammiga tsehides mehhaniseeritakse galvaanilise katmise protsessid kuppel-, trummel- ja koppvannide, poolautomaatide ja automaatide kasutuselevõtmise teel.

Vannide mõõted määratakse kindlaks toodete kuju ja suuruse ning nõutava läbilaskevõime põhjal.

Peale selle tuleb arvestada:

1. Keerulise konfiguratsiooniga toodete puhul peab katte pinna 1 m² kohta tulema 200—250 l elektrolüüti, kui aga toode on lehekujuline, siis 100—150 l.

2. Katoodide pinna ja vanni mahuühiku suhe peab olema $\frac{1}{3}$ kuni $\frac{1}{5}$, s. o. 1 dm² katte pinna kohta on tarvis 3 kuni 5 l elektrolüüti.

Voolu tugevused mitmesuguste mõõdetega galvaniseerimisvannide kohta on toodud tabelis 93.

Antud tabeli kasutamisel tuleb arvestada, et näidatud voolutihedused on toodud lähtudes lubatavast mahulisest voolutihedusest, mille juures ei teki elektrolüüdi ülekuumenemist soojuskadude tagajärel [13].

Vahemaa vanni põhja ja toote vahel peab olema vähemalt 50—100 mm. Toodete kohal peab olema vähemalt 50 mm elektrolüüdikiht, vahemaa vanni äärtest elektrolüüdi nivooni aga peab olema 100—150 mm.

Tabelis 93 tuuakse galvaanikatsehides praktikas laialdaselt kasutatavate statsionaarsete vannide tüüpilisemate konstruktsioonide maht ja mõõted.

Nimimõõdetest lubatavad kõrvalekaldumised:

- 1) kuni 3000 mm pikkused vannid ± 5 mm (pikkus);
- 2) 3000—5000 mm pikkused vannid ± 8 mm (pikkus);
- 3) üle 5000 mm pikkused vannid ± 12 mm (pikkus);
- 4) igas suuruses vannide laius ja kõrgus — ± 5 mm.

Maksimaalsed voolud galvaniseerimisvannides¹

Maht	Vannide mõõted mm	Maksimaalne töövool A	
		Kroomimis- vannid	Muud katmisvannid
150	600×500×600	300	250
240	800×600×600	500	350
300	1000×600×600	750	400
500	1200×700×700	—	500
730	1500×750×750	1000	600
1000	1800×800×800	1500	750
1120	2000×800×800	2000	1000

Vanni kere keevitatakse kokku kaarleek- või gaaskeevitusega; kere õmblused on pidevad normaalsed vööõmblused; 5000 mm pikkustel vannidel on tugevdatud õmblused.

Ülemine nurkrauust ääris keevitatakse kere seinte servade külge pideva normaalsoõmblusega, seinte pinna külge aga katkendliku õmblusega, sammuga 100—200 mm.

Keevisõmbluste tihedust kontrollitakse petrooleumiga. Avastatavad defektsed kohad raiutakse puhtaks kuni põhimetallini ja keevitatakse uuesti.

Õmbluste temmimine ei ole lubatav. Vanni veetiheduse kontrollimiseks hoitakse vann vett täisvalatult vähemalt 12 tundi. Pärast katsetamist ja vastuvõtmist puhastatakse vanni välis- ja siseküljed teras-harjadega ning õlitatakse kaitseks roostetamise eest linaõli värnitsaga.

Tüüp I. Vann külma veega pesemiseks (joon. 19). Keeviskonstruktsiooniga paagil on barboter (aukudega toru) õhuga segamiseks ning lihtne ja mugav ülevooluseade.

Tüüp II. Vann kuuma veega pesemiseks (joon. 20). Paak on keeviskonstruktsiooniga, paagil on šlakk- või klaasvatiga täidetud soojusisolatsioon. Paagis on auru-siugtoru ja ülevooluseade.

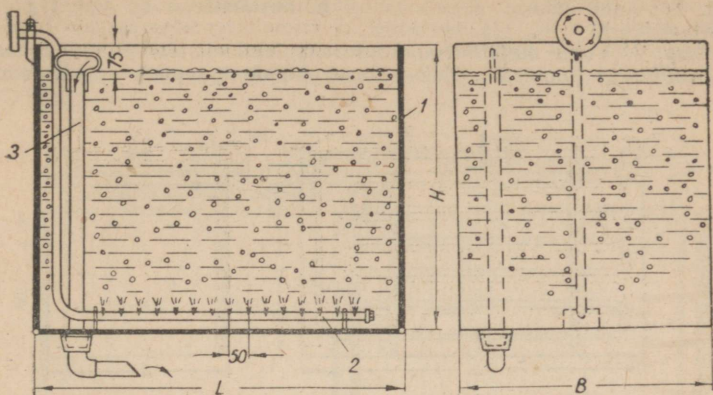
Tüüp III. Vann dekapeerimiseks, neutraliseerimiseks, helestamiseks jms. operatsioonideks. Paak on keeviskonstruktsiooniga. Sõltuvalt lahuse iseloomust valmistatakse paagi kere korrosioonikindlast materjalist või vooderdatakse vastava materjaliga seestpoolt. Ülevooluseadet ei ole.

Tüüp IV. Vann rasvainetest puhastamiseks (joon. 21). Keeviskonstruktsiooniga paagil on šlakk- või klaasvatiga täidetud soojusisolatsioon. Lahust kuumutab püstseina tööpoolse külje juures asuv siugtoru. Vertikaalselt paigutatud siugtoru eraldatakse lahuse üldmassist raudplaadiga, mis asub vanni põhjast 100—150 mm kõrgemal. Plaadi ülemine äär asub aga 100—150 mm lahusenivoost madalamal.

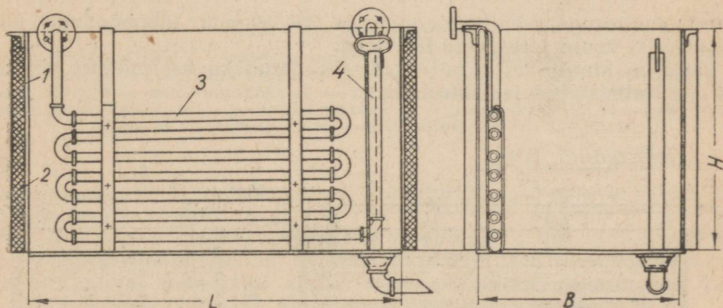
Vanni vastasseina on tehtud ülevoolutasku, mille kaudu pinnale tõusev rasvane vaht eemaldatakse kanalisatsiooni.

Elektrokeemilisel rasvainetest puhastamisel või vanni kasutamisel kroomi anoodseks mahavõtmiseks asetatakse temasse katood- ja anood-

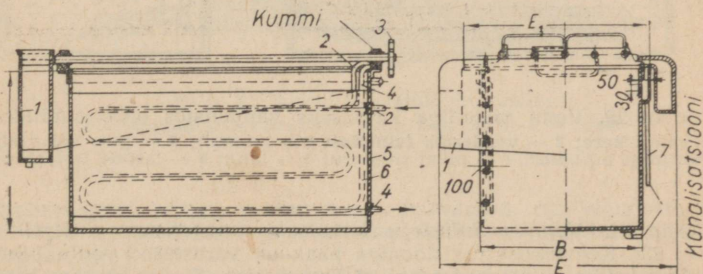
¹ Nendest andmetest võib kõrvale kalduda suurenemise poole umbes kuni 30%.



Joon. 19. Vann külma veega pesemiseks:
 1 — vanni kere; 2 — jaotustoru (barboter); 3 — ülevool.



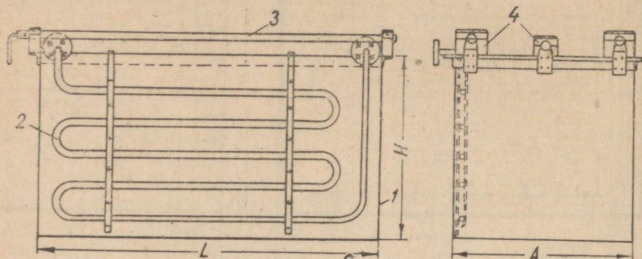
Joon. 20. Vann kuuma veega pesemiseks:
 1 — vanni kere; 2 — jaotustoru (barboter); 3 — ülevool.



Joon. 21. Vann rasvainetest puhastamiseks:
 1 — ventilatsioonikanal; 2 — auru juurdevool; 3 — isolaator; 4 — kondensaadi äravool; 5 — vanni kere; 6 — siugtoru; 7 — ülevoolutoru.

latid. Töötanud lahuse väljalaskmise hõlbustamiseks on vanni põhjas väljalaskekork.

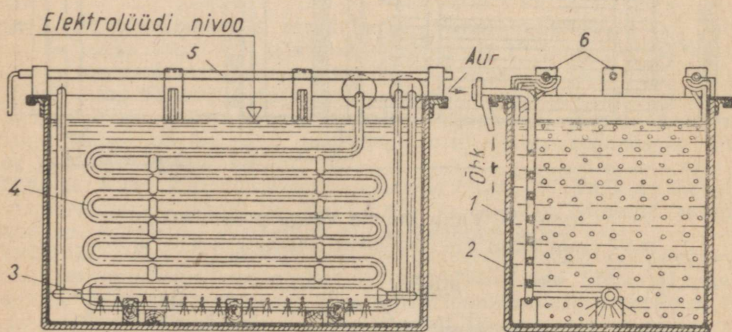
Tüüp V. Vann metallidega katmiseks leeliselitest ja tsüaniidsetes elektrolüütides (joon. 22). Keeviskonstruktsiooniga paak on varustatud



Joon. 22. Vann metalliga katmiseks tsüaniidelektrolüütides:
1 — vanni kere; 2 — siugtoru; 3 — latid; 4 — lattide isolaatorid.

rauast siugtoruga, ventilatsiooniga ja 25—30 mm läbimõõduga ümarvalgevasest voolu juhivate lattidega.

Latid on kinnitatud parafiinis läbikeedetud kõvast puidust või tekstoliidist valmistatud isolatoritele.

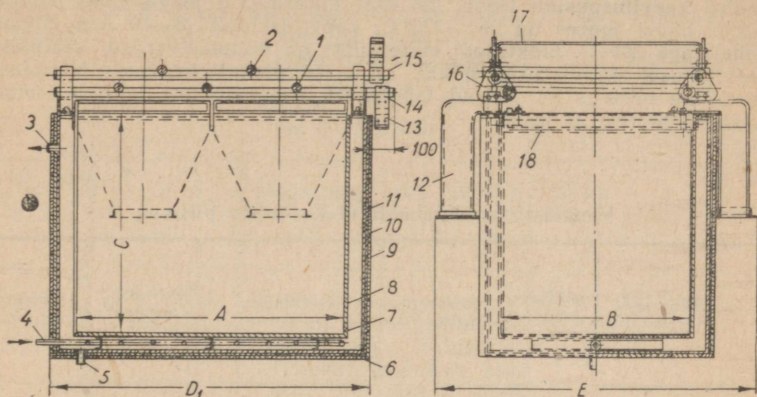


Joon. 23. Vann metalliga katmiseks happelistes elektrolüütides:
1 — vanni kere; 2 — vooderdis (viniplast või kummi); 3 — plii- või viniplasttorudest barboster; 4 — pliiist siugtoru; 5 — latid; 6 — lattide isolaatorid.

Tüüp VI. Vann metallidega katmiseks happelistes elektrolüütides (joon. 23). Keeviskonstruktsiooniga paak on varustatud voolu juhtivate lattidega, pliiist siugtoruga ja pliiist barbosteriga. Sisevooderdise materjal valitakse sõltuvalt vanni ülesandest tabelist 98.

Kui kasutatakse eelsoojendamist (kuni 50°) ja segamist, varustatakse vann ventilatsioonikattega.

Tüüp VII. Kroomimisvann (joon. 24). Kroomimisprotsess nõuab elektrolüüdi ühtlast eelsoojendamist ja töötamise ajal püsivat temperatuuri. Konstruktiivselt saavutatakse see auru-veesärki abil, mis moodustub kahe üksteise sisse asetatud paagi vahele. Vee eelsoojendamine ja



Joon. 24. Kroomimisvann:

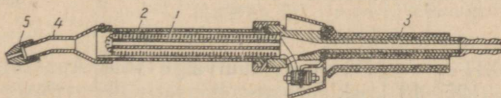
1 — põik-anoodlatt; 2 — põik-katoodlatt; 3 — ülevoolutoru; 4 — auru ja vee juurdevool; 5 — väljavoolutoru; 6 — jaotustoru; 7 — vanni pliivooder; 8 — vanni kere; 9 — auru-veesärk; 10 — soojusisolatsioon; 11 — välisvooder; 12 — ventilatsioonikanal; 13 — kontaktklamber; 14 — piki-anoodlatt; 15 — piki-katoodlatt; 16 — isolator; 17 — katoodlatt; 18 — anoodlatt.

temperatuuri reguleerimine toimub barboteride abil antava värskelt auru või jahutusvee abil.

Katte keskosa külge keevitatakse ülevoolutoru vee ülejäägi juhtimiseks kanalisatsiooni. Anood- ja katoodvarraste piki- ja põikasetus lubab kergesti muuta vahemaad kroomitavate detailide ja anoodide vahel.

Vannide tehnoloogiline iseloomustus on toodud tabelis 97.

Heaks vooderdise materjaliks galvaniseerimisvannidele (happeliste



Joon. 25. Keevituspüstoli üldvaade:

1 — keraamiline toru; 2 — kest; 3 — toru; 4 — otsik; 5 — düüs.

ja leeliselistele), välja arvatud kroomimisvannid, on viniplast¹, mida kodumaised tehased lasevad välja laias sortimendis (lehed, torud, profiildetailid jne.) [6].

Viniplast on alla 50—60° temperatuuril püsiv kõikides galvanotehnikas kasutatavates lahustes ja elektrolüütides, temast võib valmistada

¹ Erikaal 1,38, mittepõlev, sulamistäpp 200° C.

galvaanilisi vanne ja kasutada vannide sisevooderdiseks, kui vanni ei soojendata üle 60°. Viniplastist tooted ja osad on hästi liimitavad kloorvinüüllakiga ja keevitatud omavahel; neid saab liimida metalli, puidu ja betooni külge. Viniplasti kuumutamine keevitamisel toimub spetsiaalse keevituspüstoli (joon. 25) abil kuuma õhu joaga, mille temperatuur düüsi juures on 230—270°C, keevituskohas (5—10 mm düüsi eemal) aga 200°C. Elektroodi materjaliks on viniplastvardad. Viniplasti keevitamisel kasutatakse põkk-, nurk- ja ülekatteõmbusi. Viniplasti keemiline püsivus on toodud tabelis 94, happekindlate lakkide iseloomustus tabelites 95 ja 96.

Tabel 94

Viniplasti ja viniplastlindi keemiline püsivus

Keskkonna nimetus	Piirkontsentratsioon %	Piirtemperatuur °C	Keskkonna nimetus	Piirkontsentratsioon %	Piirtemperatuur °C
Vävelhape . . .	40 80 • 90	40 60 20	Fluorvesinik- hape	40	20
Soolhape	vaba	40—60	Leelised	50—60	60
Lämmastikhape	50	50	Vesiniküli- hapend	30	20—50
Äädikhape	30	—	Etüülalkohol . . .	vaba	40
Fosforhape	üle 30	60	Bensiin	—	20—40
			Määrde- ja tai- meolid	—	60

Tabel 95

Perkloorvinüüllakid

Nimetus	Tehnilised tingimused	Laki koostis ja kuivamise aeg	Kasutamine
Lakk ОНИЛХЗ	МХП 1250-48	Perkloorvinüülvaigu lahus kloorbensooli ja diklooretaani segus, plastifikaatoriks on kloorparafiin; kuivab 20° juures 4—5 tundi	Aparaatide ja ühenduste korrosioonivastaseks värvimiseks; viniplasti ja plastikaadi liimimiseks
Lakk ХСЛІ	РТУМХП 208-49	Perkloorvinüülvaigu lahus kloorbensooli ja diklooretaani segus, plastifikaatoriks kloorparafiin; kuivab 20° juures 4—5 tundi	Aparaatide ja ühenduste korrosioonivastaseks värvimiseks; viniplasti ja plastifikaadi liimimiseks

Tabel 95 järg

Nimetus	Tehnilised tingimused	Laki koostis ja kuivamise aeg	Kasutamine
Email XCЭ26	BTY MXII 1777-48	Perkloorvinüül ja alküülvaikude lahus orgaanilistes lahustites, sisaldab plastifikaatorit ja pigmenti; kuivab 20° juures 4—5 tundi	Sama. Kantakse metallile krundi aluskihil või vahetult
Email XCЭ93	—	Sama, mis lakk XCJI 1, kuid pigmendi (rauameniku) ja talgi lisandiga	Sama
Kruntimislakk XCГ26	BTY MXII 1807-50	Perkloorvinüülvaigu ja plastifikaatori lahus orgaanilistes lahustites täiteaine lisandiga; kuivab 20° juures 1—2 tundi	Email XC 26Э krundimiseks

Tabel 96

Lakkide koostis ja kasutamine

Laki nimetus, GOCT või tehnilised tingimused	Koostis ja kuivamise aeg	Kasutamine
Praime lakk (valmistatakse töökohal)	Bituumen nr. 4 lahus bensiinis. Esimese lakikihi jaoks on bituumeni ja bensiini suhe 1:3, teisel 1:1. Kuivab 20° juures 24 tundi	Krundiks metall- ja betoonipindade värvimisel
Kivisööelakk (Kuzbasselakk), GOCT 1709-42	Kivisööepigi lahus aromaatsetes lahustites. Kuivab 20° juures 24 tundi	Metallipindade värvimiseks
Lakk 411, happekindel, GOCT 1347-41	Asfaldi ja taimeõli lahus tärpentinis, raskes bensiinis, solventnaftas jne. Kuivab 20° juures 48 tundi	Aparaatide armatuuri metallkonstruktsioonide, õhutorude ja torujuhtmete välispinna värvimiseks

Laki nimetus ГОСТ või tehnilised tingimused	Koostis ja kuivamise aeg	Kasutamine
Lakk 177, ТУ HXII 333-44	Musta vaigu ja taimeõli lahus lenduvates lahustites. Kuivab 20° juures 48 tundi	Sama
Must lakk II-2, ГОСТ 2347-43	Asfaldi, taimeõli ja sika-tiivi lahus orgaanilistes lahustites. Kuivab 200° juures 1 tund	Sama. Lakk Ч-2 kantakse krundile Ч-1 (ГОСТ 2346-43)

Kirjanduse andmete kohaselt [15] kasutavad mõned autoremondi- ja ka laagriremonditehased terasest kroomimisvanne ilma pliivoodrita. Sel juhul tuleb vanni sisepinna kaitsmiseks kroomhappe lagundava toime eest töödelda elektrolüüti enne töö algust vooluga, kusjuures vanni kere lülitatakse alalisvooluahelasse anoodina. Katoodlatile riputatakse juhulikud katoodid. Töödeldakse 8—12 tundi pingel mitte üle 4 V ja temperatuuril 20—25° C.

Sellisel töötlemisel tekib vanni sisepinnale lahustumatu raudkro-maadikiht, mis kaitseb seinu sööbimise eest. Töötlemise ajal peab elektrolüüdi tase olema võimalikult kõrge, et kaitsekiht ulatuks vanni töötamise ajal elektrolüüdi tsoonivõrra kõrgemale (50—60 mm).

Elektrolüüdi sellisel töötlemisel tekib samaaegselt ka kroomelektro-lüüdi normaalseks tööks vajalik hulk kolmevalentset kroomi.

Sirgjooneline poolautomaat ПД-1 („Metallohimzaštšita“ konstrukt-sioon). See poolautomaat (joon. 26) koosneb nelinurksest vannist. Ots-miste äärise nurkraudade külge monteeritakse ümarvasest anoodlatid ja täisnurkse ristlõikega vasest katoodlatid.

Rakised vanni riputatavate detailidega liiguvad mööda katoodlatte ühest vanni otsast teise nelja ajamivõllil asuva hammasratta poolt käita-tavate plastmassist kettide abil.

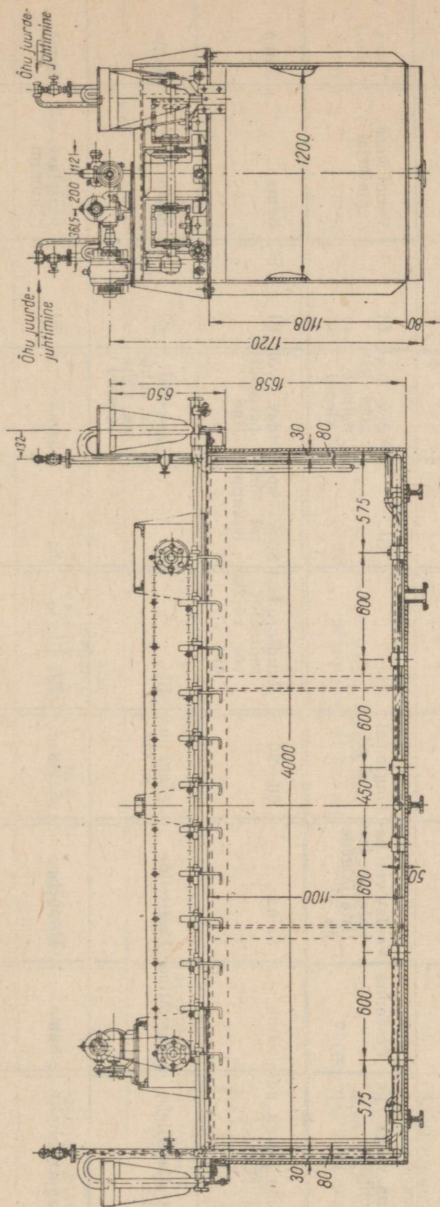
Protsessi kestuse reguleerimine toimub tigu-reduktoritele monteeritud vahetatavate hammasrattaste abil.

Peaketi kiirus ülekandesuhte 1 : 1 puhul on ligikaudu 0,25 m/min; poolautomaadi maht on 4000 l.

Rõngasvann. Rõngasvann kujutab enesest ümmarguse vanniga pool-automaaati, milles katoodlatt on rõngakujuline.

Katoodrõngas ja sisemine anoodrõngas pannakse mootori ja koonus-hammasrattaste abil pöörlema teineteisele vastupidises suunas. Nende rõngaste pöörlemiskiirus on 1 p/min.

Rõngas-poolautomaate saab kasutada lühikese kestusega katmis-protsessidel, kus katoodrõnga üheks pöördeks kuluv aeg vastab katmis-protsessi kestusele.



Joon. 26. ПД-1 tüüpi sirgjooneline poolautomaat („Metallohimzašita“ konstruktsioon).

Galvaniseerimis- ja abivannide tehnoloogiline iseloomustus

Vanni ülesanne	Protsess	Lahuse iseloomustus	Soojusrežiim °C	Eelsoojendamise viis	Ventilatsiooni vajadus	Kanalitatsiooni vajadus	Alalisvoolu vajadus	Sisevooderdise materjal	Vanni kere materjal
Külma veega pesemiseks	Pesemine	Voolav vesi happe ja leeliste jälgedega	Tingimusi ei ole	Ei	Ei	Pidev äravool kanalisatsioonis	Ei	Vanni kere materjal	Teras või puut
Kuumaga pesemiseks	Sama	Sama	60—90	Raudtorudest radiaator või värske aur	Soovi korral tõmbekuppel	Pidev või perioodiline	Ei	Sama	Sama
Neutraliseerimiseks	Keemiline	Leeliseline	Tingimusi ei ole	Ei	Ei	Perioodiline, lahuse vahetamisel	Ei	Sama	Sama
Dekapeerimiseks	Sama	Happeline	Sama	Ei	Ei	Sama	Ei	Viniplast või kummi	Sama
Elektroliüdi eemaldamiseks	Pesemine	Sõltub elektrolüüdist	Sama	Ei	Ei	Ei	Ei	Viniplast	Sama

Tsingi ja kadmiumi helestamiseks	Keemiline	Lämmastik-või vävelhappe või kroomhappe anüüdriidid ja huss	Sama	Ei	Ei	Perioodiline, lahutamine se vahetamisel	Ei	Alumiinium, keraamika, viniplast	Alumiinium, keraamika, viniplast
Keemiliseks rasv-ainetest puhastamiseks	Sama	Leeliseline	70—keemiseni	Raud-siugtorud või elekt-risoojenda-ja	Ja	Sama	Ei	Vanni kere materjal	Teras
Elektrolüütiliseks rasvainetest puhastamiseks või elektrolüütiliseks kroomi mahavõtmiseks ja nikeldamiseks	Elektrolüütiline	Sama	60—90	Sama	Ja	Sama	Ja	Sama	Sama
Vasetamiseks, tsinkimiseks, valgevasega katmiseks ja kadmeerimiseks tsüaniidelektrolüüdis	Sama	Leeliseline, tsüaniidne	18—35 ja üle selle	Raud-siugtorud	Ja	Ei	Ja	Sama	Sama
Tinutamiseks leeliselises elektrolüüdis	Sama	Sama	70—80	Sama	Ja	Ei	Ja	Sama	Sama
Hõbetamiseks	Sama	Sama	18—25	Ei	Ja	Ei	Ja	Viniplast, kummi, keraamika	Teras või puit

Tabel 97 järg

Vanni ülesanne	Protsess	Lahuse iseloomustus	Soojusrežiim °C	Eelsoojendamise viis	Ventilatsioon vajadus	Kanalisaatsiooni vajadus	Alalisvoolu vajadus	Sisevooderdise materjal	Vanni kere materjal
Vasetaamiseks hapelises elektro-lüüdis	Elektro-lüütiline	Happeline	18—50	Pliist siugtorud	Ventileeritakse se-gamisel ja eel-soojen-damisel kuni 50°	Ei	Ja	Viniplast, kummi, per-kloorvinüül-lakk, dia-baasplaadid	Teras või puit
Tsinkimiseks, niutamiseks, kadmiimiga ja pliiga katmiseks happelises elektrolüüdis	ti-Sama	Sama	18—15	Sama	Sama	Ei	Ja	Viniplast, kummi, per-kloorvinüül-lakk	Sama
Kroomimiseks	Sama	Sama	45—74	Auru-veesärk, elektrisoo-jendajad	Ja	Äravool-veesär-gist	Ja	Valtsitud plii, üksikutel juhtudel ei vooderdata	Teras

Mustade metallide söövitamiseks temperatuuril üle 50°	Keemiline	Tugevasti happeline	üle 50	Pliiiga kaetud siugtoru või värskes aur	Ja	Perioodiline, lahutamise vahetamisel	Ei	Valtsitud plii (ainult vähevahappe jaoks), happekindlad biplaadid, tuumenil, diabaasplaadid diabaas-mördil	Puit, betoon, teras
Mustade metallide söövitamiseks temperatuuril alla 50°	Sama	Sama	kuni 50	Sama	Ja	Sama	Ei	Viniplast, perikloorvinüül-lakk, happekindlad plaadid, diabaas-plaadid	Sama
Vase ja vasesulamiite söövitamiseks	Sama	Sama	18—20	Ei	Ja	Sama	Ei	Viniplast, keeramika, email	Teras, keeramika

Vanni rühm	Vanni nr.	Vanni ülesanne	Elektrolüüdi nimetus või koostis	Temperatuur °C
Metalliga katmise vannid	1	Happeline vasetamine	Vasksulfaat 200 g/l Väävelhape 50 g/l	25
	2	Sama	Vasksulfaat 300 g/l Väävelhape 70 g/l	45
	3 4	Nikeldamine	Tavalise koostisega elektro- lüüt	25 60
	5	Happeline tsinkimine	Sama	25
	6	Tinutamine	Tinasulfaat 50 g/l Väävelhape 50 g/l Naatriumsulfaat 50 g/l	35
	7	Happeline kadmeerimine	Tavalise koostisega elektro- lüüt	25
	8	Kroomimine	Kroomhappe anhüdiid 250 g/l Väävelhape 2,5 g/l	60
	9	Hõbetamine	Tsüaniidelektrolüüt	25
	Vannid katete mahavõt- miseks, elektrokeemil- seks söövitamiseks ja dekapeerimiseks	10	Vähese süsinikusalduse- ga terase keemiline söö- vitamine	Väävelhape 75–100 g/l Soolhappe 125 g/l Lisand KC 3 g/l
11		Vase ja ta sulamite ette- valmistav söövitamine	Lämmastikhape 1 l Väävelhape 1 l Naatriumkloriid 1–2 g	25
12		Vase ja ta sulamite löplik söövitamine	Lämmastikhape 1 l Väävelhape 1 l Soolhappe 20 ml	—
13		Terase keemiline deka- peerimine	3–5-protsendiline väävel- või soolhappelahus	25

vooderdiseks soovitatavad materjalid

Asbovinüül	Viniplast	Perkloorvi- nüüllakid	Polüisobutüleen	Kummi	Keraamilised ja diabaas- plaadid ühe kihina bitumiinoolil	Keraamilised metlahh- ja diabaasplaadid ühe kihina bituumenrube- roidisolat- sioonil		Happekindel tellis $\frac{1}{4}$ tellise paksuselt rube- roidisolat- sioonil		Keraamilised ja diabaas- plaadid kahe kihina happe- kindlal tsemendil
						bitumi- noolil	happe- kindlal tsemendil	bitumi- noolil	happe- kindlal tsemendil	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+
+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

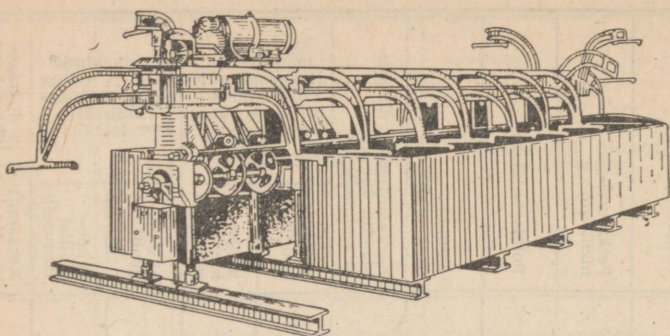
Vanni rühm	Vanni nr.	Vanni ülesanne	Elektrolüüdi nimetus või koostis	Temperatuur °C
Vannid katete mahavõtmiseks elektrokeemiliseks söövitamiseks ja dekapeerimiseks	14	Vaskkatete mahavõtmine	Kroomhappe anhüdriid 25–35 g/l Ammooniumsulfaat 12 g/l	25
	15	Sama	Kroomhappe anhüdriid 15g/l Väävelhape 1–2 g/l	25
	16	Elektrokeemiline nikli mahavõtmine	Väävelhape (erik. 1,84) 80 g/l Glütseriin 10 g/l	25
	17	Tsingi mahavõtmine	10% väävelhappelahus	25
	18	Sama	10% soolhappelahus	25
	19	Terase elektrokeemiline söövitamine	Väävelhape 15 g/l Raudsulfaat 250 g/l	25
	20	Kadmiumi mahavõtmine	10–15% ammooniumnitraadi lahus	25
	21	Terase elektrokeemiline söövitamine	Väävelhape 20 g/l Soolhape (erikaal 1,19) 20 g/l Naatriumkloriid 20 g/l	60
	22	Terase elektrokeemiline dekapeerimine	Väävelhape 800 g/l Kaaliumbikromaat 30 g/l	25

Märkused. 1. Märk (+) näitab, et antud vooderdist võib kasutada; märk (—) näitab, et selle vooderdise kasutamine ei ole otstarbekas. 2. Alla 0,8 m pikkuste vannide vooderdamine happeskindlate tellistega ei ole otstarbekas vann! mõõ-

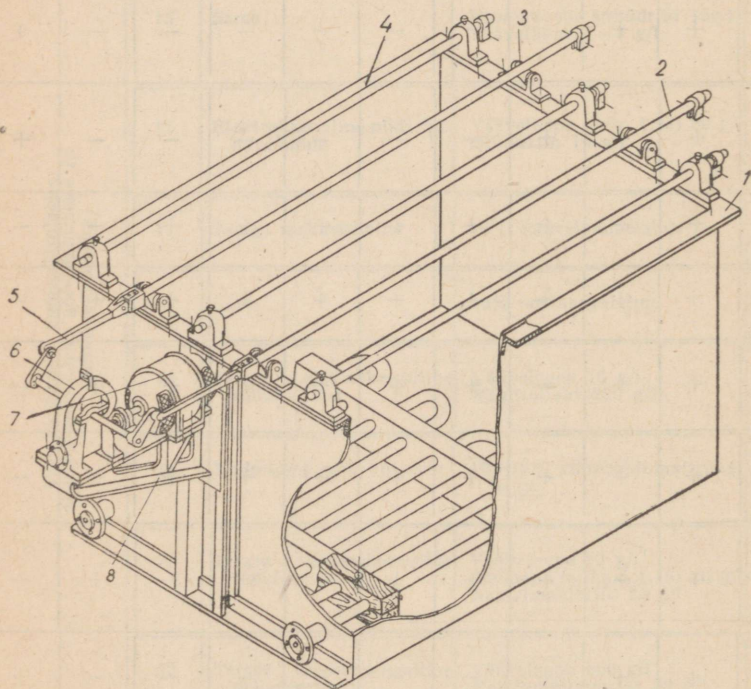
Tabel 98 järg

Asbovinüül	Viniplast	Perkloorvi- nütüllakid	Polüisobutüleen	Kummi	Keraamilised ja diabaas- plaadid ühe kihina bitumiinoolil	Keraamilised metlahh- ja diabaasplaadid ühe kihina bituumenrube- roidisolat- sioonil		Happekindel tellis $\frac{1}{4}$ tellise paksuselt rube- roidisolat- sioonil		Keraamilised ja diabaas- plaadid kahe kihina happe- kindlal tsemendil
						bitumi- nooil	happe- kindlal tsemendil	bitumi- nooil	happe- kindlal tsemendil	
+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-
+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+

dete tugeva vähenemise tõttu. 3. Kroomimisvanne saab soojendada või jahutada auru-veesärgi või pliist siugtoru abil. 4. Nikeldamisvannide korral võib sideainena kasutada ka portlandtsementi.



Joon. 27. Ovaalse automaadi üldvaade.



Joon. 28. Liikuvate katoodidega vann:

1 — nurkrauast äärised; 2 — liikuvad katoodid; 3 — katoodlattide tugirullid;
 4 — liikumatud anoodlatid; 5 — šarniirsed ühendusvardad edasi-tagasi liikumise ülekandmiseks lattidele; 6 — reduktor; 7 — elektrimootor; 8 — alus
 ajamimehhanismi paigaldamiseks.

Ovaalne automaat, mudel A. Ovaalne automaat (joon. 27) kujutab enesest kalduasetatud transportööri, mis paigutab rakiseid koos detailidega vannist vanni.

Transportööri käik on katkendlik.

Liikuvad kangid, mille küljes asuvad rakised, on valatud alumiiniumist ja varustatud 1500-ampriste kontaktidega.

Automaadi tootlikkus on 30—50 m²/h.

Ovaalset automaati võib kasutada ükskõik millise, galvaniseerimisel kasutatava metalliga katmiseks.

Liikuvate katoodidega vann (joon. 28) erineb statsionaarsest selle poolest, et katoodid liiguvad edasi-tagasi kahel liigendil, mis on kangide ja tigureduktori abil ühendatud elektrimootoriga.

Ajamimehhanism on monteeritud malmist kronsteinile.

Katoodlatid teevad 20 käiku minutis.

Kummeeritud voolik auru ja vee andmiseks kroomimisvanni ühendatakse vanni otsmise seina välisküljele.

Torud ühendatakse galvaniseerimisvannide siugtorude ja barboteride külge kummeeritud (düriit-) voolikute ja klemmklambrite abil. Ventii monteeritakse vanni otsmise seina väliskülje juurde.

KUPPEL-, KOPP- JA TRUMMELVANNID

Kuppel-, kopp- ja trummelvanne kasutatakse väikeste detailide massiliseks katmiseks.

Need seadmed võimaldavad katmist mehhaniseerida, mistõttu katmisprotsess intensiivistub, tõuseb tööviljakus, alaneb toodangu omahind ja samal ajal on tagatud toodete töötlemise hea kvaliteet.

Tabelis 99 on toodud eri vannide tootlikkuse võrdlevad andmed.

Tabel 99

Katmisprotsessi näitajad ühe ja sama detaili tsinkimisel eri vannides

Näitajad	Vanni nimetus			
	Statsionaarne vann	Kuppel-vann	Trummel-vann	Koppvann
Detailide hulk ühekordsel laadimisel tk.	150	500	1200	1000
Detailide hulk vahetuse jooksul tk.	1200	1200	3000	4000
Vool A	50	50	150	200
Keskmine voolutihedus A/dm ²	0,8	0,25	0,30	0,5
Katmise kestus h	1	3,5	3	2
Tootlikkus %	100	100	250	350
Teenindamine inimtundides . .	8	2	4	4
Tööviljakus %	100	400	500	650

Tööviljakuse teatava suurenemise kõrval on massilise katmise aparaatides toimival galvaanilisel protsessil enesel rida positiivseid omadusi¹.

¹ Lähemalt vt. M. I. Bondarenko töös [14].

1. Väheneb katte poorsus, sest toodete liikumine ja hõõrdumine hoiab ära vesinikumullide kleepumise nende pinnale.

2. Ei esine pinna krobelisust isegi tugevasti mustunud mudastest elektrolüütidest sädestatud katete puhul. Sile pind saadakse tänu toodete omavahelisele hõõrdumisele.

3. Toote kattedekihi paksus muutub ühtlasemaks, sest katte väljaulatuvate osade asend muutub anoodilt tulevate voolujoonte suhtes kogu aeg.

4. Saadav läikiv kate, eriti väikestel toodetel ei vaja täiendavat poleerimist.

Kuppelvannid. Kuppelvanne kasutatakse väikeste detailide (kruidide, mutrite, seibide jne.) katmiseks. Teisaldatavate vannide maht on 5—15 l (joon. 29).

50—120 l mahuga kuplid seatakse üles vundamentidele. Need erinevad teisaldatavatest selle poolest, et omavad laadimise hõlbustamiseks eriseadeldise segmenthammasratta ja teoga, mis pannakse liikuma käsiratta abil. Sama seadeldise abil seatakse kuppel mistahes kaldasendis.

Laialdaselt kasutatakse „Metallohimzaštšita“ konstruktsiooniga kuppelvanne (joon. 30).

Korraga kupplisse asetatavate detailide kaal on 10—15 kg; kupli maht 50—60 l; kupli pöörlemiskiirus 10 p/min; elektrimootori võimsus 0,55 kW.

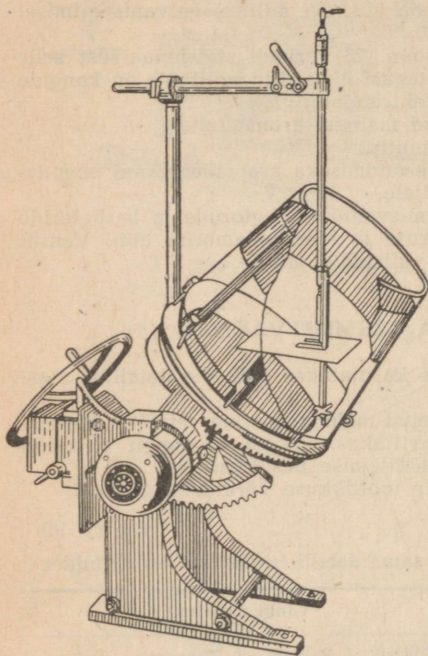
Kupli kere on valmistatud kas kummiga või viniplastiga kaetud terasest või raudvitsadega kinnitõmmatud kõvast puidust.

Kupli tühjendamisel kallutatakse kuplit käsiratta abil ja valatakse detailid koos elektrolüüdiga spetsiaalsesse paaki. Elektrolüüt valatakse pärast selgimist ja korrigeerimist uuesti kupplisse.

Toodud kuplite konstruktsiooni peamiseks puuduseks on elektrolüüdi väike maht, mistõttu viimane töötamisel tugevasti soojeneb ja kiiresti mustub. Kupli laadimine ja tühjendamine on seotud elektrolüüdi sisse- ja väljavalamisega. Metallikihi kasvamise protsess toimub aeglaselt.

Nende puuduste kõrval on kuplite kasutamisel ka positiivseid omadusi. Nende hulka kuuluvad: 1) võimalus katta kõige pisemaid detaile; 2) võimalus katmisprotsessi jälgimiseks seda katkestamata; 3) tähtsusetu mehaaniline toime kaetavatele detailidele, mis sobiva pöörlemiskiiruse kasutamisel lubab kupplisse katta keermetatud detaile.

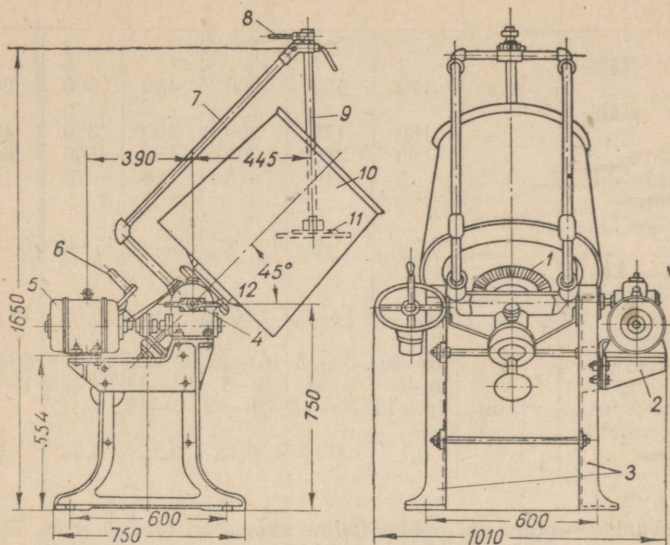
Kuppelvannide tehnilised andmed on toodud tabelis 100.



Joon. 29. Väike kuppelvanne.

Trummelvannid. Trummelvann kujutab enesest isoleermaterjalist valmistatud pöörlevat perforeeritud silindrit, mis on osaliselt või täielikult lastud elektrolüüdivanni anoodide vahele. Vanni ehituse põhimõtteline skeem on toodud joon. 31.

Kaetavad tooted 3 puistatakse silindrisse 1, millega nad lülitatakse katoodile. Vool anoodidelt 5 läheb läbi elektrolüüdi ja silindri avade trumlis veerevatele toodetele.



Joon. 30. „Metallohimzaštšita“ konstruktsiooniga kuppelvann:

1 — koonilised hammasrattad; 2 — kronstein; 3 — toed; 4 — figureduktor; 5 — elektrimootor; 6 — käsiratas kupli kallutamiseks tühjendamisel; 7 — latihoidja; 8 — painduv juhe (anoodjuhe); 9 — anoodplaadi kinnitusvarras; 10 — kupli kere; 11 — kattemetallist anoodplaat; 12 — vaskrõngas (katood).

Trummelvanni eelised kuppelvanni ees on järgmised:

- 1) anoodide pindala on sama suur kui statsionaarsetes vannideski;
- 2) võimalus töötada kõrgemate voolutihedustega ilma elektrolüüdi ülekuumenemise ohuta;
- 3) on välditud elektrolüüdi koostise sagedase rikkumise võimalus, nagu see esineb kuppelvannides;
- 4) elektrolüüdi kulu on palju väiksem;
- 5) mitmekambrilistes trumlites on võimalik üheaegselt katta mitmesuguseid detaile neid segi ajamata.

Trummelvannide puuduseks on perforeeritud seinte võrdlemisi vähene vastupidavus.

Trummelvannide konstruktsioon. Trumlid valmistatakse põhiliselt kahte tüüpi: 1) täielikuks elektrolüüti asetamiseks (joon. 32) ja 2) osaliseks elektrolüüti asetamiseks ($1/3$ ulatuses oma läbimõõdust).

Mitmesugust tüüpi trummelvannide andmed on toodud tabelis 101.

Teisaldatavate ja statsioonarsete kuppelvannide andmed

Parameetrid	Ühik	Kuppelvannid					
		teisaldatavad			statsioonarset		
Alumine läbi- mõõt	mm	190	250	300	450	500	600
Ülemine läbi- mõõt	„	160	175	200	300	350	400
Sügavus	„	190	260	300	450	500	600
Kupli üldmaht Elektrolüüdi	l	5	10	15	50	70	120
hulk ühel laa- dimisel	„	3	5	8	35—40	35—40	60—70
Toodete kaal ühel laadimi- sel	kg	0,75—1	1—1,5	1,5—2	10	10	15—18
Ühele täitele va- jalik vool	A	3—10	5—15	10—25	20—25	25—40	50—75
Vajalik pingeline	V	6—8	6—8	6—8	10—12	10—12	10—12
Pöörlemiskiirus	p/min	10—15	10—15	10—12	10—15	10—12	8—10
Mootori vajalik võimsus	kW	0,1	0,15	0,15	0,25	0,35	0,5

Koppvannid. Koppvanni põhimõtteline skeem on toodud joon. 33. Ta koosneb isoleermaterjalist valmistatud kiikuvast perforeeritud kopast.

Kopp on osaliselt asetatud elektrolüüti anoodide vahele.

Koppa puistatakse katoodile lülitatavad kaetavad tooted.

Vool pääseb toodetele igast küljest ligi.

Koppvanne kasutatakse järgmistel juhtudel:

1) kui katmisele kuuluvatele toodetele mõjuvad kahjulikult pöörlemisest ja ümberpuistamisest tingitud tunduval pörutused;

2) kui poleeritud detailidel tahetakse vältida kriimustusi ja mõlke;

3) kui detailid kuplites või trumlites kogunevad hunnikusse või jäävad üksteise külge kinni.

Kopa kõigutamise toimub elektrimootori poolt käitatava hammasketajami abil (joon. 34).

Täiuslikumal koppaparaadil on koonilistest hammasratastest ja tigu-ülekandest tõsteseade, mis on ühendatud käsivändaga.

Elektrolüüdi segamine ja filtreerimine. Elektrolüüdi segamine toimub pneumaatiliselt. Selleks puhutakse läbi elektrolüüdi õhku aukudega toru kaudu või vanni servale monteeritud mehaaniliste segajate abil.

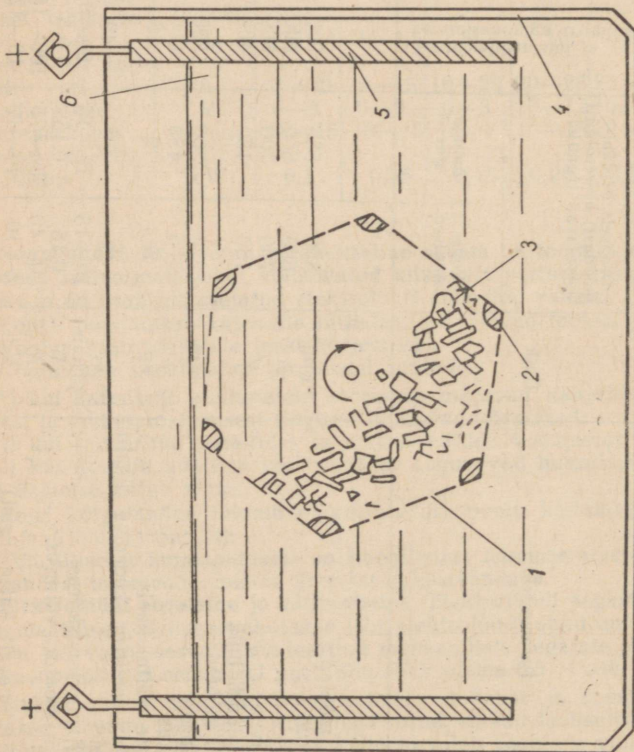
Pneumaatilisel segamisel peab õhu rõhk olema 0,5—1 atü.

Elektrolüüti antava õhu puhastamiseks tolmust ja kompressoriõlist lastakse ta enne läbi filtri. Aukudega torud võivad leeliselistes elektrolüütides olla terasest, happelistes lahustes tuleb kasutada viniplastist või pliist torusid.

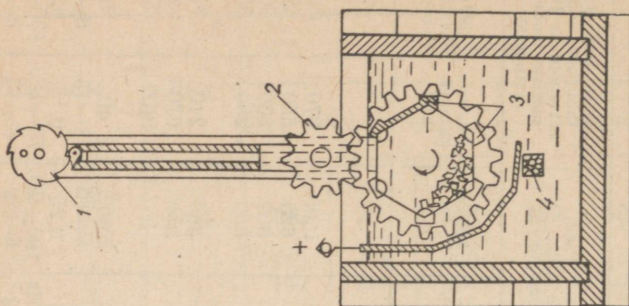
Lahuste filtreerimiseks kasutatakse mitmesuguseid seadmeid.

Trummelvannide andmed

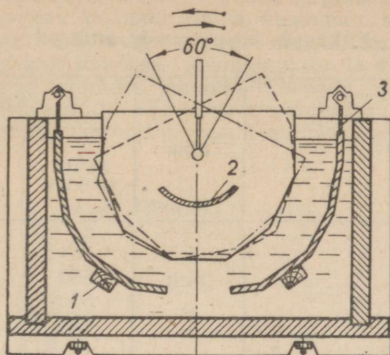
Parameetrid	Ühik	Osaliselt (1/3 läbi- möödust) elektrolüüti asetatavad trumlid		Töstmehhanismi ja pesemisvanniga trumlid	Täielikult sukeldatud trumlid					
		kuue- tahulised	ümmar- gused		kuuetahulised, iga liiki toodetele		kahe- kambri- lised	kolme- kambri- lised	kahe- kambri- lised	spetsiaalsed viie- tahulised, jalg- rattapöidade jt. taoliste toodete katmiseks
					kahe- kambri- lised	kolme- kambri- lised				
Vanni määrted:										
pikkus	mm	550	550	900	970	1300	970	1300	970	1300
laius	"	600	600	800	550	620	550	620	550	620
sügavus	"	700	700	800	800	800	800	800	800	800
Elektrolüüdi hulk	l	150	150	400	250	550	250	550	250	550
Trumli määrted:										
läbimõõt	mm	230	300	500	270	360	270	360	270	210
pikkus	"	450	450	600	730	1000	730	1000	670	1000
Toodete (täite) kaal	kg	5	9	25	20	50	20	50	1000	1500
Lubatav suurim koormus kaalu järgi	"	12	20	40	30	60	30	60	40	50
Trumli pöörlemiskiirus	p/min	10-15	10-15	8-10	8-15	5-10	8-15	5-10	8-15	8-15
Vajalik mootori võimsus	kW	0,15	0,15	0,5	0,15	0,25	0,15	0,25	0,15	0,25
Vool	A	30-40	50-75	100-150	80-200	100-250	80-200	100-250	75-100	100-150
Pinge (olenevalt katte liigist)	V	6-10	10-12	10-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12



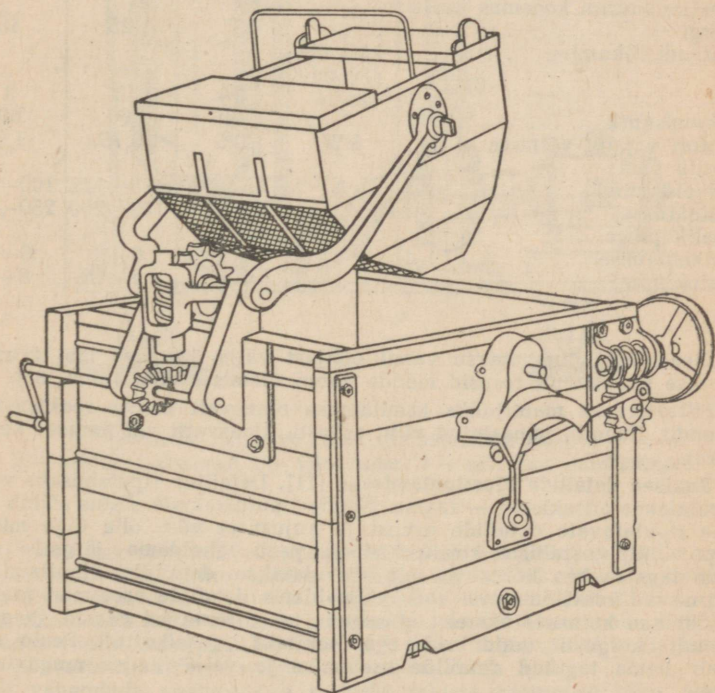
Joon. 31. Trummelvann:
 1 — avadega trummel; 2 — katoodlatid; 3 — tooted; 4 — vanni kere;
 5 — anood; 6 — elektroliit.



Joon. 32. Täiesti elektroliiti asetatud
 trumlilga vanni ristlõige:
 1 — pörkratas; 2 — tekstoliithamm-
 ratas; 3 — katoodlatid; 4 — anoodide
 tugilatt.



Joon. 33. Koppvanni skeem:
 1 — välisanoodide tugilatt; 2 — siseanood; 3 — välisanood.



Joon. 34. Koppvann elektrimootori, ajami ja hammasrataste poolt liikumapandava kopaga.

Kiikuvate koppvannide andmed

Parameetrid	Ühik	Kiikuv kopp		
		käsitsi tõstetav	tõstmiskangiga või muul meetodil tõstetav	
Vann kopa jaoks:				
pikkus	mm	650	720	900
laius	„	520	650	1100
sügavus	„	420	550	700
Kopp:				
pikkus	mm	380	550	750
laius	„	380	460	570
sügavus	„	250	420	520
Elektrolüüdi maht vannis	l	100	300	600
Toodete kaal	kg	5—10	15—25	20—30
Lubatav suurim koormus kaalu järgi	„	7	25	45
Aparaadi liikumine	käikude arv minutis	10	3	3
Kiikumisnurk	°	60	60	60
Mootori vajalik võimsus	kW	0,5	0,75	1,0
Vajalik vool:				
nikeldamisel	A	35—60	75—125	100—150
tsinkimisel	„	75—120	150—200	250—400
Vajalik pinged:				
nikeldamisel	V	4—6	6—8	6—8
tsinkimisel	„	6—8	8—10	8—10

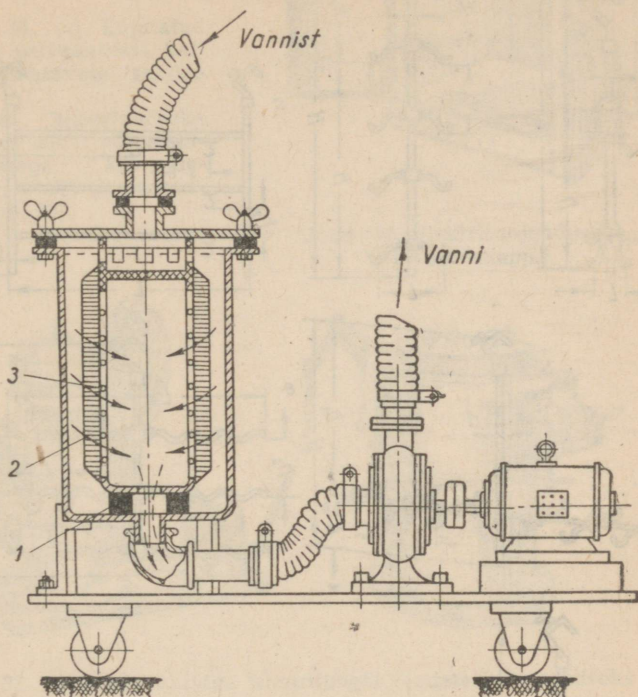
Elektrolüüt pumbatakse vanni põhjast välja, lastakse läbi filtri ja antakse puhastatult torusid mööda vanni ülemisse ossa (joon. 35).

Filtreerivaks materjaliks kasutatakse olenevalt lahuse reaktsioonist lõuendit, flanelli, puhastatud vilti, asbesti, klaasvatti või poorset keramikat.

Rakised detailide ülesriputamiseks [11]. Detailide riputamiseks vanni kasutatakse erirakiseid — raame. Nende riputusrakiste ehitus sõltub raamile riputatavate detailide arvust ja kujust ja võib olla õige mitmesugune. Riputusrakiste konstruktsioon peab rahuldama järgmisi nõudeid: tagama hea kontakti, mis saavutatakse detailide kinnitamisega vedru- või kruviklambrate abil; võimaldama detailide asetamist raamile nii, et nad katmisel üksteist ei segaks ja et tekivad gaasid detailide pinnalt kergesti eralduksid ega tekitaks „gaasikotte“. Peale selle peab olema tagatud detailide asetamise ja väljavõtmise mugavus ja kiirus.

Kontakthaagid, vardad ja vedrud, mille külge detailid kinnitatakse, on soovitatav teha fosforpronkstraadist. Selle materjali elastsed omadused tagavad hea elektrilise kontakti ja hoiavad detaili kindlalt rakises.

Detailide riputusrakised peavad vastama järgmistele nõuetele. Rakiste materjaliks on soovitatav kasutada rauda, vaatamata sellele, et ta on halvem elektrijuht kui vask, valgevask või alumiinium. Raudrakiste kasutamisel lahustuvad nad söövitus-, decapeerimis- ja elektrolüütilise rasv-ainetest puhastamise vannides (anoodtöötlemisel), moodustades vähemkahjulikke sooli (rauasooli). Värvilistest metallidest rakised lahustuvad lahustes ja elektrolüütides aktiivsemalt, moodustades sooli, mis mõne-

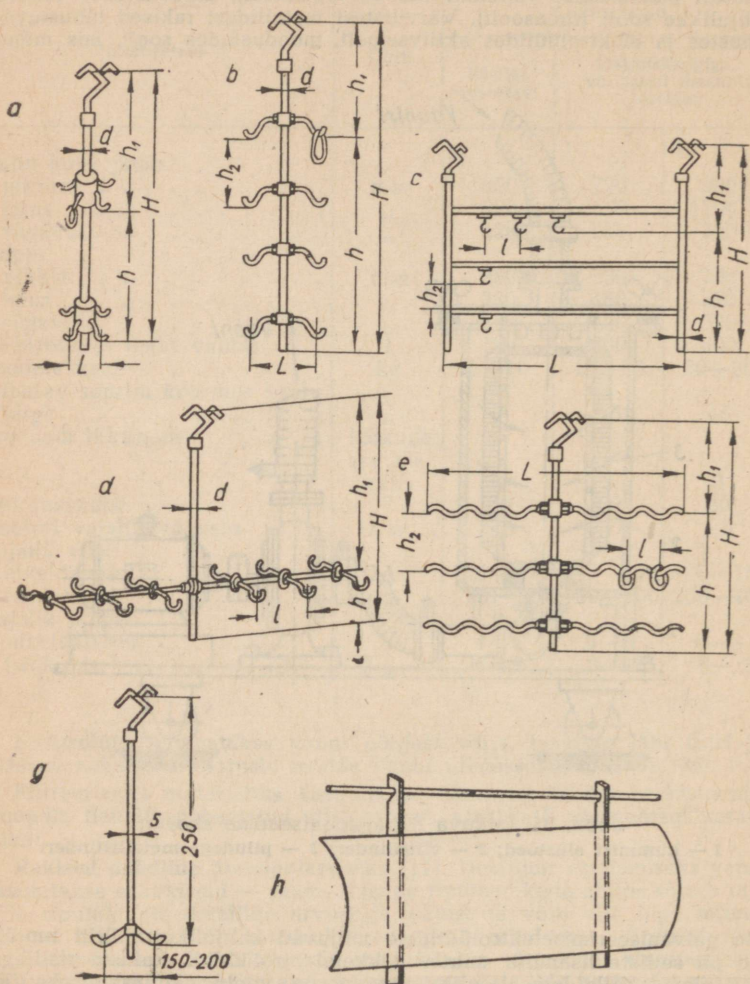


Joon. 35. Liikuva filtratsiooniseadme skeem:

1 — kummist alustoeid; 2 — viltsilinder; 3 — piludega metallsilinder.

dele galvaniseerimiselektrolüütidele mõjuvad kahjulikult. Eriti tundlikud on selliste lisandite suhtes nikkelelektrolüüdid. Rakiste ristlõige peab olema küllaldane vajaliku tugevusega voolu läbilaskmiseks. Et raudrakised oleksid küllaldase juhtivusega, arvutatakse nende ristlõige lähtudes voolutihedusest $0,7-1,0 \text{ A/dm}^2$. Selle tingimuse täitmatajätmine võib põhjustada rakiste kuumenemist sadestamise ajal.

Et vähendada ebatootlikke kadusid rakiste kattumise tõttu katte- metalliga ja sellega seotud alalisvoolukadusid, tuleb rakiseid isoleerida, välja arvatud kontaktkohad. Rakiste isoleerimine suurendab nende säilivust ja vähendab elektrolüüdi mustumist rauasooladega. Rakiste iso-

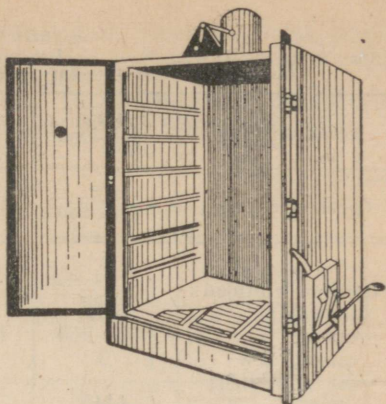


Joon. 36. Tüüprikised toodete riputamiseks galvaanilisse vanni.

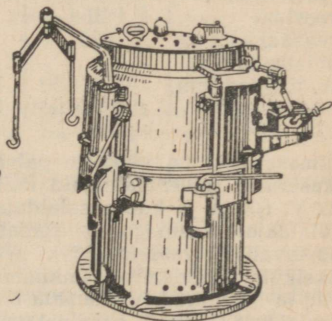
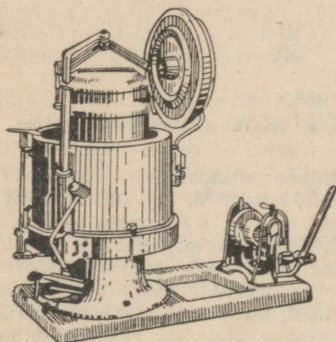
leerimiseks kasutatakse kummeerimist, katmist tsa-poon- või perkloorvinüül-lakiga, atsetoonis pehmenda-tud filmilindiga, plastikaadiga, polükloorvinüüllindiga; selleks otstarbeks sobivad ka kloorvinüül- ja kummi-torud.

Joon. 36 on kujutatud mõningad galvaanilisel kat-misel kasutatavate rakiste tüübid.

Toodete kuivatamiseks kasutatakse auru- või elekt-risoojendusega kuivatus-kappe (joon. 37) ja tsentri-fuuge (joon. 38).



Joon. 37. Elektrisoojendusega kuivatuskapp.



Joon. 38. Tõstetava korviga tsentrifuugid toodete kuivatamiseks.

ELEKTRISEADMED

Madalpingelised mootor-generaatorid. Galvaanilistes tsehhides kasu-tatakse alalisvooluallikatena madalpingelisi mootor-generaatoreid pin-gega 6/12 ja 9 V.

Mootor-generaatorid ЯЭМЗ pingega 6/12 V ja vooluga kuni 1500 A on endaergutusega: ergutusmähist toidetakse ankrumähise klemmidelt haruvoolureostaadi kaudu.

Mootor-generaatorid vooluga 4000 A ja üle selle on varustatud eraldi ergutajaga. Ergutusmasinaks on 110 V pingega alalisvoolugeneraator, mis monteeritakse mootor-generaatoriga ühisele vundamendile ja käitatakse ühiselt mootorilt rihtmülekande abil.

Mootor-generaatorite tehnilised andmed on toodud tabelis 103.

Madalpingeliste mootor-generaatorite tehnilised andmed

Agregaadi tüüp	АНД 500—250	АНД 1000—500	АНД 1500—750	АНД 5000—2500
Generaatori tüüp	НД 500—250	НД 1000—500	НД 1500—750	НД 5000—2500
Põhilised andmed:				
pinge V	6/12	6/12	6/12	6/12
vool A	500—250	1000—500	1500—750	5000—2500
võimsus kW	3	6	9	30
pöörlemiskiirus p/min	1445	970	970	725
elektromootori tüüp	МКБ-13/4	МКМБ-15/6	МКМБ-17/6	МКА-25/8
mootori võimsus kW	5,5	8,7	11,5	38
reguleerimis- reostaat	РШ-1	РШ-1	РШ-1	РШ-3
agregaadi kaal kg vundamendi plaadi mõõted mm	370	640	900	1900
	1385×450 1290×450	1955×580 1667×580	1955×580 1667×580	2365×950 2370×1060

Viimasel ajal on väikeste galvaniseerimis-seadmete toitmiseks hakatud kasutama seleenalaldajaid ВСГ-3М 6/12 V, 200/100 A, ВСГ-600М, 10—12 V, 600 A ja kuproksalaldajaid 6/12 V. Vaatamata sellele, et selliste alaldajate kasutegur on madalam kui mootorgeneraatoritel ja moodustab tavaliselt vaid 40—50%, on nad väikestes seadmetes töötamiseks või üksikute nikeldamis-, tsinkimis- jne. vannide ekspluateerimisel väga sobivad ja kasulikud. Vaatamata üldiselt laitmatule töötamisele riknevad seleenalaldajad sageli ekspluatatsiooni-eeskirjadest mittekinnipidamise tõttu. Seepärast tuleb seleenalaldajate töötamisel kinni pidada järgmistest reeglitest [14].

1. Alaldaja sisselülitamisel tuleb esmalt sisse lülitada koormus ja alles pärast seda vahelduvvool.

2. Alaldaja väljalülitamisel lülitatakse esmalt välja vahelduvvool ja seejärel koormus.

3. Vahelduvvoolu andmine alalisvoolu klemmidele toob kaasa alaldaja riknemise.

4. Alaldajat ei tohi koormata suurema vooluga kui nimisildil näidatud. Samuti ei tohi teda lülitada võrku, mille pinget on üle 220 V või sagedus madalam või kõrgem kui 50 Hz. Tingimata tuleb jälgida, et sildklemmid oleksid ühendatud õigesti.

5. 6 V pingega töötamisel lubatakse alaldajat koormata alalisvooluga ainult 60—100% ulatuses nimivoolust.

6. Piirkoormusel töötamisel tuleb termomeetri või termopaari abil perioodiliselt mõõta seleenketaste temperatuuri, mitte lastes neil sooje- neda üle 75° C.

7. Alaldatud pinget ja voolu tuleb mõõta magnetelektrilist tüüpi mõõteriistadega.

8. Alaldajat ei tohi asetada küttekehade lähedusse; tuleb jälgida, et talle ei langeks otsesed päikesekiired ja et ruumides, kuhu alaldaja on üles seatud, temperatuur ei tõuseks üle 35° C.

9. Alaldajaid tuleb perioodiliselt tolmust puhastada läbipuhumisega. Andmed seleenalaldajate kohta on toodud tabelis 104.

Tabel 104

Seleenalaldajate iseloomustus

Alaldaja tüüp	Alaldatud nimivool A	Pinge V	Vahelduvvoolu poole toitepinge V	Alaldaja mõõted mm	Kaal kg
BCF-3M	200	vähemalt 6	ühefaasiline 127 ja 220	560×440×1000	100
BCF-600M	600	10–12	ühefaasiline 220	800×750×1400	—
BCF-4	500/1000	8/16	kolmefaasiline 220—380	600×1500×1500	500
ВИАМ-3000	3000	0—28	—	—	—

Galvaanikatsehhide elektriliste ühenduste skeemid. Kõige sobivaks lülituseks loetakse sellist, kus iga vanni jaoks seatakse üles eraldi alalisvoolugeneraator või alaldaja (joon. 39).

Pinget reguleeritakse vanni lähedusse monteeritud haruvoolureostaadi abil.

Alalisvoolugeneraatori koormustegur sõltub vanni koormusest. Kõige sagedamini kasutatakse individuaalse alalisvoolugeneraatori ülesseadmist kroonimis- ja suuremahuliste tsinkimis-, nikeldamis-, rasvaine- test puhastamise jt. vannide juures ning samuti suuremõduliste toodete ettevalmistamisel ja katmisel, kus vajatakse tugevat voolu ja on nõutav täpne reguleerimine.

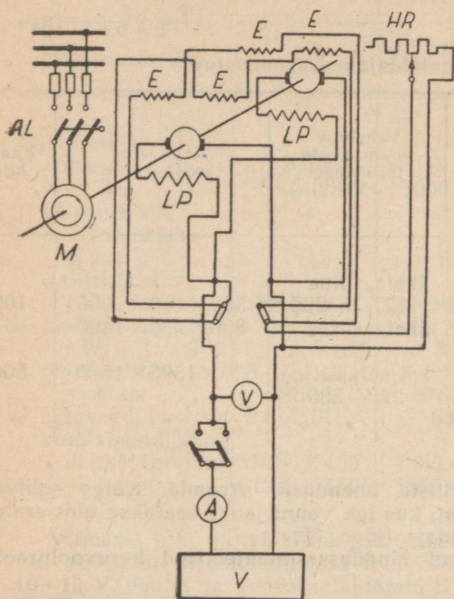
Mitme võrdlemisi nõrka voolu tarbiva vanni korral toidetakse neid tavaliselt paralleelselt ühelt generaatorilt. Iga vann varustatakse eraldi voltmeetriga, ampermeetriga ja paralleelsektsioone omava reostaadiga voolu reguleerimiseks [13].

Iga vanni kilbile monteeritakse ühe- või kahepooluseline vinnaklüüti voolu sisse- ja väljalülitamiseks. Alalisvoolugeneraatoritel ЯЭМЗ on kaks kommutaatorit ja 12 V pinge saamiseks lülitakse mõlemad ankrumähised järjestikku. Seejuures pinge klemmlaua äärmiste klemmide vahel on 12 V, äärmiste ja keskmiste klemmide vahel aga 6 V. 6-voldise pingega töötamisel lülitatakse ankrumähised paralleelselt. Generaatori niisugune ehitus võimaldab vanne lülitada kolmejuhtmelise süsteemi abil (joon. 40). Seejuures nikeldamis-, tsinkimis-, vasetamis- jt. vannid töötavad pingel kuni 6 V, elektrokeemilise rasvaine- test puhastamise, kroonimise, kuppel-, trummel- ja koppvannid pingel kuni 12 V. Peale selle annab vannide selle süsteemi järgi lülitamine vase kokkuhoidu ühendusjuhtmete ristlõike vähenemise arvel.

Kui on tarvis, et vannid töötaksid perioodiliselt pingel 6 ja 12 V, siis võib lülitada generaatori ankrumähised kahe poolusega ümberlüüti

klemmidele nii, et ümberlülitati nugade lülitamisel üles töötaks generaator pingega 12 V, allalülitamisel aga pingega 6 V (joon 41) [13].

Sel juhul ei ole kõikide vannide jaoks üldise lülitite monteerimine generaatori ahelasse kohustuslik.



Joon. 39. Uhele vannile töötava mootor-generaatori lülitusskeem:

AL — automaatlülititi; M — elektrimootor; HR — regulaator; LP — lisapoolused; E — ergutusmähis; V — galvaniseerimisvann.

Sulavkaitsmeid alalisvooluahelasse ei lülitata. Mootorgeneraatorid kaitsakse ülekoormus- ja lühisvoolude eest vahelduvvoolu poolel.

Vool antakse generaatorist galvaanilisse vanni enamasti vasklattide või ümarvasest juhtmete kaudu.

Juhtmete ristlõige arvutatakse neid läbiva voolu tugevuse järgi. Arvutamisel lähtutakse lubatavast pingelangust võrgus (tavaliselt 10%), võrgu pikkusest ja juhtme takistusest. Ümarvaske kasutatakse voolul kuni 600 A, üle 600 A voolu puhul kasutatakse vasklatte.

Lattide ja torude mõõted ning lubatavad voolud on toodud tabelites 105—110.

Juhtmete arvutuse õigsus ja elektrienergia kadude maksimaalne vähendamine on galvaanika-tsehhide alalisvooluvõrgus suure tähtsusega, sest kasutatakse madalpingelist, kuid seejuures tugevalt voolu.

Erilist tähelepanu tuleb pöörata kontaktpin-

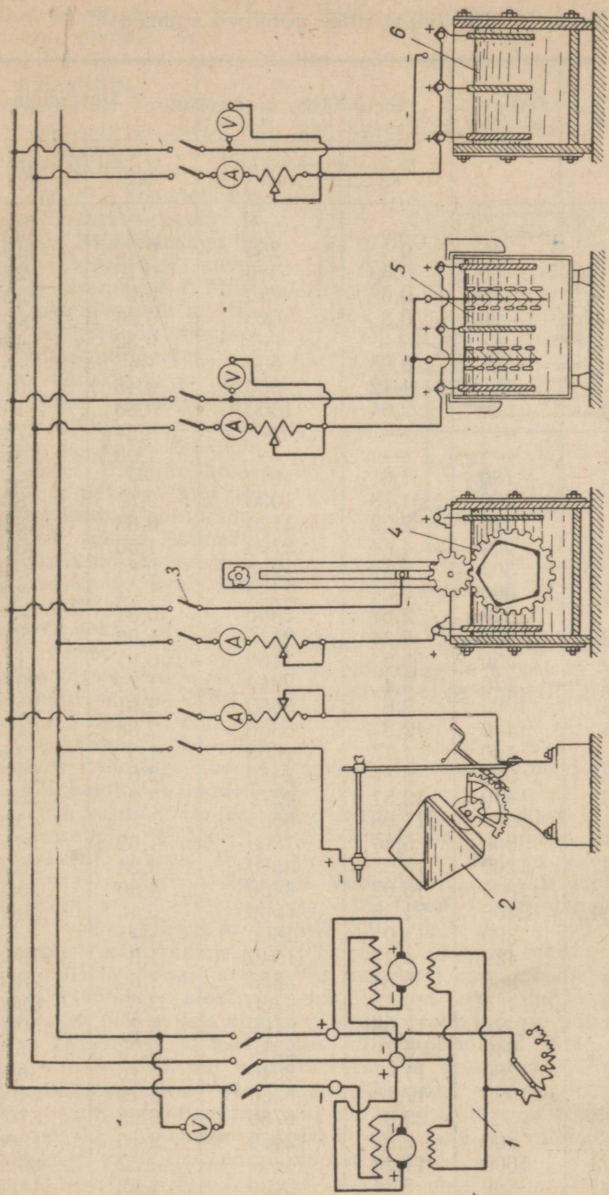
dade seisukorrale. Üksikud latid, mille pikkus on tavaliselt 3,5—5 m, ühendatakse ülekatte- või pökk-keevitusega või poltide ja lappide abil¹. Enne lattide ühendamist poltidega sobitatakse nende otsad hoolikalt, puhastatakse viili abil ja kaetakse tinakihi.

Isegi kontakti tähtsusetu halvenemine vanni toiteahelas võib viia galvaniseerimisvanni töö katkemisele.

Vool juhitakse vannidesse vanni äärtele kinnitatud ümarvasest või ümar-valgevasest varbade või vasklattide abil. Varbade läbimõõt valitakse tabelitest 108 ja 109 olenevalt neid läbiva voolu tugevusest.

Mõõte- ja reguleerimisaparatuur. Nõutava paksusega galvaanilise katte saamiseks arvutatakse välja detailide vannis hoidmise aeg sõltuvalt voolutihedusest.

¹ Alumiiniumlattide keevitamine on kohustuslik.



Joon. 40. Neljale vannile töötava mootor-generaatori lülituskeem:
 1 — kahe kommutaatoriga generaator; 2 — kuppelvann; 3 — kahe poolusega lüliti; 4 — trummelvann; 5 ja 6 — statsionaarsed vannid.

Vask- ja alumiiniumlattide põhilised andmed

Lattide mõõdet mm (laius × paksus)	Ristlõige mm ²	Vask		Alumiinium	
		1 m kaal kg	Lubatav vool A	1 m kaal kg	Lubatav vool A
15×3	45	0,4	255	0,12	195
20×3	60	0,53	336	0,16	260
25×3	75	0,67	420	0,2	330
30×3	90	0,8	520	0,24	400
30×4	—	—	—	0,32	480
35×3	105	0,93	600	—	—
40×4	160	1,42	800	0,43	615
(40×4)2	320	2,84	1500	0,86	1180
40×5	—	—	—	0,54	720
(40×5)2	—	—	—	1,08	1340
45×4	180	1,6	910	—	—
50×4	200	1,78	1030	0,54	800
50×5	250	2,22	1120	0,68	860
(50×5)2	500	4,44	2100	1,36	1610
50×6	300	2,67	1220	0,81	950
(50×6)2	600	5,34	2350	1,62	1800
60×5	300	2,67	1360	0,81	1030
(60×5)2	600	5,34	2430	1,62	1885
60×6	360	3,2	1460	0,97	1120
(60×6)2	720	6,4	2610	1,94	2070
(60×6)3	1080	9,6	3650	2,91	2960
(60×6)4	1440	12,8	5300	3,88	4400
60×8	480	4,27	1635	1,3	1280
(60×8)2	960	8,54	2450	2,6	2375
(60×8)3	1440	12,81	4270	3,9	3500
(60×8)4	1920	17,08	5500	5,2	4520
60×10	600	5,34	1800	1,62	1390
(60×10)2	1200	10,68	3500	3,24	2650
(60×10)3	1800	16,02	4750	4,80	3900
(60×10)4	2400	21,36	6000	6,48	5000
65×6	390	3,9	1860	—	—
80×6	480	4,27	1940	1,3	1500
(80×6)2	960	8,54	3575	2,6	2860
(80×6)3	1440	12,84	4750	3,9	3900
(80×6)4	1920	17,08	6100	5,2	5000
80×8	640	5,7	2240	1,73	1720
(80×8)2	1280	11,4	3840	3,46	3060
(80×8)3	1920	17,1	5350	5,19	4400
(80×8)4	2560	22,8	6750	6,92	5700
80×10	800	7,12	2460	2,16	1900
(80×10)3	1600	14,28	4600	4,32	3690
100×6	600	5,34	2430	1,62	1880
(100×6)2	1200	10,68	4130	3,24	3400

Voolutihedust kontrollitakse ampermeetri ning vanni asetatud detailide ja riputusrakiste isoleerimata osade (varem välja arvatud) summaarse pindala järgi.

Viimasel ajal on voolutiheduse määramiseks konstrueeritud mitut tüüpi mõõteriistu.

Mõõteriistad voolutiheduse mõõtmiseks. Galvaanikatsehhiides kasutatakse mõõteriistu, mille abil saab kiiresti määrata voolutihedust. Üks

sellistest riistadest on konstrueeritud N. Linejevi poolt (joon. 42). Ta koosneb kahest põhisast — peast ja kombitsast. Mõõteriistaga on kaasas vahetatavad elektroodid ja termomeeter. Mõõteriista pea koosneb metallkerest, millesse on monteeritud milliampermeeter.

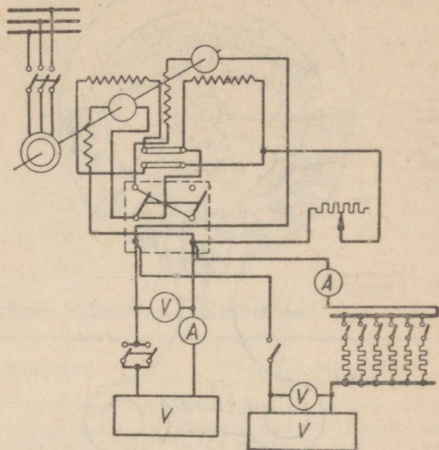
Kere välisküljel on metalltugi kahe hambaga (ülemine — „min“ ja alumine „kraad“) ja kahe skaalaga liikuv sektor. Ülemine skaala näitab 1 μ paksuse kihi sadestumise kestust antud voolutiheduse juures, alumine võimaldab kindlaks määrata voolutihedust vastavalt vanni temperatuurile.

Liikuva sektori küljes on osuti — fiksaator, mis koos sektoriga liigub mööda milli-ampermeetri skaalat. Mõõteriista pea külge on kinnitatud mahakäänatav käepide ja painduv otsikutega nõorjuhe, mis D_k määramisel ühendatakse katoodlatiga või kaetavate toodetega.

Kombits kujutab enesest kummeeritud metallvarrast kolme vahetatava elektroodiga. Üht elektroodi kasutatakse vannides, mis töötavad $D_k = 1 \text{ A/dm}^2$ juures, teist, kui $D_k = 2,5 \text{ A/dm}^2$ ja kolmandat, kui D_k on kuni 50 A/dm^2 ja üle selle. Voolutiheduse skaala jaotuse väärtus elektroodiga nr. 1 töötamisel on $0,05 \text{ A/dm}^2$, elektrood nr. 2 puhul $0,10 \text{ A/dm}^2$ ja elektrood nr. 3 puhul $2,0 \text{ A/dm}^2$.

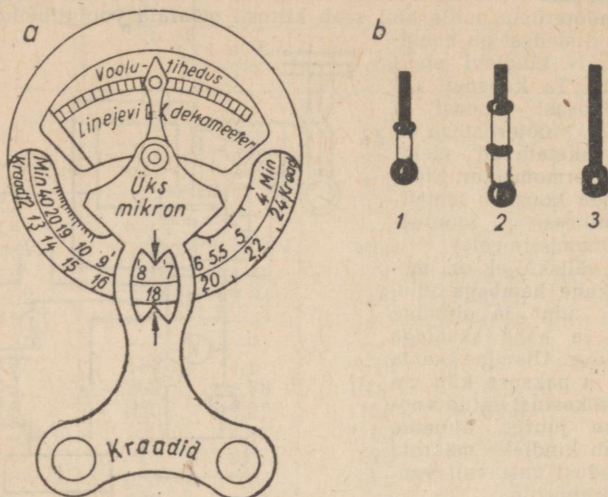
Vannide voolutiheduse kontrollimine N. Linejevi mõõteriista abil toimub järgmiselt: esmalt asetatakse fiksaatori osuti skaala sellele jaotisele, mis kasutatava elektroodi puhul vastab etteantud voolutihedusele. Siis, asetades mõõteriista kombitsa vanni, puudutatakse painduva juhtme otsikuga katoodlatti ja määratakse milliampermeetri näidu järgi voolutihedus vannis. Kui see osutub võrdseks etteantud voolutihedusega, ühtub milliampermeetri osuti asend fiksaatori osutiga. Kui aga voolutihedus vannis on etteantust suurem või väiksem, siis viiakse näidud ühte reostaadi abil, ahela takistust suurendades või vähendades. Sellega taastataksegi vannis etteantud voolutihedus.

N. Linejevi mõõteriistaga saab voolutihedust korrigeerida ka elektroodi temperatuuri muutmisel. Selleks asetatakse skaala „kraad“ hammas arvule, mis ühtib vanni asetatud termomeetri näiduga. Fiksaatori



Joon. 41. Generaatori ümberlülitamine pingele 6 või 12 V kahepooluselise ümberlülitite abil.

osuti muudab sel juhul oma asendit ja näitab seda voolutihedust, mis tuleb välja reguleerida vastavalt mõõdetud elektrolüüdi temperatuurile. Ülemise hamba asend näitab seejuures sadestumise kiirust, s. o. 1 μ paksuse katte saamiseks kuluvat aega.



Joon. 42. N. Linejevi dekameter:

a — pea; b — vahetatavad elektroodid; 1 — voolutihedusele 1 A/dm²; 2 — voolutihedusele kuni 2,5 A/dm²; 3 — voolutihedusele kuni 50 A/dm² ja üle selle.

Tabel 106

Punastest vasest torudele lubatavad voolud

Välisläbimõõt mm	Kestvalt lubatav vool A toru seina paksuse puhul mm						
	1	1,5	2	2,5	3	4	5
10	140	155	180	200	215	—	—
20	250	300	344	380	415	470	500
30	350	430	490	540	590	675	735
40	450	540	630	690	760	860	950
50	540	650	750	835	920	1040	1150
60	620	755	865	975	1060	1200	1340
70	700	855	990	1100	1200	1370	1520
80	785	955	1100	1230	1330	1530	1700
90	860	1050	1200	1350	1470	1690	1900
100	940	1140	1320	1460	1600	1850	2070

Isoleerimata raud- ja valgevasklattidele lubatavad voolud

Lattide mõõted mm	Ristlõige mm ²	Raud		Valgevask	
		1 m kaal kg	Lubatav vool A	1 m kaal kg	Lubatav vool A
15×3	45	0,353	85	0,41	116
25×3	75	0,588	138	0,68	169
40×4	160	1,256	242	1,44	332
50×5	250	1,962	335	2,25	460
60×6	360	2,826	455	3,24	625
80×6	480	3,768	570	4,32	785
100×6	600	4,710	700	5,4	965
80×10	800	6,280	750	7,2	1030
100×10	1000	7,850	900	9,0	1240

Vannide varbade lubatavad läbimõõdud

Vanni maht l	Kroomimisvannid		Vannid muud liiki galvaaniliseks katmiseks	
	Töövool ühe varva kohta A	Ümarvasest lati läbimõõt mm	Töövool ühe varva kohta A	Ümarvasest lati läbimõõt mm
150	150	6	125	6
240	250	9	175	7
300	375	11	200	7
500	—	—	250	9
730	500	14	300	10
1000	750	18	375	11
1120	1000	23	500	14

Kõik elektrilised mõõtmised alalisvoolu poolel tehakse magnetelektrilist süsteemi kilbi-mõõteriistade abil, mis võivad olla mitmesugust tüüpi ja mitmesuguse kujuga. Näiteks tehnilised kilbi-mõõteriistad (tüübid MH, MM, M-1) omavad 60, 135 ja 185 mm läbimõõduga soklit; pritsmekindlaid mõõteriistu M210 ja hermeetilist M213, M415 valmistab tehas „Elektropribor“ neljakandilistena; nende mõõteriistade mõõted on vastavalt 185×185×120, 224×175×110 ja 83×83×60 mm.

Mõõteriistade täpsusklass on 1,5.

Ampermeetrid MH ja MM voolule kuni 100 A valmistatakse ilma välise šundita; M-1 tüüpi riistad on aga alates 20 A varustatud välise šundiga. 4000—5000 A mõõtepiirkonnaga ampermeetritel on kaks välist šunti.

Tehas „Elektropribor“ laseb välja ka ampermeetreid M730 voolule kuni 7500 A (mõõted 110×110×250), nende riistade näitude täpsuse piirid vastavad tehnilistele tingimustele ja ГОСТ-ile 845-42. Pinge mõõtmis-

Varbadeks kasutatavate vasktorude mõõted

Vanni maht l	Kroomimisvannid			Muud liiki galvaanilise katmise vannid		
	Töövool ühe varva kohta A	Toru lubatav läbimõõt ja seinapaksus mm	1 m kaal kg	Töövool ühe varva kohta A	Toru lubatav läbimõõt ja seinapaksus mm	1 m kaal kg
150	150	10/1,5	0,482	125	10/1	0,308
240	250	20/1	0,587	175	20/1	0,587
300	375	30/1	0,867	200	20/1	0,587
500	—	—	—	250	20/1	0,587
730	500	40/1,5	1,741	300	30/1	0,867
1000	750	50/2	2,908	375	30/1,5	1,321
1120	1000	—	—	500	40/1,5	1,741

Tabel 110

Ümmarguse ristlõikega varbvasele lubatavad voolud

Läbimõõt mm	Ristlõige mm ²	1 m kaal kg	Lubatav vool A
7	38,5	0,346	110
10	78,5	0,706	250
14	153,9	1,380	370
16	201,0	1,810	440
18	254,3	2,290	510
20	314,1	2,820	580

seks kasutatakse galvaanilistes tsehhides kuni 15 V või 25 V skaalaga voltmeetreid. Selleks sobivad käesoleval ajal väljalastavad magnet-elektrilised voltmeetrid M41-44, M51-54 ja M63. Need mõõteriistad on ette nähtud eksploateerimiseks kuni 50–60° C temperatuuri ja 30–95% suhtelise niiskuse juures. Mõõteriistade läbimõõt on 60±0,4 mm.

Mõõteriistade õiged näidud on tehnoloogilise protsessi kontrollimisel peamiseks nõudeks, seepärast tuleb mõõteriistu süstemaatiliselt kontrollida (mitte harvem kui kaks korda aastas).

Reostaadid. Vajalikku voolu tugevust vannis võib saada generaatori pingereguleerimisega haruvoolureostaadi abil (kui generaator toidab üht vanni) või voolu reguleerimisega vanni toiteahelasse lülitatud reostaadi abil (kui generaator toidab mitut vanni).

Reostaadi arvutamiseks on tarvis järgmisi andmeid: 1) vanni poolt tarbitava voolu maksimaal- ja minimaalväärtusi; 2) sõltuvust tarviliku pingest ja voolutiheduse vahel; 3) elektrolüüdi oomilist takistust; 4) voolutugevuse reguleerimise astmeid.

Nende andmete puudumisel arvutatakse reostaat pingele, mis võrdub 50—70% vanni tööpingest, andes reguleerimisastmete arvu ette. Tavaliselt arvutatakse reostaadid kuuele astmele — sektsioonile, mis lülitatakse paralleelselt.

Tabelites 111 ja 112 on toodud andmed reostaatide arvutamiseks.

VANNIDE SOOJENDAMINE [13]

Elektrolüüdi temperatuuri hoidmine konstantsena on kvaliteetse galvanilise katte saamise eeltingimuseks.

Vanne soojendatakse auruga või elektriga.

Elektrisoojendus teostatakse tavaliselt torusoojendajate abil, mis koosnevad torusse asetatud ja vanni seina sisekülje alumise osa külge kinnitatud takistuselementidest.

Soojendajad lülitatakse kolme-faasilisse jõuvõrku. Nende arv on tavaliselt jaguv kolmega.

Elektrisoojendajate võimsus peab olema õige suur. Näiteks 500 l vanni soojendamiseks ettenähtud temperatuurini kahe tunni jooksul on vaja võimsust 20 kW. Vannide elektriga soojendamise kasutamine nõuab rea ohutustehniliste eriaabinõude kasutuselevõtmist.

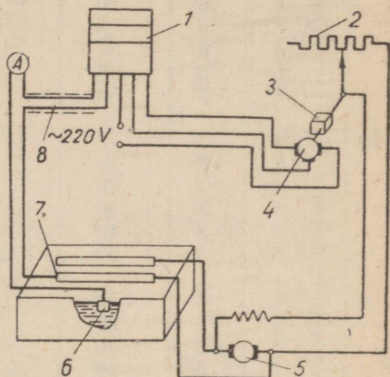
Soojendajate töökindlus ja iga sõltuvad tunduvalt nende valmistamise hoolikusest. Kuna soojendajate töörežiim vannis soojaks ajamisel tunduvalt erineb režiimist vannis töötemperatuuri hoidmisel, peab soojendajate võimsus olema reguleeritav.

Selleks lülitatakse pärast nõutava temperatuuri saavutamist välja kõik soojendajad peale ühe, mis hoiab alal vajalikku temperatuuri. Mõnikord soojendatakse vanne algul auruga, konstantne temperatuur töötamise ajal aga säilitatakse elektrisoojendajatega. Voolu tarbimine konstantse temperatuuri säilitamiseks on tühine. Suurtes ettevõtetes varustatakse vanid elektrolüüdi temperatuuri reguleerivate automaatseadistega.

Reguleerimisprotsessi võib automatiseerida, kasutades kindla, etteantud suurusega pinda omavat abielektroodi¹, mis kattub samas vannis mille voolu tugevuse reguleerimist soovitakse automatiseerida.

Nimetatud elektrood tuleb ühendada kontaktgalvanomeetriga, mis on reguleeritud ettenähtud voolutihedusele.

Etteantud režiimi rikkumise korral lülitavad galvanomeetri kontaktid vastava rele kaudu sisse servomootori, mis toimib generaatori haruvooluregulaatorile. Seejuures taastatakse endine režiim ja ettenähtud voolutihedus, pärast seda lülitab sama kontaktgalvanomeeter servomootori välja (joon. 43).



Joon. 43. Voolu automaatse reguleerimise skeem:

- 1 — kontaktgalvanomeeter; 2 — haruvoolureostaat; 3 — reduktor;
- 4 — servomootor; 5 — generaator;
- 6 — kontrollplaat; 7 — katoodplaat;
- 8 — kontrollahel.

¹ Lähemalt vt. N. K. Korolenko töös [13].

Vool A	Sektisiooni nr.	Arvutuslik-pinge V	Reguleerimis-astmed A	Konstantaan-			
				Läbimõõt mm	Ristlõige mm ²	Pikkus m	Takistus Ω
100	1	3	5	1,4	1,54	1,85	0,6
	2	3	10	1,8	2,54	1,50	0,3
	3	3	15	2,5	4,91	2,00	0,2
	4	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15
	5	3	25	3,7	7,07	1,70	0,12
	6	3	30	3,6	9,62	2,00	0,10
150	1	3	5	1,4	1,54	1,85	1,6
	2	3	10	1,8	2,54	1,30	0,3
	3	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15
	4	3	30	3,5	9,62	2,00	0,10
	5	3	40	2×2,8	2×6,16	2×1,85	0,075
	6	3	50	2×3,0	2×7,07	2×1,70	0,06
200	1	3	10	1,8	2,54	1,50	0,3
	2	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15
	3	3	30	3,5	9,62	2,00	0,10
	4	3	40	2×2,8	2×6,16	2×1,85	0,075
	5	3	50	2×3,0	27,07	2×1,70	0,06
	6	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,00	0,05
300	1	3	15	2,5	4,9	2,0	0,2
	2	3	25	3,0	7,07	1,7	0,12
	3	3	50	2×3,0	2×7,07	2×1,7	0,06
	4	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,0	0,05
	5	3	80	4×2,8	4×6,16	4×1,85	0,038
	6	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,7	0,03
400	1	3	20	2,8	6,16	1,85	0,15
	2	3	30	3,5	9,62	2,0	0,10
	3	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,0	0,05
	4	3	80	4×2,8	4×6,16	4×1,85	0,038
	5	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,70	0,03
	6	3	150	6×3,0	6×7,07	6×1,70	0,02
500	1	3	30	3,5	9,62	2,0	0,1
	2	3	60	2×3,5	2×9,62	2×2,0	0,05
	3	3	80	4×2,8	4×6,16	4×1,85	0,038
	4	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,70	0,03
	5	3	100	4×3,0	4×7,07	4×1,70	0,03
	6	3	150	6×3,0	6×7,07	6×1,70	0,02

arvutus

juhe		Spiraal						Spiraali arv
Voolu- tihedus A/mm ²	I m kaal kg	Läbimõõt mm	Keeru pikkus mm	Keerdude arv	Samm mm	Spiraali pikkus mm	Kaal kg	
4,0	0,014	30	100	19	7	133	0,026	1
3,6	0,022	30	100	15	9	135	0,038	1
3,3	0,043	30	100	20	7	140	0,088	1
3,2	0,054	30	100	19	7	133	0,100	1
3,0	0,062	30	100	17	8	136	0,100	1
2,9	0,085	30	100	20	7	140	0,170	1
4,0	0,014	30	100	19	7	133	0,025	1
3,6	0,022	30	100	15	10	150	0,086	1
3,2	0,054	30	100	19	8	152	0,10	1
2,9	0,085	30	100	20	8	160	0,170	1
3,2	0,054	30/40	100/135	19/14	8/11	152/154	0,200	2
3,0	0,062	30/40	100/135	17/15	9/12	153/136	0,210	2
3,6	0,022	30	100	15	10	150	0,038	1
3,2	0,054	30	100	19	8	152	0,100	1
2,9	0,085	30	100	20	8	160	0,170	1
3,2	0,054	30/40	100/135	19/14	8/11	152/154	0,200	2
3,0	0,062	30/40	100/135	17/18	9/12	153/156	0,210	2
2,9	0,085	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2
3,3	0,043	30	100	20	8	160	0,086	1
3,0	0,062	30	100	17	10	170	0,105	1
3,0	0,062	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,210	2
2,9	0,085	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2
3,2	0,054	30/40	100/135	18/14	9/12	162/168	0,400	4
3,0	0,062	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,420	4
3,2	0,054	30	100	19	8	152	0,100	1
2,9	0,085	30	100	20	8	160	0,170	1
2,9	0,085	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2
3,2	0,054	30/40	100/135	18/14	10/13	180/182	0,400	4
3,0	0,062	30/40	100/135	17/13	11/14	187/182	0,420	4
3,0	0,062	30/40	100/135	13/13	11/14	187/182	0,630	6
2,9	0,085	30	100	20	8	160	0,070	1
2,9	0,085	30/40	100/135	20/15	8/11	160/165	0,340	2
3,2	0,054	30/40	100/135	18/14	9/12	162/168	0,400	4
3,0	0,062	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,420	4
3,0	0,062	30/40	100/135	17/13	10/13	170/169	0,420	4
3,0	0,062	30/40	100/135	17/13	12/15	204/145	0,630	6

Andmed tsingitud terastraadist reostaatide arvutamiseks

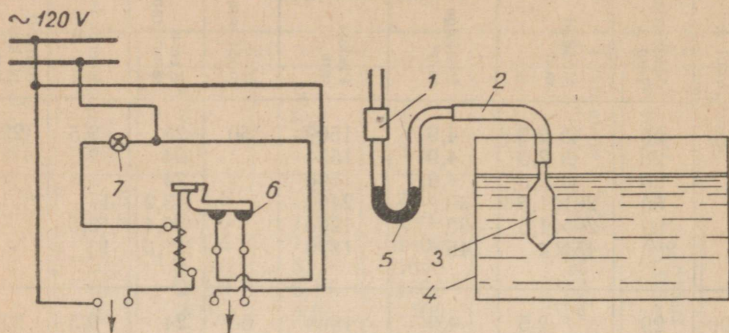
(arvutuslik pinge 1 V)

Reostaadi vool A	Sektsooni vool A	Traat või lint			Spiraali andmed			
		Mõõdud mm	Ristlõige mm ²	Pikkus mm	Läbi- mõõt mm	Keeru samm mm	Keerdude arv	Spiraali pikkus mm
50	2,5	Ø 1,5	1,77	2800	50	12,5	18	225
	2,5	Ø 1,5	1,77	2800		12,5	—	
	5	Ø 1,5	1,77	1400		25	9	
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	5,5	
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	5,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
75	5	Ø 1,5	1,77	1400	50	25	9	225
	5	Ø 1,5	1,77	1400		25	9	
	5	Ø 1,5	1,77	1400		25	9	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
100	5	Ø 1,5	1,77	1400	50	25	9	225
	5	Ø 1,5	1,77	1400		25	9	
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
150	10	Ø 2,0	3,14	1000	50	35	6,5	225
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
200	10	Ø 2,0	3,14	1000	50	35	6,5	225
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	10	Ø 2,0	3,14	1000		35	6,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×2,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
300	10	Ø 2,0	3,14	1000	50	35	6,5	225
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	

Reostaadi vool A	Sektisiooni vool A	Traat või lint			Spiraali andmed			
		Mõõdud mm	Ristlõige mm ²	Pikkus mm	Läbi- mõõt mm	Keeru samm mm	Keerdude arv mm	Spiraali pikkus mm
400	20	Ø 2,5	4,91	1500	50	24	9,5	225
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	20	Ø 2,5	4,91	1500		24	9,5	
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	13	
500	20	2,5	4,91	1500	50	24	9,5	225
	40	2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	40	2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	100	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
600	20	2,5	4,91	1500	50	24	9,5	225
	40	2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	40	2,5×2	4,91×2	1500×2		24	9,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,3	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
700	50	20×1,5	30	2400	50	13,2	17	225
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	13	
	200	45×1	45	1800		17,3	13	
800	50	20×1,5	30	2400	50	13,2	17	225
	50	20×1,5	30	2400		13,2	17	
	100	20×1,5	30	1200		26,4	8,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	
	200	45×1	45	1800		17,3	9,5	

Märkusi. 1. Traadi $\rho_{20} = 0,17$, $\rho_{200} = 0,325$; lindi $\rho_{20} = 0,13$, $\rho_{200} = 0,233$.
2. Lubatav soojenemine kuni 200°. 3. Kuni 2 V pingekao saamiseks tuleb traadi või lindi pikkust kahekordistada. Koos sellega kahekordistub ka keerdude arv.

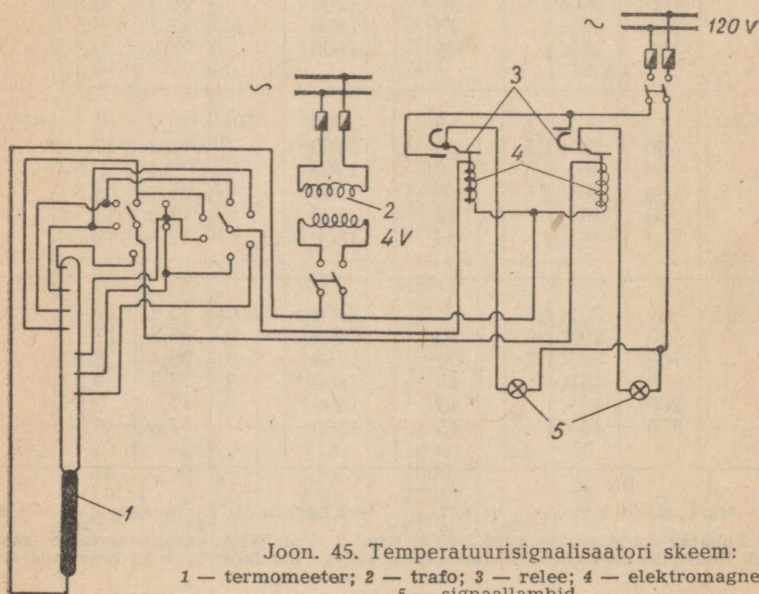
Elektrolüüdi temperatuuri automaatne reguleerimine [13]. Konstantse temperatuuri hoidmiseks kasutatakse termoregulaatoreid ja termosignaalsaatoreid.



Joon. 44. Termoregulaatori skeem:

- 1 — kontakttermomeeter; 2 — painduv kummivoolik; 3 — klaasballoon õhuga; 4 — vann; 5 — U-toru õhuga; 6 — elavhõbekontakt; 7 — signaallamp.

Termoregulaatorid. Vanni asetatakse hermeetiliselt kinnijoodetud balloon õhuga (joon. 44). Elektrolüüdi temperatuuri mõjul õhk balloonis paisub ja hakkab U-torust elavhõbedat välja suruma, ühendades sellega



Joon. 45. Temperatuurisignaalsaatori skeem:

- 1 — termomeeter; 2 — trafo; 3 — relee; 4 — elektromagnet; 5 — signaallambid.

releed lülitava kontakttermomeetri kontaktid, mille tulemusena releed rakendub ja suleb elektromagnetiga ahela. Elektromagnet pöörab elavhõbelüliti ja elavhõbe voolab selle teise otsa, lahutades soojendajate peeahela. Temperatuuri reguleerimine toimub termomeetri kontaktide sobiva asetamisega U-torus oleva elavhõbeda suhtes.

Temperatuurisignalisaator. [13] Temperatuurisignalisaator koosneb sissejoodetud kontaktidega elavhõbetermomeetrist (joon. 45).

Temperatuuri tõusmisel puutub elavhõbe kokku kontaktidega ja lülitab pingetmadaldavast trafost toidetava elektromagnetilise releed abil sisse valgus- või helisignaali.

Temperatuuri reguleeritakse ümberlülitite abil. Ümberlülitite arv peab vastama termomeetri kontaktide arvule.

Soojendajate sisse- ja väljalülitamine pärast signaali saamist toimub käsitsi.

MÕNINGAID ANDMEID GALVAANIKATSEHHIDE VENTILATSIOONI KOHTA

Galvaanikatsehhid kuuluvad eriti tervistkahjustavate tootmisharude hulka, mistõttu nendes on läbitõmbeventilatsiooni sisseeadmine kohustuslik.

Lihvimis- ja poleerimispinkidel töötamisel tekkiv tolm eemaldatakse spetsiaalsete, ketast ümbritsevate ventilatsioonikanalite abil.

Ketta ja katte vahelise pilu kaudu eemaldatava õhu hulk määratakse orienteeruvalt arvestusest 2 m³/h ketta maksimaalse läbimõõdu iga millimeetri kohta, mis vastab õhu kiirusele 15—16 m/sec.

Kroomimisel ja keemilisel rasvainetest puhastamisel eraldub rohkesti hapnikku anoodil ning gaasilist vesinikku katoodil, ja seda intensiivselt, mida suurem on kasutatav voolutihedus.

Vannist eralduvad gaasid haaravad enesega kaasa peenimaid elektrolyütdiipsakesi ja vanni kohale tekib kroomhappe või leeliste lahuste udu. Kroomhappe ja leelise lahused on väga kahjulikud ained, mis kahjustavad nahka, silmi, limanahka ja ülemisi hingamisteid. Juba 1 mg kroomhapet 10 m³ õhu kohta on kahjulik ja lubamatu.

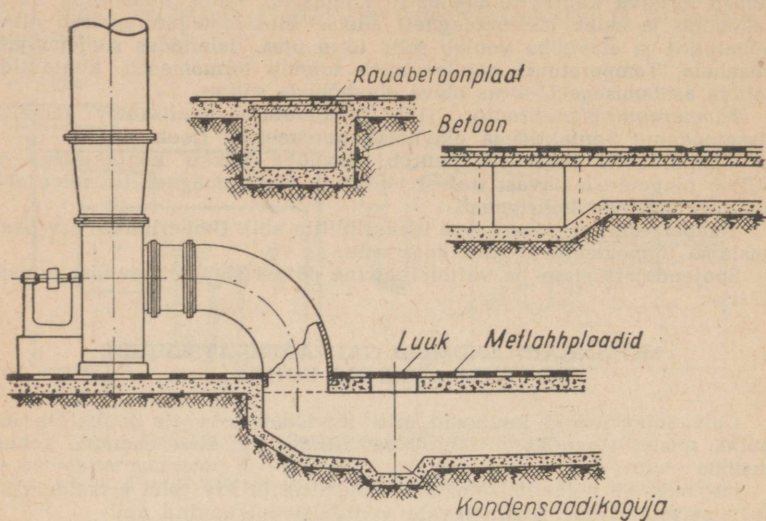
Kooskõlas tööstusliku hügieeni ja töökaitse kohustuslike reeglitega tuleb tekkiv udu ja kroomhappe ning leelise pritsmed vanni kohalt täielikult eemaldada.

Kuna tekkiv udu ning kroomhappe ja leelise pritsmed on õhust raskemad, tuleb nad ära imeda eraldumiskoha juurest vanni kohal asuva äratõmbetoru kaudu.

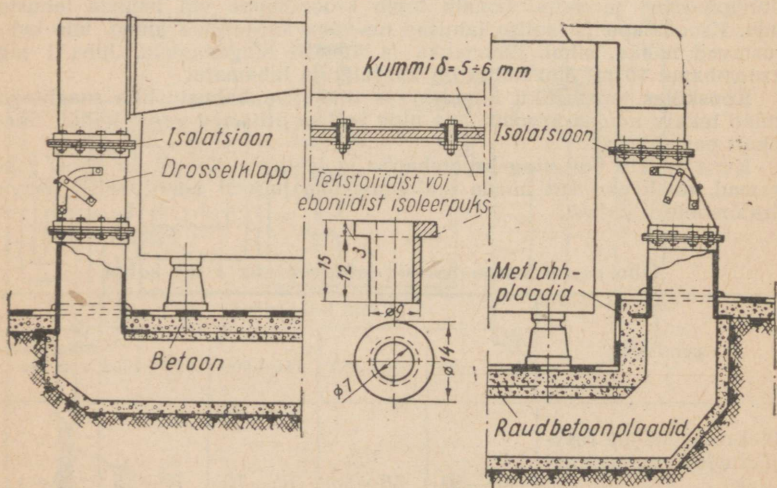
Tabel 113

Õhu eemaldamise normid lahuse pinna 1 m² kohta

Operatsioon	Vanni laius mm				Õhu kiirus külgpiludes m/sec
	kuni 500	500—750	750—900	900—1000	
Elektrokeemiline rasvainetest puhastamine	45—50	55—60	65—70	70—75	8—11
Kroomimine:					
lahtine vann	45—50	55—60	65—70	75—80	8—11
kinnine vann	30	35	40	45	—



Joon. 46. Tüüpiline ventilatsioonikanal.



Joon. 47. Vanni ühendamine väljatõmbesüsteemiga ja külgmiste äratõmbetorude isoleerimine.

Äratõmbetoru raam on ühe- või kahepoolse piluga. Vanni juurest eemaldatav õhuhulk arvutatakse lähtudes tabelis 113 toodud andmetest.

Vanni täitmisel tuleb tähele panna, et elektrolüüdi niivoo oleks ventilatsioonipiludest 150—200 mm madalamal, pilukanal aga vanni serva kõrgusel.

Et äratõmme töötaks efektiivselt, ei tohi lubada, et pilusse imetakse õhku kaugemalt kui 450 mm. Seepärast tehakse üle 450 mm laiustele vannidele kaks pilukanalit, teine teisele küljele. Et hoida töölisi avatud akende ja ventilaatorite poolt põhjustatava tõmbe- tuule eest, soovitatakse vannidele asetada kahe poolega kaaned.

Vertikaalse äratõmbe ehitamine tõmbekapi või -kummi näol, nagu seda kasutatakse mõnede teiste keemiliste protsesside korral, ei ole siinkohal soovitatav, sest raskekaurud võivad levida ka vanni kohal töötsoonis. Ei soovitata kasutada ka nn. kaitsevedelikku, mis koosneb elektrolüüdi peale valatud õlist või petrooleumist ja selletaolistest ainetest, mis ei lase lenduda udu- piisakestel.

Kaitsevedeliku peapuuduseks on tema valmistamise raskus ja ohtlikkus, toodete osaline määrdumine vanni asetamisel ja tulekahju ning plahvatuse oht lühisest põhjustatud sädeme korral. Peale selle hakkab kaitsevedeliku kiht tugeva gaaside eraldumise tagajärjel vahutama ja pihustuma, eraldades seejuures auru, mis tuleb eemaldada ventileerimisega.

Kahjulikke aineid on vannide juurest parem eemaldada maa-aluste, happekindla tsemendiga siledaksvooderdatud tellis- või betoonkanalite kaudu (joon. 46). Ventilaatori ühenduskohta tuleb ehitada kondensaadikogu ja puhastusluuk.

Õhutorude paigutamine vanni kohale segab detailide transportimist ja varjab valgust ning seepärast sellist paigutust ei soovitata.

Kõik kohalikud vannide äratõmbeseadmed peavad õhutorude ühenduskohtades olema isoleeritud, et oleks välditud vanni enese maandamine (joon. 47).

Ventilaatorite poolt äraimetatav õhk kompenseeritakse juurdevoolava värske õhu poolt, mis tuleb tsehhi sissetõmbeventilatsiooni süsteemist. Täiuslikumaks ja levinumaks õhu andmise mooduseks on tsentraliseeritud ventilatsioon.

Väljast kogutav värske õhk soojendatakse talvel kalorifeerides ja antakse ventilaatoritega galvaanilise katmise tsehhi töötsooni põrandast

Tabel 114
Lihvimis-poleerimispinkide õhukanalite läbimõõdud

Ketta läbimõõt mm	Õhukanali läbimõõt mm
300	100
300—600	125
600	150

Tabel 115
Lihvimis-poleerimisketaste juurest eemaldatava õhu hulk

Ketta läbimõõt mm	Ketta paksus mm	Ühe ketta juurest eemal- datava õhu hulk m ³ /h
150	25	350
175	40	450
250	50	550
450	75	800
550	100	950
650	125	1250

2—2,5 m kõrgusel. Suvel tuleb värske õhk tsehhi vaba kanali kaudu kalorifeeri läbimata, samuti hoone avatud akendest.

Lihvimis-poleerimis-pinkide juurest kahjulike aurude ja tolmu eemaldamise ventilatsiooni arvutamisel kasutatakse tabelite 114 ja 115 andmeid.

OHUTUSTEHNIKA GALVAANIKATSEHHIDES [21]

Rea protsesside erilise kahjulikkuse tõttu peavad galvaanikatsehhid olema varustatud võimsa läbitõmbeventilatsiooniga. Kui ventilatsiooni-seade on korrast ära, on tööde teostamine keelatud.

Seepärast tuleb vool ventilatsiooni katkemisel töö ajal viivitamatult välja lülitada, esmajoones kroomimisvannidel.

Uute vannide ühendamine olemasolevasse ventilatsioonisüsteemi on keelatud.

Kuna kõik vannides kasutatavad lahused on teatud määral kahjulikud, tsüaniidvannide lahused aga väga mürgised, tuleb tsehhis töötada kummikinnastes, põlles ja kummisaabastes. Tsehhist väljumisel tuleb eririietus ära võtta ja jätta selleks määratud kasti.

Kroomhappe anhüdriid, leelised ja kontsentreeritud happed mõjuvad nahale söövitavalt. Seepärast tuleb kroomhappe anhüdriidi sattumisel nahale ta sealt maha pesta lahusega, mis on valmistatud piiritusest, soolhapest ja veest — kõiki võrdsetes kogustes. Leelisepritsmete sattumisel nahale tuleb need sealt ruttu maha pesta veega ja nõrga äädik- või viinhappe lahusega. Eriti ettevaatlik tuleb olla kontsentreeritud väävel- ja lämmastikhappe käsitlemisel, sest need tekitavad raskeid nahapõletusi. Happega põletamise korral tuleb põletatud kohta kiiresti pesta rohke veega ja määrada nõrga soodalahusega.

Kroomhappe anhüdriidi ja leeliste nõude katkilöömisel ning kontsentreeritud hapete valamisel tuleb töötada kaitseprillides.

Kui tsehhis on värviliste metallide söövitamise vanne, on ventilatsiooni rikkisoleku korral võimalik mürgistumine lämmastikoksüüdidega. Sel juhul tuleb kannatanule viivitamatult anda hapnikku. Balloon hapnikuga peab alati asuma söövitusvannide läheduses.

Vannide juures töötajad peavad iga päev enne töö algust määrima ninaõõnt, käsi ja nägu määrdega, mis koosneb ühest osast lanoliinist ja ühest osast vaseliinist, ning pärast tööd hoolikalt pesema käsi sooja vee ja seebiga.

Vannide ruumis on kategooriliselt keelatud süüa, suitsetada, samuti juua selleks mitte ette nähtud nõudest (mensuuridest, kolbidest, katseklaasidest).

Väga suurt ettevaatust nõuab tsüaniidide ja nende lahuste käsitlemine: juba tühine hulk tsüaniidi võib makku sattudes põhjustada surma; tsüaniidilahuse sattumine haavatud või kriimustatud nahale võib põhjustada tõsiseid haigestumisi. Tsüaanisoolade hoidmisel tuleb täita rida ettevaatusabinõusid: mitte mingil juhul ei tohi happeid hoida tsüaniididega ühes ruumis. Viimased peavad asuma eraldi, suletud ja plommitud raudkapis, mis asub tsehhist eraldatud ruumis. Tsüaniidide lahuseid tuleb tingimata valmistada tõmbekapis või tõmbega vannides, mille ventilatsioon on sisse lülitatud. Tsüaniidide nõude avamine tsehhi ruumis on kategooriliselt keelatud. Tsüaniidide nõud peavad olema hermeetiliselt suletud ja omama etiketti pealkirjaga „Mürk“ („Яд“). Tsüaniidide hoidmise ja arvestuse eest vastutab ettevõtte juhataja.

Taara avamine ja lahtipakkimine, samuti vannide täitmine tsüaniididega peab toimuma respiraatoris. Seejuures tuleb igati vältida soola

tolmustumist. Tsüaniidilahuse pritsmete sattumisel põrandale tuleb see koht neutraliseerida 10-protsendilise rauaviitrioli lahusega ja pärast seda hoolikalt veega pesta.

Kategooriliselt on keelatud toodete vahetu ümberasetamine tsüaniidivannist happelistesse ja tagasi, ilma ettevalmistava pesemiseta veega. Seepärast tuleb nimetatud vannide vahele üles seada pesemis- ja neutraliseerimisvannid.

Tsehhis peab olema apteek kõigi vajalike vastumürkidega, mille juures peavad olema välja pandud nende kasutamise eeskirjad.

Galvaanikatsehhide töölisel peavad kord kuus läbima meditsiinilise kontrolli.

Kategooriliselt on keelatud vannide juurde töökohale lasta isikuid, kes ei ole tööga otseselt seotud.

MATERJALIDE JA ANOODIDE KULU [19]

Materjalide kulu galvaanilisel katmisel lahustuvate anoodidega määratakse lähtudes tabelis 116 toodud lahuste kadude summaarsetest näitajatest.

Need kaod koosnevad järgmistest elementidest: kaod, mis on tingitud lahuse kaasaviimisest detailide pinnaga ja lahuse kandumisest ventilatsioonikanalitesse ning torustikku, kaod lahuste koostamisel ja korrigeerimisel, kaod lahuste vahetamisel uutega, filtratsioonikaod.

Kuna detailide pinnaga kaasaviidav lahuse hulk sõltub detailide kujust, siis on kaonormid (tabel 116) antud eraldi siledatele detailidele (rühm a), keskmiselt keerulise kujuga detailidele (rühm b) ja keerulise kujuga detailidele (rühm c).

Materjalide kulu grammides kaetava pinna ühe ruutmeetri kohta määratakse lahuse kaonäitajate korrutamise tehnoloogilise protsessi retseptuuris antud komponentide sisaldusega g/l.

Näiteks nikeldamisprotsessis kasutatava nikkelelektrolüüdi koostis on järgmine:

nikkelsulfaat	140 g/l
naatriumsulfaat	50 "
magneesiumsulfaat	30 "
boorhape	20 "
naatriumkloriid	5 "

Nikeldamisprotsess toimub ilma kogujata vannis (rühm c) elektrolüüdi soojendamise, järelikult tabeli 116 järgi on lahuse kadu $195 \text{ cm}^3/\text{m}^2$.

Retseptuuris näidatud materjalide kulu arvutamiseks tuleb lahuse kulunäitaja korrutada iga komponendi sisaldusega, s. o.

nikkelsulfaat	$195 \times 140 = 27,3 \text{ g}$
naatriumsulfaat	$195 \times 50 = 9,7 \text{ "}$
magneesiumsulfaat	$195 \times 30 = 5,8 \text{ "}$
naatriumkloriid	$195 \times 5 = 1,0 \text{ "}$

Järelikult on antud juhul soolade kulu elektrolüüti asetatava pinna ühe m^2 kohta: nikkelsulfaati 27,3 g, naatriumsulfaati 9,7g, magneesiumsulfaati 5,8 g, naatriumkloriidi 1 g.

Tsüaniidelektrolüütides esinevad ülaltoodud kaoliikide kõrval ka tsüaniidide kaod nende lagunemise tõttu õhu süsihappegaasi toimel, hapendumise tagajärjel anoodil jne.

Lahuste kaod galvaanilistel protsessidel

Protsessi nimetus	Lahuse kaod cm ³ -tes pinna 1 m ² kohta					
	kogujata			kogujaga		
	a	b	c	a	b	c
I. Katmine riputusrakistel happelistes elektrolüütides						
Tsinkimine, kadmeerimine, nikeldamine, tinutamine ja pliiga katmine	115—120	145—150	190—195	73—78	77—82	85—90
Kroomimine:						
dekoratiivne	—	—	—	113	117	125
kulumiskindel	—	—	—	298	302	310
II. Katmine riputusrakistel leeliselistes (tsüaniidsetes ja tsüaniidivabades) elektrolüütides						
Tsinkimine, kadmeerimine, vasetamine, tinutamine, valgevasega katmine, pronksiga katmine	125—135	155—165	200—210	83—93	87—97	95—105
Hõbetamine ja kuldamine	—	—	—	26,5—41,5	27—42	27—42
III. Katmine kuplites, koppades ja trumlites						
Happelistes elektrolüüdid	215—220	275—280	365—370	84—94	97—102	113—118
Leeliselistes elektrolüüdid	225—235	285—295	375—385	99—109	107—117	123—133

Märkus. Näitaja väiksem väärtus vastab juhule, kui elektrolüüti ei soojendata või ei segata, suurem — kadudele elektrolüüdi soojendamise või segamise korral.

Tsüaniidide kaod lagunemise tagajärjel 1 Ah kohta on ligikaudu järgmised: vannides, kus elektrolüüdi temperatuur on 18—20° — 0,5—0,7 g; vannides, kus elektrolüüdi temperatuur on 25—45° — 0,7—0,8 g; vannides, kus elektrolüüdi temperatuur on üle 45°, samuti kuplites ja trumlitites — 0,8—0,9 g.

Lahustumatute anoodidega töötavatel kroomimisvannidel tuleb peale elektrolüüdikadude (tabel 116) arvestada ka kroomhappe anhüdriidi kulu metalse kroomi eraldamiseks katoodil.

Kroomhappe anhüdriidi kulu sõltub kroomikihi paksusest ja on 13,3 g 1 m² suuruse pinna ja 1μ paksuse kihi kohta.

Materjalide kulu keemilisel, elektrokeemilisel ja mehaanilisel ettevalmistamisel ning pinna viimistlemisel on toodud tabelites 117 ja 118 [18].

Lahustuvate anoodide kulu näidishormid on toodud tabelis 119. Nendes on arvesse võetud metalli kaod, mis tekivad anoodide valamisel ja aukude puurimisel, ümbervalamisel („põlemisel“) jms. Need kaod on kõigi metallide puhul (välja arvatud hõbe ja kuld) võetud võrdseks 8% katmiseks kuluva metalli hulgast.

Lahuste ja materjalide kulu (näitlik) pinna keemilisel ja elektrokeemilisel ettevalmistamisel ja viimistlemisel

Tabel 117

Operatsiooni nimetus	Kulu ühe ruutmeetri kohta	
	lahuseid l/m ²	materjale g/m ²
Keemiline rasvainete puhastamine leelistes	0,55—0,7	—
Elektrokeemiline rasvainetest puhastamine	0,4—0,5	—
Musta valtsmetalli keemiline söövitamine	0,65—0,8	—
Musta valumetalli keemiline söövitamine	0,55—0,7	—
Stantsitud musta metalli keemiline söövitamine pärast termilist töötlemist	1,0—1,2	—
Musta metalli elektrokeemiline söövitamine	50% keemilise söövitamise normist	—
Vase ja tema sulamate ettevalmistav söövitamine	0,5—1,5	—
Vase ja tema sulamate läiksöövitamine	0,5—1,5	—
Alumiiniumtoodete söövitamine	0,5—0,8	—
Mustade metallide dekapeerimine	0,2	—
Vase ja ta sulamate dekapeerimine	0,3	—
Neutraliseerimine	0,25	—
Helestamine ja katte mahavõtmine	0,25	—
Puhastamine viini lubjaga	—	100—200
Pesemine petrooleumis	—	50—100
Pesemine bensiinis	—	30—50

Märkus. Materjalide kulu g/m² määratakse järgmiselt: tabelis näidatud lahuse kulu suurus korrutatakse kasutatava elektrolüüdi või lahuse kõigi komponentide retseptis näidatud kontsentratsiooniga g/l.

Abimaterjalide kulu (näitlik) lihvimisel, poleerimisel ja harjamisel

Materjali nimetus	Mootühik	Kulu 1 m ² kohta detailide katmisel metallidega					
		terasdetailid		valgevask-detailid		tsingisulamitest detailid	
		Vasetamine, nikeldamine, kroovimine	Vasetamine, nikeldamine	Nikeldamine, kroovimine	Nikeldamine	Vasetamine, nikeldamine, kroovimine	Vasetamine, nikeldamine
Smirglid:							
nr. 80—100	g	72	72	—	—	—	—
nr. 120—140	„	70	70	—	—	—	—
nr. 180	„	108	108	108	108	108	108
nr. 200	„	54	54	90	90	90	90
nr. 220	„	36	36	—	—	150	150
nr. 240	„	40	40	40	40	40	40
Tisleriliim	„	100	100	92	92	92	92
Viltkettad							
(d=400 mm)	tk.	0,01	0,01	—	—	—	—
Poleerimis pasta	g	760	640	1000	900	1000	900
Ketasharjad:							
rohiharjad	tk.	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
jõhvharjad	„	0,04	0,04	—	—	0,1	0,1
Bjass (kui ketta d=350 mm)	m	1,26	1,26	8,4	8,4	8,4	8,4
Mitkaal (kui ketta d=300 mm)	„	0,6	0,6	—	—	—	—
Harjad:							
teras-käsiharjad	tk.	0,01	0,01	—	—	0,01	0,01
rohiharjad	„	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
jõhvharjad	„	0,2	0,2	—	—	—	—
teras-ketasharjad (traat d=0,05—0,1 mm)	„	0,025	0,02	—	—	—	—
sama (traat d=0,15—0,25 mm)	„	0,012	0,012	—	—	—	—

Tabel 119

Lahustuvate anoodide kulu detailide pinna 1 m² galvaaniliseks katmiseks 1 μ paksuse kihiga

Metalli nimetus	Kulu g/m ²	Metalli nimetus	Kulu g/m ²
Tsink	7,7	Plii (pliiga katmiseks)	17,3
Vask	9,7	Valgevask ¹	8,8
Nikkel	9,5	Hõbe	10,5
Kadmium	9,4	Kuld	19,5
Tina	7,9	Raud (vähesese süsinikusisaldusega)	8,5

Lahustumatuid anoode vahetatakse kaks korda aastas.

¹ Tsinki 40%, vaske 60%.

KIRJANDUS

1. *Лайнер В. И. и Кудрявцев Н. Т.*, Основы гальваностегии, т. I, Металлургиздат, М, 1953.
2. *Томашов Н. Д.*, Теория коррозии металлов, Metallurgizdat, M, 1952.
3. *Ямпольский А. М.*, Гальванотехника, Машгиз, М—Л, 1952.
4. Большая Советская энциклопедия, тт. 9, 10, М, 1951.
5. *Богорад Л. Я., Грилихес С. Я., Арсон Р. С.*, Электрохимическое полирование стали, Лениздат, 1951.
6. *Вайнер Я. В. и др.*, Справочник по защитно-декоративным покрытиям, Машгиз, М—Л, 1951.
7. *Гончаренко К. С. и Козлов Н. А.*, Справочник гальванотехника, Росгизместпром РСФСР, М, 1948.
8. *Лаворко П. К. и Левитский Г. С.*, Гальванические покрытия деталей машин и приборов, Машгиз, К, 1949.
9. *Неменов А. М.*, Гальванотехника, Metallurgizdat, M, 1940.
10. *Кудрявцев Н. Т. и Федуркин В. В.*, Блестящее никелирование, Росгизместпром РСФСР, М, 1951.
11. *Лаворко П. К.*, Памятка мастера цеха гальванических покрытий, Машгиз, К, 1953.
12. *Гончаренко К. С.*, Пористое хромирование деталей машин, Машгиз, К, 1950.
13. *Короленко Н. К.*, Источники тока и регулирование тока в гальванических цехах, Госэнергоиздат, М—Л, 1951.
14. *Бондаренко М. И.*, Гальванические покрытия металлоизделий в колокольных и барабанных ваннах, Гостехиздат УССР, К, 1952.
15. *Тавровская Р.*, Процесс хромирования в железных ваннах, «Автомобиль» № 11, 1950.
16. *Лаворко П. К., Гончаренко К. С.*, Гальванотехника, Гостехиздат УССР, 1941.
17. *Лайнер В. И.*, Гальванотехника, Машгиз, М, 1950.
18. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. 14, Машгиз, М, 1946.
19. *Ямпольский А. М.*, Современная технология никелирования, Лениздат, Л, 1950.
20. *Орлова С. И., Абрамсон Д. С.*, Контроль электролитов и качества гальванопокрытий, Машгиз, М, 1950.
21. *Тупицын Г. И., Шейко Т. С.*, Техника безопасности и промышленная санитария в гальванических цехах, Оборонгиз, 1950.
22. *Балезин С. А., Баранник В. П., Путилова И. Н.*, Применение ингибиторов кислотной коррозии, Госхимиздат, 1948.

23. *Гарбер М. И.*, Декоративное шлифование и поливание, Машгиз, 1948.
 24. *Челищев Б. А., Бурштейн Д. Е.*, Автоматизация шлифования и полирования автомобильных деталей, «Автомобильная и тракторная промышленность» № 10, 1951.
 25. *Радионов Е. П., Глухов Н. А.*, Чистота поверхности и приборы для ее оценки, Трудрезервиздат, М, 1953.
 26. *Кочетов К. П.*, Жидкостно-абразивная обработка металлов, «Станки и инструмент» № 10, 1953.
 27. *Бахвалов Г. Т., Биркган Л. Н., Лабутин В. П.*, Справочник гальваностега, Металлургиздат, М. 1948.
 28. *Ямпольский А. М.*, Контроль качества в цехах защитных покрытий, Машгиз, М—Л, 1952.
 29. Покрытия никелевые и многослойные на стальных изделиях, ГОСТ 3002-45.
 30. Покрытия цинковые на стальных изделиях, ГОСТ 2249-43.
 31. Покрытия металлические защитные и декоративные в судостроении, ГОСТ 4490-48.
 32. Методы химического контроля толщины медных, никелевых и многослойных покрытий, ГОСТ 3003-50.
 33. Методы химического контроля толщин цинковых покрытий, ГОСТ 2390-44.
 34. Методы контроля пористости цинковых покрытий, ГОСТ 3265-46.
 35. Методы контроля пористости оловянных покрытий, ГОСТ 3264-46.
 36. Методы контроля пористости многослойных покрытий, ГОСТ, 3247-46.
 37. Покрытия оловянные, Методы химического контроля толщины, ГОСТ 3263-46.
-

SISUKORD

Sissejuhatus	5
Esimene peatükk. Üldosa	7
Lahused ja nende kontsentratsioon	10
Erikaal	10
Põhimõisteid keemilistest, elektrilistest ja elektrokeemilistest suurustest	23
Galvanosteevias rakendatavad tüüpilised arvutused	31
Põhimõisteid metallide korrosioonist ja korrosiooniliikide klassifikatsioon	45
Teine peatükk. Metallide kaitsekatete liigid ja nende iseloomustus	49
Lakk- ja värvkatted	49
Oksüüd- ja fosfaatkatted	49
Galvaanilised katted	50
Katmine sulametallisse kastmise teel	50
Difusioonkatted	50
Metalliseerimine pihustamise teel	50
Galvaaniliste katete kaitseomadused	51
Galvaaniliste katete liigi ja paksuse valik	51
Nikkel- ja mitmekihilised katted terastoodetel	51
Tsinkkatted terastoodetel	53
Metalsed kaitse- ja dekoratiivkatted laevaehituses	54
Mitmekihilised katted	59
Galvaanilise katmise tehnoloogiliste protsesside skeemid	59
Kolmas peatükk. Metallide pinna ettevalmistamine kaitse-dekoratiivkatmiseks	71
Galvaaniliste katete pinna kvaliteet	71
Mehaaniline ettevalmistus	73
Lihvimine	73
Abrasiivmaterjalid ja pastad	76
Lihvimisketaste ettevalmistamine	77
Poleerimine	78
Harjamine	81
Töötlemine trumlites	82
Kuulidega poleerimine	83
Lihvimise ja poleerimise automatiseerimine	84
Lihvimisel kasutatavad rakised	85
Puhastamine liivajoa abil	89

Detailide ja toodete galvaaniliseks katmiseks ettevalmistamise keemilised ja elektrokeemilised moodused	93
Keemiline rasvainetest puhastamine	93
Elektrokeemiline rasvainetest puhastamine	94
Dekapeerimine	95
Söövitamine	95
Metallide elektrokeemiline poleerimine	101
Elektrolüüdi valmistamine	101
Neljas peatükk. Galvaanilised katted	103
Vasetamine	103
Tsüaniidelektrolüüdid	103
Happelised ja tsüaniidivabad elektrolüüdid	105
Nikeldamine	110
Elektrolüüdi valmistamine	116
Kroomimine	116
Elektrolüüdi valmistamine	118
Elektrolüüdi korrigeerimine	118
Tsinkimine	127
Tsüaniidelektrolüüdid	127
Tsinkaatelektrolüüdid	127
Happelised elektrolüüdid	128
Tsinkkatete keemiline töötlemine	129
Kadmeerimine	135
Elektrolüüdi valmistamine	135
Tinutamine	136
Hõbetamine	139
Amalgaamimine	144
Katete kvaliteedi kontroll	147
Vask-, nikkel- ja mitmekihiliste katete paksuse keemilise kontrolli meetodid	147
Tsinkkatete paksuse keemilise kontrolli meetodid	152
Tinakatete paksuse keemilise kontrolli meetodid	153
Galvaaniliste katete poorsuse määramise meetodid	153
Viies peatükk. Keemilise ettevalmistamise ja galvaanilise katmise seadmed	155
Statsionaarsed vannid	155
Kuppel-, kopp- ja trummelvannid	173
Elektrolüüdi segamine ja filtreerimine	176
Rakised detailide ülesriputamiseks	180
Elektriseadmed	183
Madalpingelised mootor-generaatorid	183
Galvaanikatsehhide elektriliste ühenduste skeemid	185
Mõõte- ja reguleerimisaparatuur	186
Mõõteriistad voolutiheduse mõõtmiseks	189
Reostaadid	192
Vannide soojendamine	193
Elektrolüüdi temperatuuri automaatne reguleerimine	198
Mõningaid andmeid galvaanikatsehhide ventilatsiooni kohta	199
Ohutustehnika galvaanikatsehvides	202
Materjalide ja anoodide kulu	203
Kirjandus	207

K. C. Гончаренко

СПРАВОЧНИК ГАЛЬВАНОТЕХНИКА

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство
Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja L. Abo

Tehniline toimetaja K. Einberg

Korrektorid H. Abo ja H. Kull

Ladumisele antud 28. XI 1956. Trükkimisele antud 22. XI 1957. Paber 54×84, 1/16. Trükipoognaid 13,25. Formaadile 60×92 kohaldatud trükipoognaid 10,87. Arvutuspoognaid 13,65. Trükiarv 3000. Tell. nr. 2106. Trükikoda «Punane Täht», Tallinn. Pikk tn. 54/58.

Hind rbl. 5.80

3—7

Rbl. 5.80

A-21837

11

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00388800 7