

**TÜRKMENISTANYŇ BILIN MINISTRLOGI
TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

M.Hajyýew

Elektrotehnologiki gurnamalar

Hünari: “Elektrik üpjünçiligi”
“Senagat desgalarynyň we tehnologiki
toplymlaryň elektrohereketlendirilişi hem-de
awtomatlaşdyrylyşy”

Aşgabat 2010

SÖZBAŞY

Garaşsyz baky Bitarap Türkmenistan döwletimizde geljegimiz bolan ýaşlaryň dünýäniň in ösen talaplaryň laýyk gelýän derejede bilim almagy üçin ähli işler edilýär.

Hormatly Prezidentimiz döwlet başyna geçen ilkinji gününden bilime, ylma giň ýol açdy, Türkmenistan ýurdumyzda milli bilim ulgamyny kämilleşdirmek boýunça düýpli özgertmeler geçirmäge girişdi.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň “Türkmenistanda bilim ulgamyny kämilleşdirmek hakynda” 2007-nji ýylyň 15-nji fewralyndaky Permany bilim ulgamyndaky düýpli özgertmeleriň başyny başlady.

Häzirki zaman milli bilim ulgamyndaky döwrebap özgertmeler ýaş nesliň ýokary derejede bilim almagyna we terbiýelenmegine, giň dünýägaraýyşly, edep- terbiýeli, tämiz ahlakly, kämil hünärmenler bolup ýetişmeklerine uly ýardam edýär.

Hormatly Prezidentimiz ýygnaqlarda, uly Döwlet maslahatlarynda milli maksatnamada göz önünde tutulan meseleleriň çözülişleri, durmuşa geçirilişini esasy üns merkezinde saklaýar. Milli maksatnamada ilaty elektrik energiýasy bilen üpjün etmegi gowulandyrmak barada öňde goýulan wezipeleri üstünlikli durmuşa geçirmek üçin, energetika ulgamlarynda işlejek ýokary bilimli hünärmenleri dünýä derejesinde taýýarlamak esasy mesele bolup durýar. “Senagat desgalarynyň we tehnologiýa toplumlaryň elektrohereketlendirilişi hem-de awtomatlaşdyrylyşy hünäri üçin” hünäri boýunça bilim alýan talyp ýaşlaryň Türkmenistanyň syýasy – ykdysady ösüşlerini göz önünde tutup, Watanmyzyň gülläp ösmegi, halkymyzyň hal – ýagdaýynyň gowulanmagy üçin ýokary derejeli hünärmenleri taýýarlamagyň esasy bolup durýanlygy aýdyňdyr.

Häzirki döwürde ekologiki taýdan arassa, ykdysady taýdan arzan, konstruksiýasy-gurluş boýunça ýönekeý energetiki enjamlary – gurnamalary gurnamaklygyň, peýdalanmaklygyň, önümçilige ornaşdyrmaklygyň tärleri (ýollary) öwredilýär.

“Elektrotehnologiki gurnamalar” dersinde elektrotehnologiki gurnamalaryň taryhy, görnüşleri we şeýle hem metallary işläp bejermegiň usullary öwredilýär. Ýangy: 1) elektrik energiýasyny ýylylyk energiýasynda öwürmek; metallary gyzdymak we eretmek; olaryň düzümini we daşky görnüşini üýtgetmek;

2) elektrik kebşirleýji gurnamalar we olaryň kömegi bilen metallary birleşdirmek (seplemek, kebşirlemek, kesmek we ş.m.ş işler); 3) elektrohimiýa usul bilen metallary işläp bejermek, metallary çäýmek, arassalamak, ýylnamak (tekizlemek), we ş.m. işler ýerine ýetirilýär; 4) elektrofiziki usullaryň esaslaryna seredilip geçilýär (elektroerozion, ultrasesler, magnit-impuls, elektropartlaýyş usullary); 5) aerosol tehnologiýasy, ýagny bölejikleri elektrik energiýasy bilen zarýadlandyryp gerek tarapyna ugrukdyryp bolýar.

Dersde öwrenilýän meseleler beýleki geçilýän dersler bilen arabagşykda öwrenilýär. Şeýle hem beýleki derslerde seredilýän meseleleri çözmekde peýdalanylyp biliner.

Kitabyň mazmuny “Elektrik üpjünçiligi” we “Senagat desgalarynyň we tehnologiýa toplumlarynyň elektrikhereketlendirijisi hem-de awtomatlandyrylyşy” hünärlerinde geçilýän “Elektrotehnologiki gurnamalar” dersiniň okuw maksatnamasynyň talabyna laýyklykda ýazyldy. Kitapda elektrotehnologiki gurnamalaryň işleýişleriniň fiziki esaslaryna, gurluşlarynyň dürlüligine, esasy ululyklaryna we öndüriljekli ulanmaklyga seredilýär. Kitap şu ders boýunça türkmen dilinde ilkinji ýazylan gollanmadyr.

Elektrotehnologiki işler we gurnamalar önümçilikde giňden peýdalanylýar. Olaryň gurluşy, elektrik energiýasyny energiýanyň başga (ýylylyk) görnüşlerine öwürüşleriniň

aýratynlyklary, kuwwatlyklary, häsiýetnamalaryna giňişleýin seredilýär. Şeýle-de elektrotehnologiki gurnamalaryň esasy görnüşlerine: elektrik peçleri we gyzdyryjy gurnamalar; elektriki kebşirleyji enjamlar, metallary elektrofiziki we elektrohimiki usulda işläp bejerýän gurnamalar girizildi.

“Elektrotehnologiki” düşünjesine metallary işläp bejermegiň usullary we tehnologiki prosesleriň bir näçesi girizilen, ýagny: elektrotermiki hadysalar, magdanlary gyzdyrmak, eretmek, hilini üýtgetmek, başga görnüşe getirmek, bugartmak üçin elektrik energiýasyny ýylylyk energiýasyna öwürmegiň görnüşleri; metallary kesmek, seplemek, kebşirlemek, gyzgyn ýagdaýda işläp bejermek; elektrohimiki we elektrofiziki usullar bilen metallary işläp bejermek .

“Elektrotehnologiki gurnamalar” dersi özüne : elektrotehnologiki enjamlary, apparatlary, kömekçi gurnamalary, iýmitlendiriji çeşmeleri, goraýjy, dolandyryjy enjamlary we başgalar girizildi.

GIRIŞ

Elektrotehnologiki gurnamalaryň halk hojalygyny ösdürmekde uly orun tutýanlygyny durmuş ykrar edýär. Bu ders halk hojalygynda ulanylýan kebşirleýji abzallaryň; garşylyk esasynda işleýän peçleriň; elektrik duga peçleriniň; induksion we dielektriki gyzdryjy gurnamalaryň; elektrohimiýa işläp bejerýän gurnamalaryň işleýiş düzgünini we gurlyşyny, ulanylýan ýerlerini öwredýär.

1. EREDIJI WE GYZDORYJY ELEKTRIK GURNAMALARY

1.1. Senagat elektrotehnologiki gurnamalary (desgalary) barada umumy düşünje Elektrotehnologiki desgalaryň toparlara bölünişi

Elektrik togynyň kömegi bilen jisimleri (maddalary) gyzdyrmak, eretmek, täzeden işläp bejermek durmuşda, önümçilikde giňden ýaýrandyr. Häzirki wagtda elektrik togy bilen işläp bejermekligi önümçilikden, dürmüşdan aýra göz önüne getirmek mümkin däl. Häzirki wagtda ýokary hilli polatlary, metallary, ýokary temperatura çydamly materiallary, ýarym geçirijileriň dürli görnüşlerini, himiki taýdan çylşyrymly materiallary we ş.m. almakda elektrotehnologiki enjamlar giňden peýdalanýarlar. Elektrik energiýasy bilen gyrdyrmak, işläp bejermek, kebşirlemek, seplemek, kesmek we ş.m. öz başlangyjyny elektrik dugasy açylan wagtdan alýar.

Elektrik dugasy 1803-nji ýylda rus inženeri Petrow taparyndan açylyp, ol elektrik dugasy bilen metallary gyzdryp, eredip, kesip, birleşdirip, dürli görnüşe getirip we ş.m. bolýanlygyny aýdýar. Emma ol wagtlar elektrik energiýasynyň öndürilişi az bolanlygy sebäpli elektrik dugasy peýdalanylmandyr we odun ýakyp işläp bejermek bilen çäklenilipdir. Şonky döwürde bütin dünýä boýunça elektrik

peçlerinden peýdalanylyp başlanypdyr. Elektrik peçleriniň odun ýakylýan peçlerden artykmaçlygy :

1. uly kuwwatlylygy kiçi göwründe ýerleşdirmek we ýokary temperatura almak mümkinçiligi ;
2. deňölçeçliligiň ýokary derejesinde temperaturany sazlamak bolýar ;
3. pejiň işçi göwrümini daşky sredadan gorap saklamak, eger gerek bolsa wakuum we goraýjy gazdan doldurmak bolýar ;
4. peçleri we gurnamalary mehanizasiýalaşdyrmak we awtomatlaşdyrmak aňsat, bu bolsa olary üznüksiz işletmäge mümkinçilik berýar ;
5. zähmet (iş) şertini gowylandyrmak we gurnamalary amatly (owadan, gelşikli, tygşytly) ýasamaklyga mümkinçilik berýär.

Elektrotehnologiki enjamlary oýläp tapmakda, ýasamakda, işe ornaşdyrmakda nazary we praktiki işlerde uly zähmet, hyzmat goýan alym-inženerlerden. Maksimenkony M.S., Okarakowy M.W., Wologdini W.W., Babaty G.J., Swençanskini, Potony we başgalary görkezmek bolar. Uly şäherlerde dünýa belli kuwwatly (birnäçe million kWt etýän) elektrik gurnamalaryny ýasaýan zawodlar bar. Biziň Türkmenistan döwletinizde garaşlygymyzy alanymyzdan soňra dürli işleri ýerine ýetirýän elektrik gurnamalaryny öndürýän zawodlar peýda bolup, olar uly (giň) ösüş ýolyna düşdiler.

Elektrik peçleri we gyzdyryjy gurnamalar özleriniň konstruksiýasy we işleýşi düzgüni boýunça dürli-dürli bolup, bellibir ulylyklary boýunça toparlara bölmek bolmaýar. Olary diňe elektrik energiýasyny ýylylyk energiýasyna öwürüş usuly bilen (boýunça) toparlara bolýärler :

- 1) peçler we gurnamalar-garşylyk usuly bilen (gönümel we gapdallaýyn);
- 2) elektrik duga peçleri (gönümel we gapdallaýyn) ;
- 3) indikision gyzdryş boýunça işleýän peçler we gurnamalar ;

- 4) dielektrik gyzdyrma esasynda işleýän peçler we gurnamalar ;
- 5) “elektron-ion” gurnamalary, enjamlary.

1.2. Elektrotehnologiki gurnamalary ýasamakda ulanylýan materiallar: gyzgyna çydamly, ýylylyk izolýasiýasy, gyzdyryjy elementler

Elektrotehnologiki enjamlary ýasamakda köp dürli materiallar ulanylýarlar, olardan :

- 1) oda çydamly materiallar – esasan iş gazanynyň içki diwaryny ýasamakda ulanylýar, bular ýokary temperaturada eremeli däl, daşky we içki görnüşini saklamalydyr, mehaniki taýdan ýokary temperaturada berk bolmalydyr, temperaturanyň çalt (tiz) üýtgeýän pursaty jaýryk açmaly däl, himiki taýdan-ýagny ýokary temperaturada başga maddalar bilen himiki reaksiýa girişmeli däl, elektrik geçirijiligi az bolup, ýylylyk geçirijiligi ýokary bolmalydyr, durmuşda(önümçilikde) köp ulanylýanlary: dinas, magnezit, hromomagnezit, dolomit, şamot we ş.m.
- 2) ýylylyk izolýasiýasy üçin ulanylýan materiallar enjamyň daşyny, iş gazanynyň daşky diwarynyň daşyny ýapmakda, umuman ýylylyk energiýasyny tygşytlamak, ýitgisini azaltmak gerek bolan ýerinde ulanylýar, olaryň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti az bolup gyzgynlyga, ýokary temperatura çydamly bolmalydyrlar, önümçilikde köp ulanylýanlary : diatomit, dolomit, azbest we garyndysy, şlak we mineral pagtalar, penosteklo we ş.m.
- 3) yssa (jowza) çydamly materiallar – bular kömekçi enjamlary ýasamakda ulanylýar, ýokary temperatura çydamly bolmaly, eremeli däl, poslamaly däl, jaýryk açmaly däl, himiki reaksiýa girmeli däl, esasan alýuminli-hrom, nikelli-hrom, has ýokary temperatura üçin molibden, wolfram, niobiý, keramika we ş.m.

- 4) gyzdryjy element üçin ulanylýan materiallar ýeterlik derejede gyzgyna durnukly we çydamly bolup, uly elektriki udel garşylygy bolmaly ; ol hemişelik bolmaly we örän kiçi temperatura koeffisiýenti bolmaly; uzynlygyna we göwrümine giňelmek temperatura koeffisiýenti örän kiçi bolmaly; önümçilikde giňden ulanylýanlary; nihrom, alýuminli-hrom, nikelli-hrom, korborund, molibden, tantal, wolfram, niobiý, fahral, grafit, kömür.

Gyzdryjy elementleriň geometriki ölçeglerini anyklamak, hasaplamak üçin olaryň üstki meýdanyny we berlen kuwwatyny (p), mümkin bolan temperaturasyny (tm) göz öňünde tutup şeýleräk hasaplap bolar;

$$P = \frac{F t_m}{r_t}; F = \frac{p r_t}{t_m};$$

r_t-kabul edilen birlik garşylygy

$$P = I^2 R = I^2 \rho \frac{L}{S};$$

I-gyzdryjynyň üstünden geçýän tokuň ululygy;

R-aktiw garşylygy;

ρ-udel garşylygy;

L-uzynlygy;

S-kese-kesiginiň meýdany;

P-ululygyň bahasyny ýerine goýup ýazarys.

$$F = I^2 \rho \frac{L}{S} \cdot \frac{r_t}{Tm};$$

F-ululygy perimetriniň (Π) üsti bilen aňladyp; F= ΠL;

$$\Pi L = I^2 \rho \frac{L}{S} \cdot \frac{r_t}{t_m};$$

$$\Pi S = I^2 \rho \frac{r_t}{t_m}, \text{ bolar}$$

$$\Pi = \pi d; S = \frac{\pi d^2}{4}.$$

bahalaryny goýup alars;

$$\pi d \frac{\pi d^2}{4} = I^2 \rho \frac{r_t}{t_m};$$

$$\pi^2 d^3 = 4 I^2 \rho \frac{r_t}{t_m}$$

bu yyerde

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 I^2 \rho}{\pi^2} \cdot \frac{r_t}{t_m}};$$

Alnan netijede, formulada tok güýji (I) gatnaşýar, ol dürli bahalara eýe bolup, standart ululyk hasaplanmaýar. Ony naprýaženiýäniň üsti bilen aňladyp alarys: Sebäbi naprýaženiýe Döwlet standarty boýunça ululyklarda berilýär.

$$P = IU_f; I = \frac{P}{U_f};$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 P^2 \rho}{\pi^2 U_f^2} \cdot \frac{r_t}{tm}}$$

bu ýerde $\frac{r_t}{tm} = \frac{1}{W}$; *peýdalanyp*

$$d = \sqrt[3]{\frac{4p^2\rho}{\pi^2U_f^2W_m}}; [mm]$$

Şeýlelikde gyzdyryjy elementiň diametrini bilmek üçin onuň hemişelik ululyklaryndan:

ρ -udel garşylygy, W_m -mümkin üstki kuwwatyny, ýymtlendirmek naprýaženiýesiniň ululygyny göz önünde tutup, näçe kuwwatly (p) ýasajak bolsaň önünden anyklap bolýar. Çylşyrymly geometriki ölçegli gyzydryjylaryň deňişli häsýetlendirýän ululyklaryny önünden hasaplamaga deňişli formulalar, aňlatmalar, hemişelik koefisiýentler edebiýatlardan peýdalanyp hasaplap bolýar.

1.3. Ýylylyk çalyşmak kanunlary we elektrotehnologik gurnamalarda ulanylyşy. Konwektiw usuly

Elektrotehnologiki gurnamalaryň kuwwaty, peýdaly täsir koefisiýenti we elektrik energiýasynyň udel sarp edilişini ýylylyk çalyşma kanunlary esasynda hasaplanýar, kesgitlenýär. Ýylylyk çalyşma hadysasy çylşyrymly hadysa bolup, ony öwrenmek we seljermek üçin ýönekeý, aňsat bolar ýaly ony üç (3) görnüşe bölýärler:, ýylylyk geçirijilik we şöhlelenmek arkaly, konwektiw usuly.

Ýylylyk geçirijilik – iki jisimiň ýa-da jisimleriň bölejikleriniň biri-biri bilen galtaşmaklary we bir jisimiň bölejikleriniň deňişmegi bilen ýylylyk energiýasyny bermek.

Konweksiýa - jisimleriň (maddalaryň) bölejikleriniň hereketi bilen ýylylyk energiýasyny bermek. Bölejikleri hereket edýän jisimlere (gazlara, suwuklara) mahsusdyr.

Şöhlelenmek - ýylylyk energiýasynyň elektromagnit tolkunlary görnüşinde ýylylyk energiýasyny bermek hadysasydyr. Bu usulda energiýanyň iki gezek öwrülmesi bolup

gerýär: ýylylyk energiýasy – elektromagnit energiýasyna; işlenip bejerilýän madda gelip düşen elektromagnit energiýasy – ýylylyk energiýasyna öwrülýär.

Ýylylyk energiýasyny geçirmek (bermek) temperaturanyň üýtgemegi bilen baglanşyklydyr. Umumy ýagdaý üçin şeýle ýazarys:

$$t = f(x, y, z, \tau);$$

x, y, z , - koordinatalar.

τ - wagtdyr.

Belli bir nokatda temperaturalaryň wagt birligindäki bahasyna **temperatura meýdany** diýilýär.

- a) eger-de wagta görä üýtgemese – hemişelik meýdan diýilýär we $t = f(x, y, z)$ bolar we berilýän ýylylyk mukdary $q_0 = \text{const}$ ýazylýar.
- b) eger-de wagta görä üýtgesse – henişelik däl meýdan diýilýär we $t = f(x, y, z, \tau)$; bolar we berilen ýylylyk mukdary $q_0 \neq \text{const}$ ýazylýar.

Üýtgeýän temperatura meýdanyny seljermek örän çylşyrymly. Şonuň üçin hemişelik temperatura meýdany diýip, kabul edip seretjek meselelerimizi seretmek bilen çäkleneris.

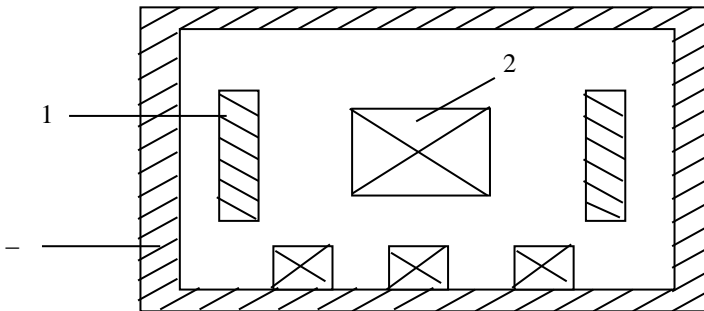
Ýylylyk çalyşmagyň differensial deňlemesini:

$$dQ = dQ_x + dQ_y + dQ_z = \lambda \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) dx \cdot dy \cdot dz \cdot d\tau = \nabla^2 t \cdot \Delta t = 0;$$

stasionar meýdan üçin.

Ýokarda görkezilen ýylylyk çalyşma usullary durmuşda aýratynlykda seýrek duş gelýärler. Olar biri beýlekileri bilen goşuluşyp gidýärler.

Ýylyklyk energiýasynyň berilişini garşylyk esasynda işleýän peçleriň mysalynda şeýleräk seredeliň, çyzga görä.



Pejiň yönekeý çyzgysy.

- 1- gyzdýryjy element;
- 2- işlenip bejerilýän madda;
- 3- pejiň daşky diwary.

Çyzgydan görnüşi ýaly gyzdýryjy element (1) bilen işlenip bejerilýän (2) maddanyň aralygy üzňe. Şonuň üçinem ýylylyk energiýasy şöhlelenmek usuly boýunça berilýär. Konweksiýa we ýylylyk geçirijilik usullary bilen ýylylyk energiýasynyň az mukdardakysy berilýär. Emma pejiň daşky diwaryndan daşky gurşawa berilýän ýylylyk energiýasy ýylylyk geçirijilik usuly boýunça amala aşyrylýär.

Fizika dersinden bilişimiz ýaly ýylylyk çalyşmaklygynyň deňlemesini izotermik ($t = \text{const}$) üst üçin şeýle ýazylar.

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{\partial t}{\partial z} = 0$$

Konwektiw usuly- boýunça ýylylyk energiýasyny bermekligi (çalyşmasy) iki topara bölýärler: tebigy we emeli.

- 1) Tebigy usul ýönekeý, goşmaça enjam, täsir ediji güýç talap etmeýär, ýagny ýeňil (gyzgyn) bölejikler ýokaryk hereket edýärler; agyr (sowuk) bölejikler aşak hereket edýärler. Şeýlelikde tebigy ýylylyk çalyşmasy bolup geçýär.
- 2) Emeli usul ýöriteleşdirilen gurnamalary (kondisioner, wentulýator we ş.m.) gerek bolýar. Olaryň täsiri bolmasa emeli ýylylyk çalyşmasy amala aşyrylmaýar.

Bir ýerden başga ýere, gaty maddadan suwuk ýa-da gaz halyndaky madda, ýa-da tersine berilýän ýylylyk energiýasynyň mukdary iki usul üçinem şeýle formula bilen hasaplanylýar:

$$q_o = \alpha_K (t_g - t_d) F$$

F – ýylylyk çalyşmaga gatnaşýan meýdan;
 t_g we t_d – degişlilikde gazyň we diwaryň temperaturalary;
 α_K – ýylylyk berijilik koeffisiýenti.

Konwektiw ýylylyk çalyşmak usuly beýleki usullardan kyn usul hasaplanýar. Şonuň üçin hem şu meselede işlän alymlar özleriniň dürli usullaryny ulanyp oňa özleriniň adyna mahsus kriteriýalary ýazypdyrlar. Meselem: Gragotyň kriteriýasy; Reýnoldsyň kriteriýasy; Pranteýiň kriteriýasy we Nusseltiň kriteriýasy.

Konwektiw usulda ýylylyk çalyşmaklygy seljermekligiň hemme kynçylyklaryny ýylylyk berijilik koeffisiýentini (α_K) anyklamaga syrykdyrypdyrlar. Şeýlelik-de α_K köp ululuklara bagly bolup:

$$\alpha_K = f(t_g, t_d, F, \lambda, C, \nu, \gamma, \vartheta)$$

häsiýetlendirilýär.

Bu ýerde: t_g we t_d – deňişlilikde ýylylyk berýän we kabul edýän jisimleriň temperaturalary ;

F – ýylylyk çalyşmaga gatnaşýan gaty jisimiň meýdany; (adatça aňsat bolar ýaly ilki $F=1 \text{ m}^2$ üçin hasaplap, soňra doly meýdana köpeltýärler);

λ – ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti;

C – udel ýylylyk sygymy;

v – gazyň ýa-da suwuklygyň şepbeşikligi;

γ – jisimleriň dykzlygy;

ϑ - hereket edýän jisimiň tizligi.

Ýylylyk berijilik koeffisiýenti hereket edýän jisimiň tizliginiň ugruna hem baglydyr. Şu ýagdaýlarda üstünde işlän alymlar bir näçe ýagdaýlar üçin tejribe arkaly aňlatmalary ýazypdyrlar (beripdirler). Eger-de olar seredilýän ýagdaýy kanagatlandyrmasa, onda şol ýagdaýa görä täzeden hasaplamaly. Ýagny,

$$\alpha = a (t_g - t_d)^n;$$

a – hemişelik sany;

n – dereje.

1.4. Ýylylyk geçirijilik usuly boýunça ýylylyk energiýasyny bermek

Ýylylyk geçirijilik usuly bilen berilen ýylylyk energiýasynyň mukdaryny Furýeniň gipotezasy esasynda hasaplanylýar:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} d\tau dF$$

Bu ýerde: λ – ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti, jisimiň ýylylyk geçirip bilijilik ukybyny görkezýär;

$\frac{\partial t}{\partial n}$ - ýylylyk energiýasynyň ýaýraýan ugruna görä

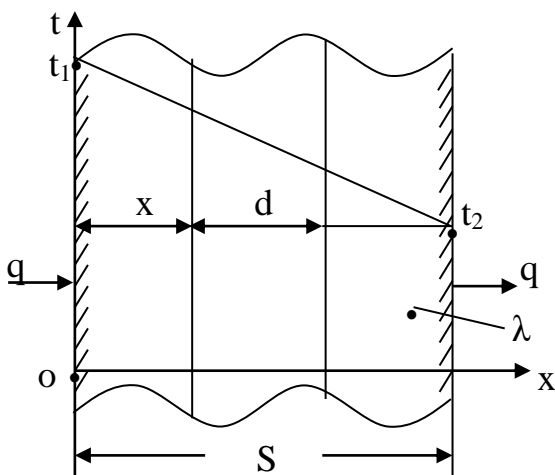
temperaturanyň gradiýentini aňladýar;

$d\tau$ - elementar wagt;

dF - ýylylyk energiýasynyň ýaýraýan ugruna perpendikulýar elementar meýdan.

(-) – minus alamaty ýylylyk energiýasynyň ugruny görkezýär; biziň mysalymyzda daşardan içe tarap ugrukdyrylandyr.

Meseläni aşaky çyzgynyň kömegi bilen seljermek işini geçireliň.



Birjynsly tekiz diwardan ýylylyk energiýasynyň berilişi.

Ýönekeýlik üçin diwaryň uzynlygyny ýeterlik uzyn (tükeniksiz) diýip kabul edýäris. Diwaryň galyňlygy S [m], ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti λ [kkal/m. grad. S.], içki we daşky temperaturalaryny t_1 we t_2 [°C] belläris. Diwardan dx aralygy alyp, ýylylyk energiýasy diňe x ugry boýunça ýaýraýar

diýip, y we z ugur boýunça ýaýramaýar diýip kabul edýäris. Şeýlelikde aşakdaky ýaly aňlatmany ýazyp hasaplama geçireris:

$$q_0 = \frac{Q}{F\tau} = -\lambda \frac{dt}{dx};$$

Integral görnüşinde ýazsak:

$$\int \frac{dt}{q_0} = -\int \frac{dx}{\lambda};$$

ýa-da

$$\int dt = -\int q_0 \frac{dx}{\lambda};$$

alarys.

Onda:

$$t = -q_0 \frac{x}{\lambda} + C;$$

C – integralyň hemişeligi, ony gyraky şertler arkaly tapylýar.

- 1) haçanda $x=0$ bolsa $t_1 = C$;
- 2) haçanda $x=s$ bolsa $t = t_2$;

Onda:

$$t_2 = -q_0 \frac{s}{\lambda} + t_1$$

$$t_2 - t_1 = -q_0 \frac{s}{\lambda};$$

$$t_1 - t_2 = q_0 \frac{s}{\lambda};$$

(-1)-e köpeldip alarys.

$$q_0 = \frac{t_1 - t_2}{\frac{s}{\lambda}};$$

Eger-de diwaryň geometriki ölçegleri (F_1 , F_2), içki we daşky diwarlarynyň meýdany, onda hasaplamak üçin meýdany (F_h) şeýle şertde kesgitlemeli bolýar. Sebäbi durmuşda, önümçilikde köplenç $F_1 \neq F_2$ ýagdaýlar gabat gelýär.

1) eger-de $F_1 < F_2$ we $\frac{F_2}{F_1} \leq 2$ bolsa,

$$F_h = \frac{F_1 + F_2}{2} \quad \text{alarys.}$$

2) eger-de $F_1 < F_2$ we $\frac{F_2}{F_1} > 2$ bolsa $F_h \sqrt{F_1 \cdot F_2}$ alarys.

Şeýlelikde ýokarky formulany birjynsly diwardan geçýän ýylylyk mukdaryny tapmak üçin şeýle görnüşde ýazarys:

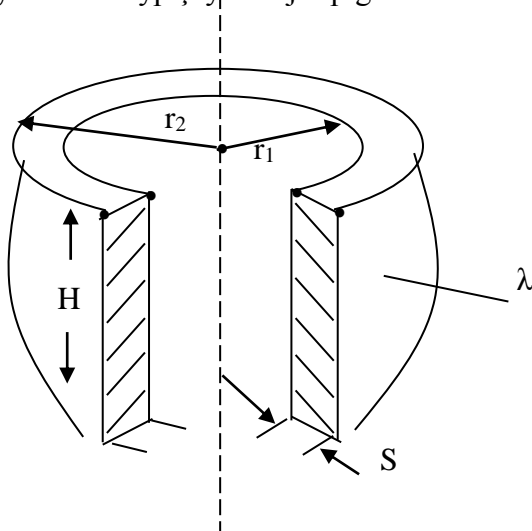
$$q_0 = \frac{t_1 - t_2}{\frac{s}{\lambda F_h}};$$

$$\left[\frac{S}{\lambda F_h} \right] - \text{ulylyga ýylylyk garşylygy diýilýär.}$$

Eger-de diwar köp (n) gatlakly bolsa:

$$q_0 = \frac{t_1 - t_2}{\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{\lambda_i F_{ih}}} - \text{görnüşde ýazylýar we peýdalanylýar.}$$

Eger-de diwar silindr görnüşde bolsa, onda onuň ululyklaryny hasaba alyp şeýle seljerip gerekli formulany ýazyp bileris:



Bir jynsly diwar üçin:

$$q_0 = \frac{2 \pi (t_1 - t_2)}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}} L;$$

Bu ýerde: L – diwaryň uzynlygy;
 d_1 we d_2 – deňişlilikde diwaryň içki we daşky diametri.

Eger-de diwar köp gatlakly (n) bolsa:

$$q_0 = \frac{2 \pi (t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i}} L;$$

Eger-de $(\frac{di+1}{di}) < 2$ şert ýerine ýetýän bolsa, onda tekiz diwar üçin ýazylan formulany F_h – ululugy kesgitlemekde belli bir çäklendirmäni goýbersek, silindr görnüşli diwar üçin peýdalanyp bileris;

Diwaryň galyňlygy

$$S = \frac{d_i - d_1}{2};$$

F_h – hasaplamakda $d = d_{orta} = \frac{d_1 + d_2}{2};$

$$F_h = \frac{1}{4} \Pi d^2_{orta};$$

Şeýlelikde diwar köp gatlakly (n) bolsa:

$$q_0 = \frac{\pi (t_1 - t_2)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \cdot \frac{d_{i+1} - d_1}{d_{i+1} + d_i}} L;$$

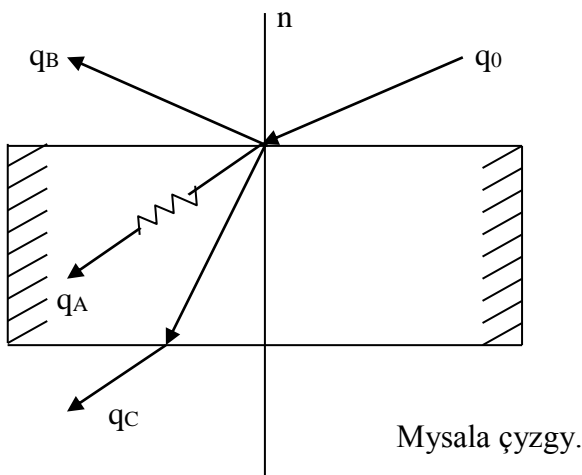
Ýokarda ýazylan formuladaky diwaryň uzynlygy (L) diwar gorizonta duran ýagdaýy üçin; diwar dik duran ýagdaýynda beýikligi (H) bellenilýär. Köp gatlakly diwarlar üçin ýazylan formulalar gatlaklar ýylylyk energiýasynyň berilýän (akýan) ugruna perpendikulýar bolanda peýdalanylýar. Gatlaklar özara parallel bolanda (ýerleşenlerinde) umumy ýylylyk geçirijilik koeffisiýentini kesgitlemeli bolýar.

1.5. Şöhlelenmek bilen ýylylyk çalyşmak

Şöhlelenmek bilen ýylylyk çalyşmak ýokary temperaturaly peçleriň ýylylyk energiýasynyň ýitgisini, berilýän energiýasynyň mukdaryny kesgitlemekde ulanylýar.

Tebigatda bar bolan $T > 0^0\text{K}$ temperaturaly maddalar, jisimler şöhlelenmek bilen ýylylyk çalyşmaklyga gatnşýar. Ýylylyk energiýasy elektromagnit tolkunlary görnüşinde berilýänligi üçin ol tolkun uzynlygyna (λ) bagly bolýar. Fizika dersinden bilişimiz ýaly $\lambda = 0,4 \dots 40 \mu\text{K}$; görnýän aralygy: $\lambda = 0,4 \dots 0,8 \mu\text{K}$; infragyzy aralyga degişli $\lambda = 0,8 \dots 40 \mu\text{K}$. Diýmek berilýän ýylylyk energiýasynyň köp mukdary infragyzy aralyga düşýär.

Ilki bilen ýönekeý mysala seredip geçeliň, ýagny haýsam bolsa bir madda q_0 – ýylylyk energiýasy düşüpdur; onuň bir bölegi madda tarapyndan siňdirilip q_A ; bir bölegi yzyna serpilipdir q_B ; bir bölegi maddadan geçip gidipdir q_C .



Onda umumy ýylylyk mukdary:

$$q_0 = q_A + q_B + q_C$$

ýazyp bileris we hemme düzüjlerini aýratynlykda q_0 – ululyga bölüp alarys.

$$\frac{q_A}{q_0} + \frac{q_B}{q_0} + \frac{q_C}{q_0} = 1,$$

Bu ýerde $\frac{q_A}{q_0} = A$ - siňdirijilik koeffisiýenti;

$\frac{q_B}{q_0} = B$ - serpijilik koeffisiýenti;

$\frac{q_C}{q_0} = C$ - geçirjilik koeffisiýenti.

Şeýlelik-de: $A+B+C=1$ ýazarys. Seredilýän madda özünden şöhle geçirmeýän madda diýip kabul etsek, onda $C=0$ bolar we $A+B=1$ ýazarys.

Şeýlelikde:

- 1) egerde $B=0$; $A=1$ – absalýut gara madda alarys; emma tebigatda beýle madda duşmaýar, ýöne oňa ýakynlary bar we $A \approx 0,93 \dots 0,95$; kabul edilen;
- 2) egerde $A=0$, $B=1$ – absalýut ak madda alarys; beýle madda tebigatda duşmaýar, oňa ýakynlary bar we $B \approx 0,94 \dots 0,96$ alynýar.

Indi belli bolan kanunlary peýdalanyp berilýän ýylylyk mukdaryny hasaplamagyň formulasyny ýazalyň. Plank şöhlelenmegiň energiýasynyň intensiwliginiň $q_{\lambda S}$ onuň tolkun

uzynlygy λ we temperaturasyň T arabaglaşygyny şeýle formula bilen beýan edipdir:

$$q_{\lambda s} = \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\ell^{\frac{C_2}{T}} - 1}$$

Bu ýerde: C_1 we C_2 – Plankyň hemişelikleri.

Win özüniň “süýişmek” kanuny bilen Plankyň kanunynyň üstüni ýetirdi:

$$T \lambda_{\max} = 2,9 \cdot [mm \cdot ^\circ K]$$

Berilen ýylylyk mukdaryny Plankyň kanunyny integrirläp taparys:

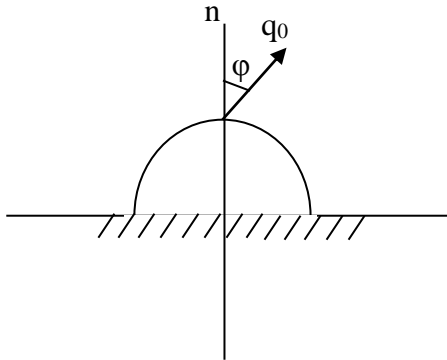
$$q_0 = \int_0^{\infty} q_{\lambda s} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{C_1 \lambda^{-5}}{\ell^{\frac{C_2}{T}} - 1} d\lambda = 5,7 \cdot T^4 \cdot 10^{-8}$$

$5,7=C_s$ – absalýut gara jisimiň şöhle göýberijilik ukyby diýilýär.
Onda:

$$q_0 = 5,7 \cdot T^4 \cdot 10^{-8} = C_s \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

$C=5,7$ – ululugy, 1879-nji ýylda Stefan tejribe bilen kesgitledi, 1884-nji ýylda Bolsman nazary taýdan subut edýär. Şonuň üçin oňa Stefan – Bolsmanyň kanuny diýilýär.

Eger-de ýylylyk çalyşmaga gatnaşýan meýdan güberçek görnüşde bolsa, onda Lambertiniň kanuny boýunça tapylýar:



$$dq_0 = \frac{C_s}{\pi} \left(\frac{T}{100} \right)^4 \cdot dF \cdot d\Omega \cdot \cos \varphi$$

Bu ýerde: φ -ýylylyk energiýasynyň ugry bilen geçirilen normalyň (n) arasyndaky burç; $d\Omega$ – elementar jisim burçy.

Ýokardaky kanunlary garalyk derejesini (ε) hasaba alyp beýleki maddalar üçin hem ulanmak bolar.

$$\varepsilon = \frac{q_\lambda}{q_{\lambda S}}, \quad \text{ýa-da} \quad \varepsilon = \frac{C}{C_s}, \quad C = \varepsilon C_s$$

Onda Stefan – Bolsmanyň kanunyny şeýle ýzyp bileris:

$$q_0 = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \varepsilon C_s \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

Kirihgof şeýle kanunalaýyklygy takyklady, ýagny şol bir temperaturada hemme gara maddalaryň şöhle göýberijilik ukybynyň (C) şöhle siňdirmek koeffisiýentine (A) bolan gatnaşyklary birmeňzeşdirler we olaryň san bahasy absalýut gara jisimiň şöhle goýbermek ukybyna (C_s) deňdir.

Ýagny:

$$\frac{C_1}{A_1} \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \frac{C_2}{A_2} \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \frac{C_3}{A_3} \left(\frac{T}{100} \right)^4 = \dots = \frac{C_n}{A_n} \left(\frac{T}{100} \right)^4 = C_s \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

$$\frac{C_1}{A_1} = \frac{C_2}{A_2} = \frac{C_3}{A_3} = \dots = \frac{C_n}{A_n} = C_s$$

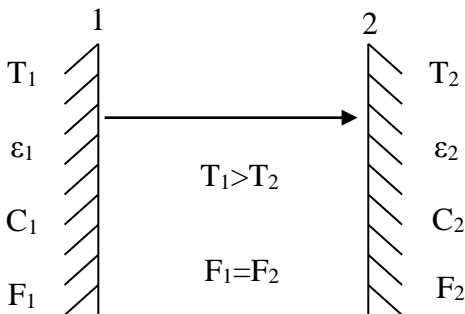
umuman $\frac{C}{A} = C_s$; ýa-da $\frac{C}{C_s} = A$ we $A = \varepsilon$

bolýar.

Diýmek maddalaryň garalyk derejesi (ε) olaryň şöhle energiýasyny özüne siňdirip bilijilik koeffisiýentine deň ekeni. Ýokarda ýazylan kanunlary umumylaşdyryp berilýän ýylylyk mukdaryny mysallarda seljerip geçeliň.

Iki sany özara parallel tekiz birjynsly diwarlaryň birinden beýlekisine berilýän ýylylyk mukdaryny şeýle formula bilen hasaplap (tapyp) bolar:

$$q_0 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_s}} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$



Eger-de ε hasaba alsak:

$$C_1 = \varepsilon_1 C_s; \quad C_2 = \varepsilon_2 C_s;$$

we formulada ýerine goýsak, şeýle netijäni alars:

$$q_0 = \frac{C_s}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Bir näçe ýagdaýlarda getirilen ululyk (ε_g) belli bolýar, ýagny:

$$q_0 = \varepsilon_g \cdot C_s \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ alarys.}$$

Eger-de diwar silindr görnüşli bolsa:

$$q_0 = \frac{F_1 C_s}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right];$$

$$F_2 > F_1$$

Önümçilikde ulanylýan gurnamalar, peçler üçin formulany peýdalansak, onda pejiň gapysynyň meýdany (F_1), daşky gurşawyň meýdanyndan (F_2) köp gezek kiçi ($F_2 \gg F_1$); daşky gurşawy atmosfera howasy diýsek $\varepsilon_2=1$ bolýar, şeýlelikde:

$$\frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) = 0 \text{ bolýar.}$$

Onda :

$$q_0 = \varepsilon_1 F_1 C_s \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ ýazyp bileris.}$$

Pejiň diwarynyň galyňlygyny (B) we işiginiň geometriki ölçeglerini (A) hasaba alsak belli bir wagt (τ) üçin:

$$q_0 = \varepsilon_1 F_1 C_s \psi \tau \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{netijäni alars.}$$

ψ -diafragma koeffisiýenti.

$$\psi = A/B;$$

Ýylylyk energiýasynyň ýitgisini azaltmak üçin ýylylyk energiýasynyň ugryna perpendikulýar päsgelçilik goýýarlar.

1) eger-de $\varepsilon_1 = \varepsilon_p = \varepsilon_2$ bolsa bir päsgelçilik üçin:

$$q_0 = \frac{C_s}{n+1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \tau ;$$

3) eger-de $\varepsilon_1 \neq \varepsilon_p \neq \varepsilon_2$ bolsa:

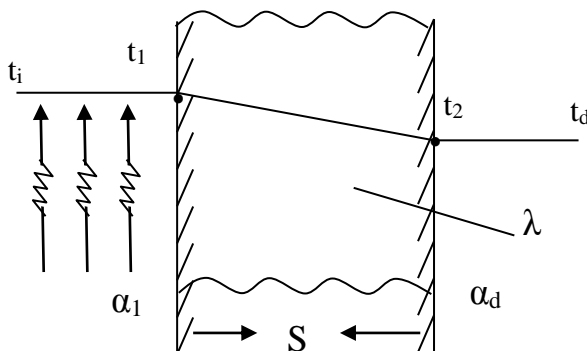
$$q_0 = \frac{C_{1-p}}{2 C_{1-2}} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \tau$$

n-päsgelçilikleriň sany.

Eger-de $n > 1$ bolsa, onda seljermek we formula almak çylşyrymlaşýar hem-de öwrenýän dersimiziň çägindeň çykýar.

1.6. Çylşyrymly ýylylyk çalyşmak

Elektrik prçleriniň ýylylyk energiýasynyň ýitgisini hasaplamak üçin ýylylyk çalyşmak kanunlaryny peýdalanmaly. Seljermek üçin şeýle mysala seredip geçeliň. Pejiň diwarynyň belli bir bölegini saýlap alalyň (çyzgyda görkezilen).



mysala çyzgy.

Bu ýerde: t_1, t_i - pejiň içki temperaturalary;

α_1, α_d - pejiň daşkywe içki ýylylyk berjilik koeffsienti;

t_d, t_2 - diwaryň daşky temperaturalary;

λ - (diwar birjynsly) ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti.

- 1) Pejiň içinden içki diwaryna konwektiw usul bilen ýylylyk energiýasy berilýär we şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$q_{01} = \alpha_i (t_i - t_1) F_1; \quad \text{ýönekeýlik üçin } F=1 \text{ m}^2 \text{ alars.}$$

- 2) Pejiň diwaryndan ýylylyk energiýasy ýylylyk geçirijilik boýunça berilýär:

$$q_{02} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{S}{\lambda}};$$

- 3) Pejiň diwaryndan daşky gurşawa konwektiw usul bilen berilýär:

$$q_{03} = \alpha_d (t_2 - t_d);$$

Ýokarky deňlemelerden temperaturalar tapawudyny tapalyň:

$$t_i - t_1 = \frac{q_{01}}{\alpha_1}; \quad t_1 - t_2 = q_{02} \frac{S}{\lambda};$$

$$t_2 - t_d = \frac{q_{03}}{\alpha_d};$$

Alynan deňlemeleriň çep we sag taraplaryny arifmetiki goşalyň:

$$t_i - t_1 + t_1 - t_2 + t_2 - t_d = q_{01} \frac{1}{\alpha_i} + q_{02} \frac{S}{\lambda} + q_{03} \frac{1}{\alpha_d};$$

$$t_i - t_d = q_{01} \frac{1}{\alpha_i} + q_{02} \frac{S}{\lambda} + q_{03} \frac{1}{\alpha_d};$$

Biziň öňden şertleşişimiz ýaly berilýän ýylylyk energiýasy hemişelik bolmaly, ýagny $q_0 = \text{const}$; onda:

$$q_{01} = q_{02} = q_{03} = q_0 \text{ alars.}$$

Onda:

$$t_i - t_d = q_0 \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \right) \text{ ýazarys.}$$

Formuladan görnüşi ýaly ýylylyk mukdaryny hasaplamak üçin t_1 we t_2 temperaturalary bilmek, ölçemek gerekem ýok. Şonuň üçin $t_i = t_2$; $t_d = t_2$; $\alpha_d = \alpha_2$, belläp:

$$t_1 - t_2 = q_0 \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right);$$

$$q_0 = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

1) Eger-de diwar tekiz bolsa we goemetriki ölçeglerini hasaba alsak, ýagny diwaryň içki (F_1) we daşky (F_2) meýdanlaryny hasaba alsak:

$$q_0 = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \frac{S}{\lambda F_h} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}};$$

Eger-de diwar köp (n) gatlakly bolsa:

$$q_0 = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{\alpha_1 F_1} + \sum_{i=1}^n \frac{S}{\lambda_i F_{ih}} + \frac{1}{\alpha_2 F_2}};$$

2) Eger-de diwar bir jynsly silindr görnüşli bolsa:

$$q_0 = \frac{\pi(t_1 - t_2)H}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}};$$

Diwar köp gatlakly (n) bolsa:

$$q_0 = \frac{\pi(t_1 - t_2)H}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}};$$

3) Eger-de $\ln \frac{d_{i+1}}{d_i} \langle 2$ ýerine ýetse tekiz diwar üçin ýazylan

formulany silindr görnüşli diwar üçin peýdalanmak bolar; belli takmynan alynan ululyklar we matematiki hasaplamalardan soňra ýazyp bileris. Birjynsly diwar üçin:

$$q_0 = \frac{\pi(t_1 - t_2)H}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{\lambda \left(\frac{d_2 - d_1}{d_2 + d_1} \right)} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}};$$

Köp gatlakly (n) diwar üçin:

$$q_0 = \frac{\pi(t_1 - t_2)H}{\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} \cdot \frac{d_{i+1} - d_i}{d_{i+1} + d_i} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}};$$

Adatça α_1 we α_2 hemişelik sanlar bolup $\alpha_1 \gg \alpha_2$; $d_2 \gg d_1$.

1.7. Garşylyk esasynda işleýän, wagtal-wagtal we üznüksiz peçler (gapdallaýyn, gönümel)

Garşylyk esasynda işleýän peçler özleriniň işleýiş düzgüni we işlenilýän materialyň peçe goýulyşy hem-de düşirilişi (çykarylyşy) boýunça wagtal-wagtal (sadoçny) we üznüksiz (metodik) peçlere bölünýärler, şeýle-de gapdallaýyn we gönümel işleýän peçlere bölünýärler.

Wagtal-wagtal işleýän peçlerde işlenilýän önüm peje goýulandan soňra öz ýagdaýyny üýtgetmeýär. Ol peje goýulýar, belli bir temperatura çenli gyzdyrylýar, eredilýär, soňra peçden çykarylýar. Soňra bolsa täze (indiki) önüm goýulýar. Üznüksiz işleýän peçlerde işlenilýän önüm bir tarapyndan peçe salynýar, beýleki tarapyndan bolsa taýýar önüm alynýar, bellibir tizlik

bilen peçin içinde hareket edýän material gerekli (ýeterli) derejede gyzdyrylýar.

Ýokarda görkezilen peçler gapdallaýyn işleýän peçler bolup, olarda ýörite gyzdyryjy element peýdalanylýar.

Temperaturalary boýunça peçler üç topara bolýärler : aşak tamperaturaly – iş temperaturasy $600...650^{\circ}\text{C}$; orta temperaturaly – $t_{i\text{ş}} = 1200...1250^{\circ}\text{C}$; ýokary temperaturaly - $t_{i\text{ş}} \geq 1250^{\circ}\text{C}$.

Wagtal-wagtal işleýän garşylyk peçleri aşak temperaturaly bolup maýda, uşak, önümleri işläp bejermekde ýa-da gyzdyryp işlemekde ulanylýar.

Aşak we orta temperaturaly peçlerde metaldan edilen gyzdyryjy elementler ulanylýar, ýokary temperaturaly peçlerde metaldäl – seýrek, gymmat bahaly gyzdyryjylar ulanylýar.

Önümçilikde giňden ulanylýan peçler :

a) wagtal-wagtal işleýän :

1. kamera peçleri $t_{i\text{ş}} \approx 900^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{H}} = 5...75 \text{ kWt}$
2. şahta peçleri $t_{i\text{ş}} \approx 900^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{H}} = 30...500 \text{ kWt}$
3. kolpakly peçleri $t_{i\text{ş}} \approx 5000...1000^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{H}} = 570 \text{ kWt}$
4. aşagy süýişýän $t_{i\text{ş}} \approx 900^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{H}} = 5...75 \text{ kWt}$
5. elewator $t_{i\text{ş}} \approx 900...1000^{\circ}\text{C}$
6. tigel (oýmak) $t_{i\text{ş}} \approx 850^{\circ}\text{C}$
7. elektrik wannalary $t_{i\text{ş}} \approx 850^{\circ}\text{C}$, $P = 120 \text{ kWt}$

b) üzünksiz işleýän :

1. konweer peçleri $t_{i\text{ş}} = 1000...1100^{\circ}\text{C}$
2. karusel peçleri $t_{i\text{ş}} = 1000...1300^{\circ}\text{C}$
3. baradan peçleri $t_{i\text{ş}} = 500...1000^{\circ}\text{C}$
4. aşagy ädimleýän $t_{i\text{ş}} = 1150^{\circ}\text{C}$
5. aşagy pulsirleýji $t_{i\text{ş}} = 900^{\circ}\text{C}$

s) ýokary temperaturaly peçlerde gyzdyryjy element üçin : korborunt, grafit, wolfram, molibden, niobiý, tantal we ş.m. materiallar peýdalanylýar.

Garşylyk esasynda işleýän peçlerde dürli materiallardan bolan, dürli formaly gyzdyryjy elementler peýdalanylýar olardan : simden spiral görnüşli, simden egrem-burgam (zigzag), lenteden, turba, steržin we ş.m. görnüşlileri.

Eger-de silindr görnüşli gyzdyryjy peýdalanylýan bolsa, onuň diametrini şeýle formula bilan hasaplamak bolar :

$$d = \sqrt[3]{\frac{4P_H \rho}{\pi^2 U_\phi^2 W_{dop}}} ; \quad [mm]$$

$$P = \frac{U_\phi^2}{R} ;$$

$$R = \rho \frac{L}{S} ;$$

P_H – nominal kuwwaty ;

ρ – udel garşylygy,

U_f – faza naprýaženiýesi,

W_{dop} – rugsat edilýän udel üstki kuwwaty.

Umuman işçi temperaturasy 500^0C -dan aşak bolsa diametri 5mm-e çenli alynýar.

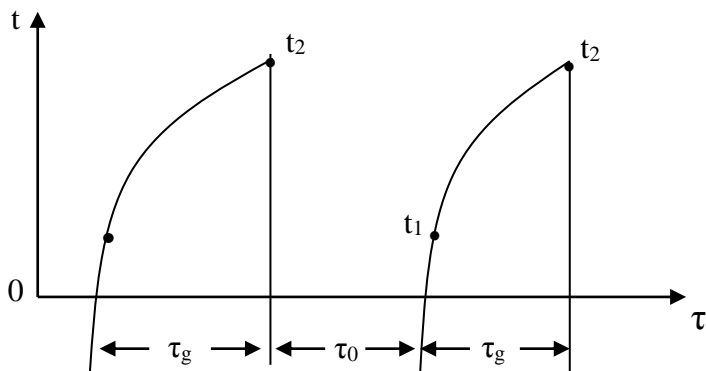
Gyzdyryjynyň uzynlygy :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PU_f^2}{4\pi\rho W^2}} ;$$

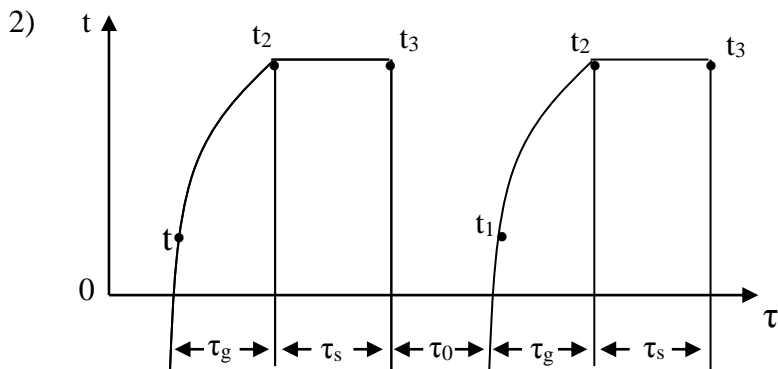
1.8. Garşylyk esasynda işleýän peçleriň ululyklaryny ýylylyk çalyşma kanunlary esasynda hasaplamak

Ýylylyk hasaplaşygy garşylyk esasynda işleýän peçleriň esasy ululyklaryny tapmak üçin geçirilýär. Ilki bilen gurnamalaryň işleýiş düzgünlerine seredip geçeliň.

- 1) Pejiň içine metal ýerleşdirilýär, belli bir temperatura çenli gyzdyrylýar (t_2), soňra peçden çykarylýp, täzeden peje metal goýulýar. Çyzgyda şeýle görkezip bolar.



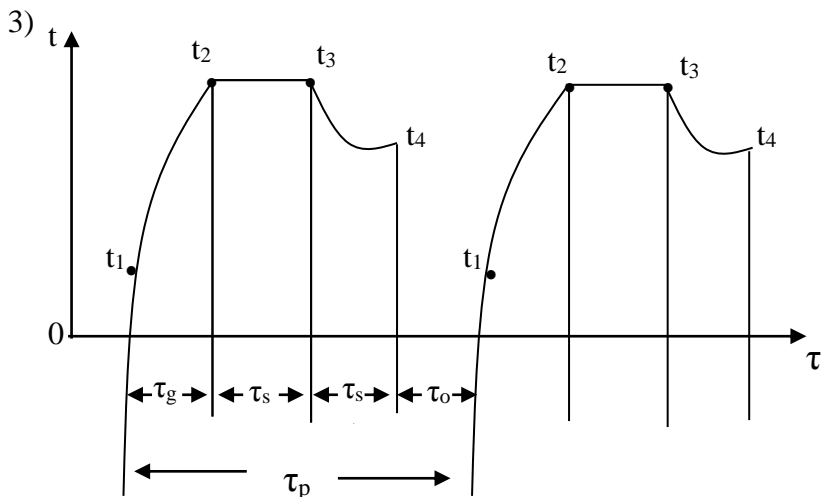
$$\tau_p = \tau_g + \tau_0;$$



$$\tau_p = \tau_g + \tau_s + \tau_0;$$

Metal t_1 temperaturadan t_2 temperatura çenli τ_g wagtda gyzdyrylýar, τ_s - wagtlap saklanýar. Soňra peçden çykarylyp τ_o wagtda täze metal ýerleşdirilýär.

Metal t_1 temperaturadan t_2 temperatura çenli τ_g wagtda gyzdyrylýar we τ_s wagtlap t_3 ($t_2 \approx t_3$) saklanýar. Soňra daşaryk çykarylýar. Proses gaýtalanyp durýar.



Metal t_1 temperaturadan t_2 temperatura çenli belli bir tizlik (v) bilen gyzdyrylýar, τ_s wagtlap ($t_2 \approx t_3$) temperaturada saklanýar, τ_{sI} wagtda belli bir tizlik (v^1) bilen t_4 temperatura çetnli sowadyp, soňra daşary çykarylýar we täze magdan goýulýar.

Prosses gaýtalanyp durýar. Umumy prossesiň wagty:

$$\tau_P = \tau_g + \tau_s + \tau_{sI} + \tau_o ;$$

Şeýle iş düzgünli peçler önümçilikde köpçülikleýin ulanylýar. Olar üçin umumy ýylylyk balansyny şeýle ýazars :

$$Q_u = Q_P + Q_g + \sum Q_y ;$$

Bu ýerde : Q_p , Q_g , $\sum Q_y$ – deňişlilikde peýdaly, goşmaça enjamlary gyzdymak üçin sarp edilen we ýitirilen ýylylyk energiýasynyň mukdary.

1) Wagtal-wagtal işleýän (sadoçnyý) peçler üçin :

$$Q_p = C_m G_m (t_{2m} - t_{1m}) ;$$

$$Q_g = C_g G_g (t_{2g} - t_{1g}) ;$$

Bu ýerde : C_m , C_g , G_m, G_g – deňişlilikde metalyň we göşmaça materialyň (enjamyň) ýylylyk sygymlyry we massalary.

2) Üznüksiz (metodik) peçler üçin :

$$P_p = C_m G_b (t_{2m} - t_{1m}) \cdot \frac{1}{3600} ;$$

$$P_g = [C_s G_s (t_{2s} - t_{1s}) + C_g G_g (t_{2g} - t_{1g})] \cdot \frac{1}{3600} ;$$

C_s , C_g – suwuklygyň we gazyň ýylylyk sygymy :

G_s, G_g – suwuklygyň we öndüriljige gerek bolan gazyň massalary.

t_{1s} , t_{2s} , t_{1g} , t_{2g} – deňişlilikde suwuklygyň we gazyň başdaky we soňky temperaturalary.

Umumy ýitgini peçleriň ikisi üçinem şeýle formula bilen tapylýar :

$$\sum Q_y = K_y (Q_g \tau_g + Q_s \tau_s + Q_{s1} \tau_{s1} + Q_{\varphi});$$

Bu ýerde Q_g, Q_s, Q_{s1} – deňişli wagtlardaky ýylylyk energiýasynyň ýitgileri.

Q_{φ} – şöhlelenmek arkaly ýitirilen energiýa

K_y – ýylylyk gysga utgaşma koeffisiýenti bolup, hasaba alyp bolmajak ýylylyk energiýasynyň ýitgisiniň mukdary, mysal üçin termojüdütleriň, elektrodларыň alyp gidýän energiýalary : gapylaryň jebis ýapylmazlygy we ş.m.

Ol şeýle bahalarda alynýar :

$$K_y = (1,15...1,30)$$

Peçleriň energiýa çeşmesinden alýan kuwwaty :

1) sadoçnyý peçler : $P = \frac{Q_g}{\tau_g}$;

2) metodiki: $P = P_P + P_g + \sum P_y + P_s$;

Goýulan kuwwatlyklary : $P_g = K_m P$;

$K_m = (1,1...1,5)$ – koeffisiýent bolup :

- a) goýulan napryaženiýäniň peselmegini ;
- b) gyzdıryjy elementleriň garşylygynyň üýtgemegini;
- c) gurnamanyň iş düzgüniniň üýtgemegini ;

$$P_g = (1,1...1,5)P \text{ bolar}$$

Peýdaly täsir koeffisiýentleri:

$$\eta_s = \frac{Q_p}{Q_u} \cdot 100\% ; \quad \eta_s = \frac{P_p}{P_g} \cdot 100\% ;$$

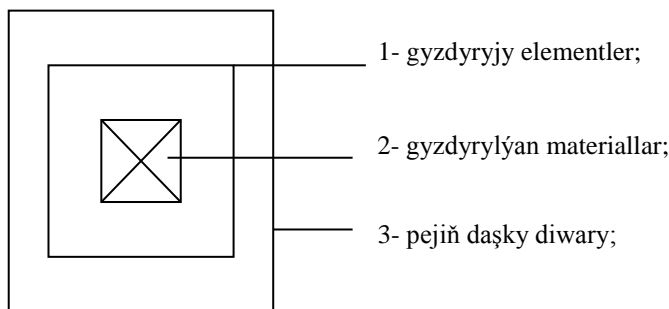
Elektrik energiýasynyň udel sarp edişi :

$$A_s = \frac{Q_u}{G_m} ; \quad A_m = \frac{P_g}{g} ;$$

1.9. Garşylyk esasynda gapdallaýyn işleýän peçleriň elektriki hasaplanýşy

Peçlerde elektriki hasaplama gyzdıryjy elemenleriň geometriki ölçeglerini kesgitlemek we birleşdiriş toparyny anyklamak üçin geçirilýär. Ýokary temperaturaly peçlerde

ýylylyk energiýasy köplenç şöhlenenmek usuly boýunça amala aşyrylýar. Şonuň üçin şeýle ýönekeý mysaldan başlalyň, ýagny ideal peç, ýitgi ýok ($P_y=0$);



Ýönekeý çyzgy.

Gyzdryjy elementiň kuwwatyny tapýarys:

$$P_g = C_{1.2} F_1 \left[\left(\frac{T_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right];$$

Bu ýerde: $C_{1.2}=C_g$ – getirilen ýylylyk (şöhle) goýberijilik ukyplary;

Gyzdryjy element absolýut gara jisim diýip kabul etsek, onda $C_{1.2}=C_g=C_s=5,7$ alarys.

Şeýle-de $F_1=F_2$, gyzdryjy elementiň we işlenip bejerilýän – gyzdrylýan maddanyň üstleriniň meýdany deň diýsek, gyzdryjy elementiň temperaturasyny tapyp bileris:

$$T_g = 100 \sqrt[4]{\frac{P_g}{C_{1.2} F_1} + \left(\frac{T_m}{100} \right)^4};$$

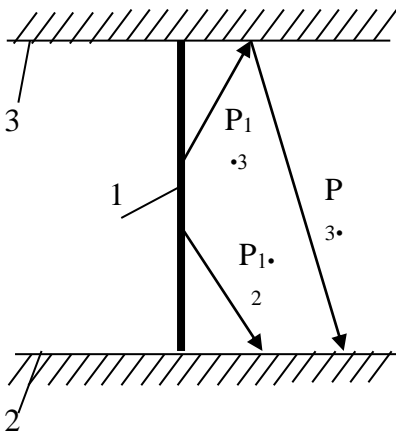
Eger-de gyzdyrjy elementiň kuwwaty we temperaturasy belli bolsa, onda onuň üstki udel energiýasyny tapyp bolar:

$$W_{u.d.s.} = \frac{P_g}{F_g} = C_s \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right];$$

ýa-da

$$W_{u.d.s.} = 5,76 \left[\left(\frac{T_i}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right];$$

Elektrik peçlerinde ýitgisiz bolmaýanlygy üçin meselä şeýleräk seredeliň, ýagny $\Delta P_y \neq 0$ we çyzgydan peýdalanalyň.



- 1) $P_{um} = P_{1.2} + P_{1.3}$, umumy kuwwat;
- 2) $P_p = P_{1.2} + P_{3.2}$, peýdaly kuwwat;
- 3) $P_y = P_{1.3} - P_{3.2}$, ýitirilen kuwwat.

1 – gyzdyrjy element;
 2 – gyzdyrylýan metal;
 3 – pejiň daşky diwary.

1)

$$P_{um} = C_{12}F_{1\bullet2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + C_{13}F_{1\bullet3} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_3}{100} \right)^4 \right]$$

2)

$$P_p = C_{12}F_{1\bullet2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] + C_{32}F_{3\bullet2} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right];$$

3)

$$P_y = C_{13}F_{1\bullet3} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] - C_{32}F_{3\bullet2} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right];$$

Ýokardaky deňlemeleriň (formulalaryň) haýsam bolsa ikisini bilelikde T_1 -e görä işlesek gyzdyrjynyň temperaturasyny tapyp bolar.

Ondan :

$$T_1 = 100 \sqrt[4]{\frac{P_u[(1-\gamma)C_{12}F_{12} + C_{32}F_{32}]}{C_{12}F_{12} \cdot C_{32}F_{32} + C_{12}F_{12} \cdot C_{13}F_{13} + C_{32}F_{32} \cdot C_{13}F_{13}}} + \left(\frac{T_2}{100} \right)^4};$$

bu ýerde : $\gamma = \frac{P_y}{P_{um}}$; we kökün aşagynyň birinji bölegini

C_{12} ulylyga köpeldip – bölüp hem-de degişlilikde belläp alars :

$$\frac{[(1-\gamma)C_{12}F_{12} + C_{32}F_{32}]C_{12}}{C_{12}F_{12} \cdot C_{32}F_{32} + C_{12}F_{12} \cdot C_{13}F_{13} + C_{32}F_{32} \cdot C_{13}F_{13}} = \frac{1}{F_{eff}} ;$$

onda :

$$T_1 = 100 \sqrt[4]{\frac{P_u}{C_{1.2} F_{eff}} + \left(\frac{T_2}{100}\right)^4};$$

F_{eff} – gyzdyryjy elementiň effektiw üsti.

Şeýlelikde $F_{eff} = \alpha_{eff} \cdot F_1$, ýazyp alars :

$$T_1 = 100 \sqrt[4]{\frac{P_u}{C_{1.2} \alpha_{eff} F_1} + \left(\frac{T_2}{100}\right)^4};$$

bu ýerde : α_{eff} - çylşyrymly koeffisiýent, köp ulylyklara bagly, effektiw şöhlelenmek. Şeýlelikde adaty gyzdyryjy elementleriň üstki udel energiýasyny tapyp bolar :

$$W = C_{1.2} \alpha_{eff} \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right];$$

$$W = \alpha_{eff} W_{id.s}$$

Edebiýatlardaky maglumatlar bilen gyzdyryjy elementleriň udel üstki kuwwatyny anyklap bolýar. Ýöne kuwwaty P_u we üstki meýdany F_1 belli bolmaly.

Önümçilikde ulanylýan peçlerde kuwwaty $P > (150 \dots 180) \text{ kWt}$ bolsa işçi gazanyny böleklerge bölýärlar. Ol bölekleriň beýikligi $H = (1,5 \dots 2) \text{ m}$; uzynlygy $\ell = (2 \dots 3) \text{ m}$ deň bolýar. Bölümleriň udel ýüküni kesgitleýiň, ýagny :

$B = \gamma \cdot h \cdot d \cdot \ell$; - «pagon metr» - diýilýär.

Peje salynan metalyň dykzlygy – γ ; beýikligi – h ; onuň ini – d , uzynlygy – ℓ we $\ell = 1 \text{ m}$ alýarlar.

Pejiň bölekleriniň uzynlyklaryny tapars: $\ell_g = g \frac{\tau_g}{B}$ - gyzdyryjy

, $\ell_s = g \frac{\tau_s}{B}$ - saklanýan bölek.

$\ell_{s1} = g \frac{\tau_{s1}}{B}$ sowadylýan bölek.

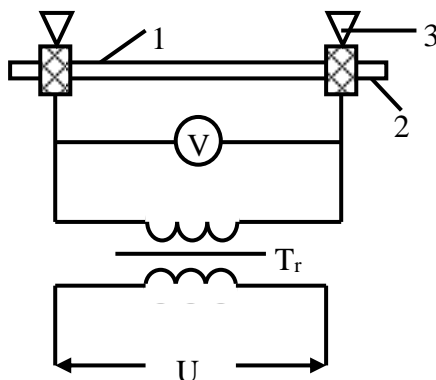
Peçleriň kuwwatyny şeýle hem tapyp bolýar :

$$P_g = WF_g ; \quad P_g = \frac{u_f^2}{R} = \frac{u_f^2 F}{\rho \ell} ;$$

$$\ell = \frac{U^2 F}{\rho P_g} ;$$

1.10. Garşylyk esasynda gönümel işleýän gurnamalar Gyzdyryjy elementleriň görnüşleri

Gönümel işleýän peçlerde ýörite gyzdyryjy element ulanylmaýar. İşlenilip bejerilýän metalyň özi gyzdyryjy elementiň ornuny tutýar. Beýle peçlerde metallar eredilmeýär, diňe gyzdryp, gyzgyn ýagdaýda işlenilip bejerilýär. Gurluşlary boýunça ýönekeý bolýarlar we elektrik shemasy şeýle;



- 1-işlenip bejerýän metal;
- 2-kontakt gurnamasy;
- 3-berkidiji enjam;
- T_r-peç transformatory;

Peç transformatory peseldiji transformator bolup, onuň ikinji sargysyndan çykýan napýaženiýa (5...25) w aralygynda bolýar. Emma metalyň üstünden akyp geçýän toguň ululygy ($10^3...10^4$) A ýetýär. Transformatorlaryň ikinji sargysyndan metala barýan tok geçiriji maýyşgak kabel, käbir ýagdaýlarda suw bilen sowadylýan kabeller ulanylmagy mümkin. İşleýşi ýönekeý, metalyň üstünden elektrik togy geçende onuň garşylygyna baglylykda elektrik energiýasy ýylylyk energiýasyna öwrülýär. Ýylylyk energiýasynyň mukdary bolsa Joul-Lensiň kanuny esasynda hasaplanylýar:

$$Q = I^2 R \tau;$$

$$I = \frac{U}{Z};$$

$$Z = \sqrt{R_{um}^2 + X_{um}^2};$$

$$R_{um} = R_m + R_{t.g} + R_{tr}$$

$$X_{um} = X_m + X_{t.g} + X_{tr}$$

bu ýerde: I-tok güýji;

R-aktiw garşylyk;

τ -wagtdyr;

Z-umumy garşylyk;

R_{um}-umumy aktiw garşylyk;

X_{um}-umumy reaktiw garşylyk;

R_m, X_m-degişlilikde metalyň aktiw we reaktiw garşylyklary; R_{t.g}, X_{t.g}-degişlilikde tok geçiriji

simleriň, kabelleriň aktiw we reaktiw
garşylyklary;

R_{tr} , X_{tr} -degişlilikde transformatorlaryň aktiw we reaktiw
garşylygy;

Aňlatmadaky wagty (τ) öňünden takmynan empiriki
aňlatmanyň kömegi bilen hasaplamak bolar, ýagny,

$$\tau = \frac{c}{a} G_{100} (t''_m - t'_m) \cdot [sagat]$$

bu ýerde: c -işlenip bejeriljek metalyň ýylylyk sygymy;

a -gyzdymaklygyň tizligi;

G_{100} -işlenip bejeriljek metalyň 100 mm
uzynlykdaky agramy

t'_m , t''_m -degişlilikde metalyň başdaky we soňky temperaturasy.

Gönümel işleýän peçleri ýasanlarynda işlenip bejerilýän
metalyň ýylylykdan geometriki ölçeglerini üýtgetmeklerini
hasaba alýarlar we şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$R_t = R_o (1 + \alpha t);$$

bu ýerde: R_o -işlenip bejeriljek metalyň başdaky aktiw
garşylygy;

α -metalyň temperatura koeffisiýenti;

t -metalyň soňky temperaturasy.

1.11. Gyzdyryjy elementleriň görnüşleri

Gyzdyryjy elementler garşylyk esasynda gapdallaýyn
işleýän gurnamalarda peýdalanylýar. Gurnamalaryň
konstruksiýasyna we kuwwatyna, işçi temperaturasyna we
nähili işleri ýerine ýetirmäge niýetlenendigini göz şňünde
tutylyp saýlanyp alynýar. Gyzdyrjy elementler görnüşü,
geometriki ölçegleri boýunça dürli-dürlidirler.

Spiral görnüşli turba we steržen görnüşli ýasy lenteden kebşirlenen we ş.m. Olar ýerleşdirilişi boýunça üç topara bölünýär:

1) açyk gyzdyryjy elementler, ýönekeý kebşirlenen bolup, aşak we orta tempearturaly gurnamalarda peýdalanylýar; hemişe atmosfera howasy bilen gurşalan bolýar; ýerleşdirilişi görünip durýar;

2) ýapyk gyzdyryjy elementler, gurnamalaryň içki diwarlarynda kebşirlenýär, olar görünmeýärler, atmosfera howasy bilen gatnaşykda bolmaýarlar, uzak wagtlaý işleýärler, orta we ýokary tempearturaly gurnamalarda peýdalanylýar;

3) goralan gyzdyryjy elementler, olar aýratyn gazlardan doldurulan ýa-da içinde wakuum döredilen gaplarda ýerleşdirilýärler (käbir tehnologiýa işler üçin olaryň emele getirýän şöhleleriniň reňkleri hem esasy düzüji bolup hyzmat edýär), ýokary tempearturaly ýa-da ýöriteleşdirilen gurnamalarda peýdalanylýar.

Gurnamalarda metal we metal däl materiallardan gyzdyryjy element ýasaýarlar. Olardan mysal üçin: wolfram, molibden, korborund, grafit, niobiý, tantal, düzümi çylşyrymly – garyndyly materiallar we ş.m. Polat gyzdyryjy material hökmünde ulanylmaýar (seýrek ulanylýar).

Düzümi çylşyrymly materiallardan: fehral, kantal (DST, DSD), molibdenli disilid, “Kantal super” (ST we N-33) we ş.m.

Gyzdyryjy elementleriň esasy görkeziji ululyklarynyň biri we udel garşylyklydyr ρ :

$$R = \rho \frac{l}{s}; \quad \rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t);$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t).$$

2. ELEKTRIK DUGASY BILEN GYZDYRÝAN GURNAMALAR

2.1. Elektrik dugasy. Gazlary ionlaşdyrmak

Gazlary ionlaşdyrmagyň bir näçe usullary bar. Adaty ýagdaýda ($T_0=293^0\text{K}$; $P=760$ mm.s.s.) atmosfera howasy elektrik togyny geçirmeýär. Olarda zarýadly bölejikleri döretmeli bolýar.

1) urgy esasynda, ýagny goýulan meýdany artdyryp, ýokarlandyryp bölejikleriň tizligini (\mathcal{G}) artdyrsak, olaryň kinetiki energiýasy (W) köpeliş beýleki bir bölejik bilen çakyşanda (urylanda) hiç bolmanda bir elektrony urup çykarsa, zarýadlanmak (ionizasiýa) hadysasy başlanýar. Onuň üçin:

$$W = \frac{1}{2} m \mathcal{G}^2 \geq W_i;$$

ýerine ýetmeli, W_i -seredilýän gazyň ionlaşmak energiýasy;

2) fotoionizasiýa – ýagtylyk şöhleleriniň täsiri bilen ionlaşdyrmakdyr. Onuň üçin fizika dersinden belli bolşy ýaly “kwantyň”, “fotonyň” energiýasy

$$W = h\nu; \quad \nu = \frac{C}{\lambda};$$

$$W = h \frac{C}{\nu} \geq W_i;$$

şert ýerine ýetirmeli.

Bu ýerde: h -Plankyň hemişeligi;

C -ýagtylyk şöhleleriniň tizligi;

λ -şöhleleriň tolkun uzynlygy.

3) Termoionizasiýa – ýylylyk energiýasynyň täsiri bilen ionlaşdyrmakdyr. Adaty ýagdaýda gaz bölejikleriniň

ýylylykdan emele getirýän hereketlerinden toplan energiýalary gazlary ionlaşdyrmaga ýeterlik bolmaýar.

Olara goşmaça ýylylyk energiýasyny bersek, temperaturasyny ýokarlandyrsak tizlikleri artyp, energiýalary ýokarlanar (W_t). Gazlaryň kinetiki nazarýetinden bilişimiz ýaly ýylylyk hereketinden toplan energiýasy şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$W = \frac{3}{2} K T$$

Bu ýerde: K-Bolsmanyň hemişeligi;

T-absalýut temperatura;

Gazlaryň ionlaşmak derejesini Sahanyň formulasyny bilen kesgitleýip bolýar:

$$P \frac{x^2}{1-x^2} = 2,4 \cdot 10^{-4} T^{2,5} \ell^{-\frac{W_t}{KT}}; \quad x = \frac{n_i}{n};$$

Bu ýerde: P-gazlaryň basyşy;

W_t -gazyň ionlaşmak energiýasy;

n- seredilýän göwrümdäki bölejikleriň sany;

n_i -ionlaşan bölejikleriň sany.

4) Gaty maddalaryň üstünde ionlaşmak – (termoelektron emissiýasy) – geçiriji metallary gyzdýrsak olaryň üstünde ionlaşmak ýüze çykýar. Onuň üçin

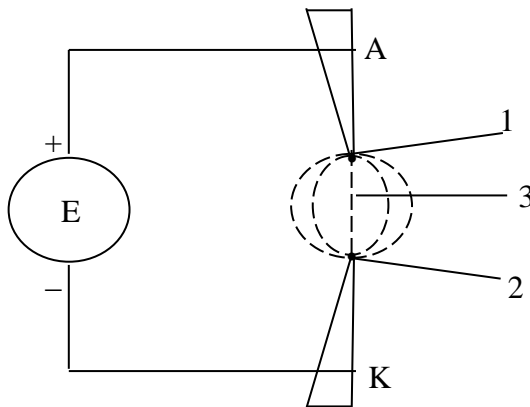
$eU_i = \frac{m g^2}{2}$ çykyş energiýasy (iş) ýeterlik bolmaly. Çykyş işi

dürli materiallar üçin dürlidir, ony edebiýatlardan alynýar (mysal üçin: magniý – 1 ew; alýuminiý – 2,8; wanadiý – 3,8; mis – 3,9; platina – 4,8; altyn – 4,9; nikel – 5,02; demir – 3,9).

Effekt 1905-nji ýylda Mitkewiç tarapyndan açylyp, soňra Riçardson ýokarky şerti subut edýär.

b) Elektrik dugasy we onuň ululyklary.

Elektrik dugasy 1803-nji ýylda rus alymy Petrow tarapyndan açylýar. Elektrik dugasy zaryadsyzlanmasy bolup togyň dykzlygy örän ýokary we katod naprýaženiýesi pes bolýar. Ony şeýleräk çyzgynyň kömegi bilen düşündirip bolar.



- 1- **anod tegmili**; anoddan ionlar kadoda tarap gaýdýarlar we anod elektrodynyň uýynda oýujak emele getirýärler;
- 2- **katod tegmili**; katoddan elektronlar uçup anoda tarap gaýdýarlar; anoddan gelen ionlar katod elektrodynyň üstünde güberçek emele getirýärler, sebäbi ionlaryň massasy (m_i) elektronlaryňkydan (m_e) agyr, ýagny $m_i \gg m_e$;
- 3- elektrik dugasynyň sütüni.

Şol ýagdaýlary göz önünde tutup anod elektrodynyň diametrini (d_A) katod elektrodynyňkydan (d_K) ýogyn edip alýarlar ($d_A > d_K$).

Duganyň naprýaženiýesi:

$$U_d = U_a + U_s + U_K$$

$U_a \neq U_s \neq U_K$ -naprýaženiýeleri deň däldir.

U_a –anod we U_K -katoddaky naprýaženiýeler (uly) ýokary bolmaýarlar, we duganyň togyna bagly däl diýip, hemişelik ululyklar diýip kabul edilyärler. U_s –duganyň sütüniň naprýaženiýesi duganyň togyna we sütüniň garşylygyna baglydyr.

$$U_s = I_d R_s = I_d \rho_s \frac{L_s}{S_s}; \quad R_s = \rho_s \frac{L_s}{S_s};$$

$$\frac{I_d}{S_s} = j_s;$$

$$U_s = j_s \cdot \rho_s \cdot L_s = E_s L_s; \quad E_s = j_s \rho_s;$$

Bu ýerde: R_s – sütüniň garşylygy;
 L_s – sütüniň uzynlygy;
 S_s – sütüniň kesekesiginiň meýdany;
 ρ_s – sütüniň udel garşylygy;
 j_s – sütünde togyň dykzlygy;
 E_s – sütünde elektrik meýdanynyň dartgynlylygy.

Duganyň uzynlygy:

$$L_d = L_a + L_s + L_K$$

L_a , L_K -anodyň, katodyň uzynlyklary ýeterlik kiçi, şonuň üçin: $L_d \approx L_s$ kabul edilyär.

Elektrik dugasy uzynlygy boýunça iki topara bölünýär:

- 1) eger-de elektrodларыň ýylylyk düzgünleri biri-birine täsir etmese, oňa uzyn duga;

- 2) eger-de ýylylyk düzgünleri biri-birine täsir etseler, oňa gysga duga diýilýär.

Elektrik dugasy ýanýan ýerine görä üçe bölünýärler:

- 1) açyk duga, howada ýanýar;
- 2) ýapyk duga, ergin metalyň içinde ýanýar;
- 3) goralan duga, ýörite gazdan doldurulan gapda ýanýar.

Çeşmäniň togyna görä:

- 1) hemişelik togyň dugasy;
- 2) üýtgeýän togyň dugasy;
- 3) üç fazaly togyň dugasy.

Duganyň kuwwaty:

$$P = U_d \cdot I_d \cdot 10^{-3};$$

Effektiw kuwwaty:

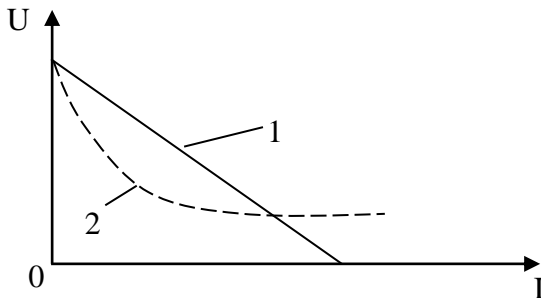
$$P_{ef} = U_d \cdot I_d \cdot \eta_{ef} \cdot 10^{-3};$$

η_{ef} – effektiw peýdaly täsir koeffisiýenti.

- 4) Elektrik dugasynyň häsiýetnamasy.

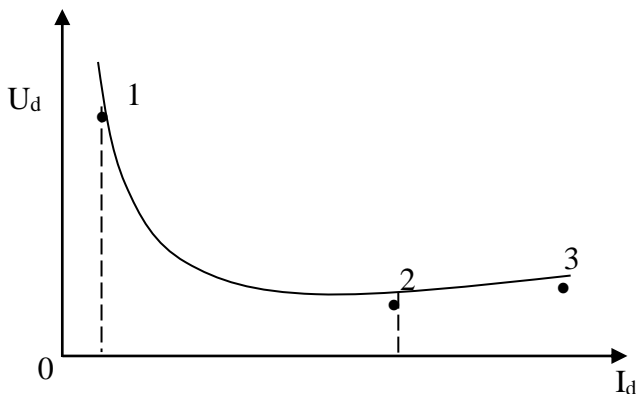
Elektrik dugasynyň wolt-amper häsiýetnamasy esasy ululyklarynyň biri hasaplanýar. Häsiýetnama ikä bölünýär.: statiki we dinamiki.umumy ýazylyşy iki görnüş üçinem bir meňzeş: $U_d = f(I_d)$.

Adaty hemişelik togyň generatorynyň ýa-da hemişelik togyň zynjyryna birleşdirilen enjamlaryň wolt-amper häsiýetnamasy peselýän görnüşde bolýar.



Çyzgyda görkezilişi ýaly (1), emma elektrik dugasynyň wolt-amper häsiýetnamasy çylşyrymly (2) görnüşde bolýar. Şonuň üçin elektrik dugasynyň wolt-amper häsiýetnamasyny dogry gurmak üçin köp alymlar dürli tejribe işlerini geçirip we nazary seljerip şeýle netijeler alypdyrlar.

- 1) Duganyň wolt-amper häsiýetnamasyny gurmak üçin Aýrton şeýle baglansyk hödürleýär:



$$U_d = \alpha + \beta I_d + \frac{\gamma + \delta I_d}{I_d} ; ;$$

Bu ýerde: α , β , γ , δ – hemişelik koeffisiýentler bolup, elektrodalaryň materialyna, gazlaryň düzümine we dugany sowadylyş şertine baglydyr;
 l – duganyň uzynlygy.

Adaty şertlerde kömür elektrodlar üçin:

$\alpha=2,38$; $\beta=1,8$; $\gamma=19$; $\delta=12,6$. deňdir.

Aýrtonyň formulasy kiçi kuwwatly dugalar üçin peýdalanylýar. Ol häsiýetnamadaky 1...2 aralykda ýerine ýetýär.

Ýokary kuwwatly, uly tok geçýän dugalar üçin Notting şeýle baglanşygy hödürledi:

$$U_d = A + Bl + \frac{C + Dl}{I_d^n};$$

Bu ýerde: A, B, C, D-hemişelik ululyklardyr, belli bir şertlerde şeýle bahalara deňdirler:

$A=59,6$; $B=1,25$; $C=20,9$; $D=3,25$.

I_d , l-degişlilikde duganyň togy we uzynlygy.

n -duganyň temperaturasyny hasaba alýan koeffisiýent bolup, şeýle hasaplanýar:

$$n = 2,62 \cdot 10^{-4} T;$$

T- duganyň absalýut temperaturasy. Şeýlelikde Nottingiň formulasy boýunça wolt-amper hasiýetnamanyň 1...2...3 aralygy degişli bolýar.

Şeýle-de kuwwatly dugalar üçin Frelis şeýle baglanşygy hödürledi:

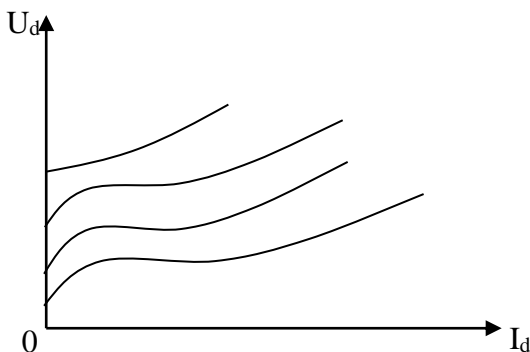
$$U_d = \alpha + \beta l;$$

Bu ýerde: α -ululyk anod (U_a) we katod (U_K) naprýaženiýeleriň jemidir, $\alpha = U_a + U_K$; olar ululyklary boýunça kiçi we duganyň togyndan (I_d), uzynlygyna bagly däldir;

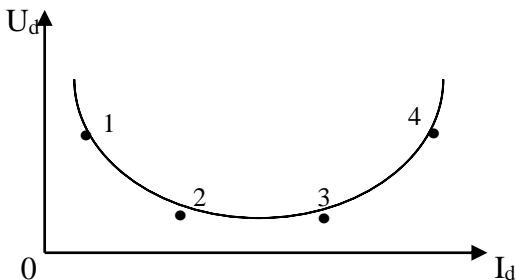
β -duganyň sütünindäki potentsiallaryň gradiýenti;

βl - duganyň sütünindäki naprýaženiýe, onuň uzynlygyna bagly.

Korýagin pes basyşda, ýeterlik sowadylan ýerde (plazma dugasy) ýokarlanýan (ösýän) wolt-amper häsiýetnamasyny gurdy, ýagny çyzgyda takmynan görkezilişi ýaly.



Ýokarky maglumatlary jemläp duganyň wolt-amper häsiýetnamasyny şeýle gurup bileris:

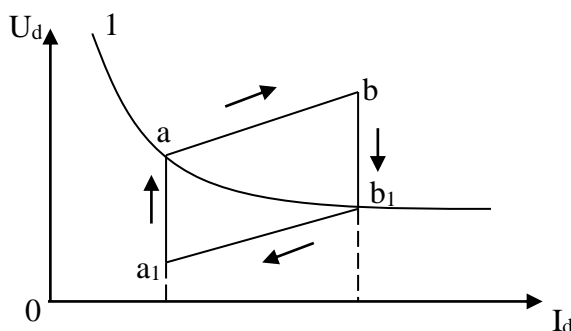


Diýmek $U_d = f(I_d)$ “U” görnüşli bolýar. Duganyň statiki (durnukly) wolt-ampere häsiýetnamasy.

Elektrik dugasynyň anod we katod tegmilleriniň uzynlyklary (l_a, l_k) örän kiçi ululyklar $[(10^{-5} \dots 10^{-6}) \text{ sm}]$ özlerem üýtgäp durýarlar.

2.2. Elektrik dugasynyň dinamiki wolt-ampere häsiýetnamasy

a) Duganyň dinamiki wolt-ampere häsiýetnamasy durnuksyz bolýar. Ony ölçäp gurup bolmaýar. Belli bir pursatda ýüze çykýar we ýitip gidýär. Ony şeýle seljermäge çemeleşeliň.

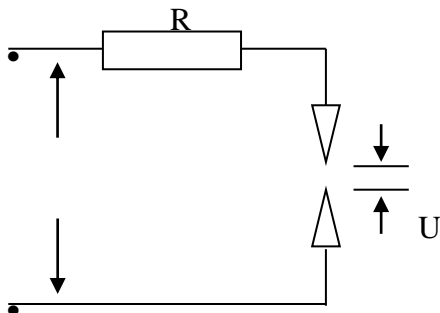


Çyzgyda statiki wolt-ampere häsiýetnama görkezilen (1), diýeliň a-nokatda duganyň togy artdy. Şol wagtda elektrodalaryň arasynda zarýadsyz bölejikler zarýadlanyp ýetişip bilmeýärler. Şonuň üçin bir wagtda naprýaženiýe hem ýokarlanýar, b-nokada çenli ýokary galýar. Soňra birdenem bölejikler zarýadlanýar we tok ulalyp, naprýaženiýe peselýär, b₁-nokada gelýär. Indi diýeliň tok I_b bahasyndan birden peselipdir diýeliň. Şol wagt zarýadly bölejikler zarýadsyzlanyp (rekombirlenip) ýetişmeýärler we b₁-a₁ boýunça peselýär, soňra naprýaženiýe

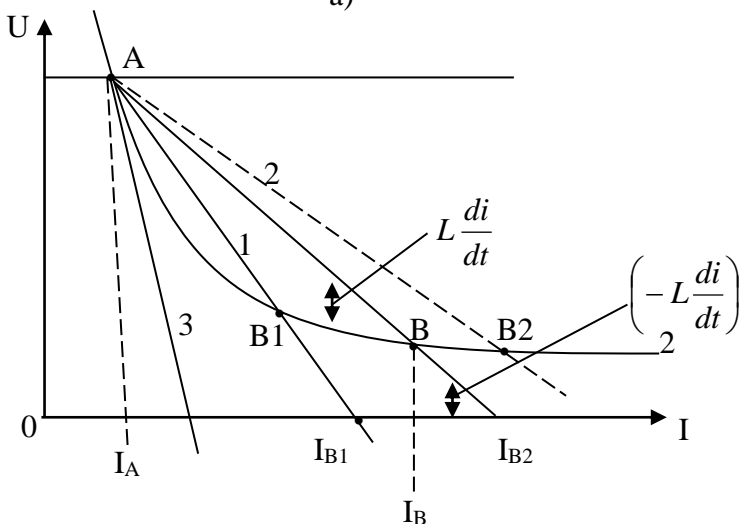
ösüp, ýokarlanylýp a nokada barýar. Şeýlelik-de a-b-b₁-a₁-a netijä, duganyň dinamiki wolt-ampere häsiýetnamasy diýilýär.

b) Duganyň durnukly ýanmagynyň şerti.

Elektrik dugasynyň durnukly ýanmagynyň şertini çeşmäniň we duganyň wolt-ampere häsiýetnamalaryny bilelikde gurup seljerip bolar.



a)



b)

1-çeşmäniň WAH-sy;

2-dugany WAH-sy

Elektrik dugasynyň işleýşini sazlamak üçin zynjyra goşmaça R garşylyk birikdirilmeli. Umumy naprýaženiýe şeýle bolar:

$$U=U_R+U_d=IR+IR_D=I(R+R_D).$$

Duganyň togy bir sebäp bilen I_B bahasyndan I_B peselse, ýa-da I_{B2} çenli ýokarlansa çylşyrymly ýagdaý ýüze çykýar, ýagny ol ýerdäki zarýadly we zarýadsyz bölekleriň hasabyna garşylyklaýyn elektrik hereketlendiriji güýji (e.h.g) ýüze çykýar

$\left(L \frac{di}{dt} \right)$. onda ýokarky formulany şeýle ýazarsy:

$$U=U_R+U_d \pm L \frac{di}{dt} ;$$

$(\pm L \frac{di}{dt})$ - bu ýerde ululyk poližitel we otrisatel alamata eýe bolýar; L-alamaty ýok;

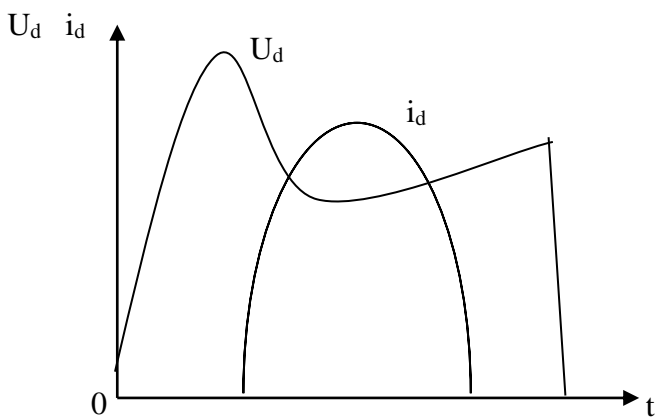
$(\frac{di}{dt})$ - toguň wagta görä üýtgemek tizligi, onuň alamaty

üýtgeýär. Iki ýagdaýda hem $L \frac{di}{dt}$) ululyk togy öňki bahasynda saklamaga çalyşýar. 1-nji, 2-nji çyzyklarda hem B togyň ululygyny B1 we B2 nokatlarda saklamaga çalyşýar. Şonuň üçin “B” nokada duganyň durnukly ýanmak nokady diýilýär. 3-nji çyzyk çeşmäniň (WAH)- na galtaşyp geçýär. Beýle ýagdaýda duganyň sönmek ähtimallygy ýokary bolýar. Ýokarky ýagdaýlary zynjyra birikdirilen garşylygyň (R) dürli bahalarynda (ululyklarynda) almak bolýar. Şeýlelikde elektrik dugasynyň togyny dürli usullar bilen sazlap bolýar:

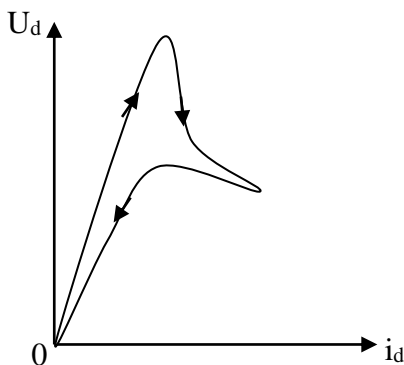
- 1) elektrik zynjyryna üýtgeýän aktiw garşylyk (R) birikdirip, önümçilikde seýrek ulanylýar;
- 2) çeşmäniň naprýaženiýesini (U) üýtgetmek bilen;
- 3) duganyň walt-amper häsiýetnamasyny üýtgetmek bilen;
- 4) Elektrodларыň aralygyny (I_d) üýtgetmek bilen (seýrek ulanylýar).

Önümçilikde durmuşda 2,3 usul giňden peýdalanylýar. Elektrik duga peçlerinde çylşyrymly, dürli enjamlar hem ulanylýar.

Üýtgeýän toguň dugasy – duganyň ýanmak şertleri düýpgöter üýtgeýär. Ýagny duga bir periodyň dowamynda iki gezek ýanyp sönýär. Şonuň üçin statiki walt-amper häsiýetnamasy hakynnda gürrüň etmekligiň manysy bolmaýar. Bir periodyň dowamynda dinamiki häsiýetnasy dowamlylygyna bagly bolýar.



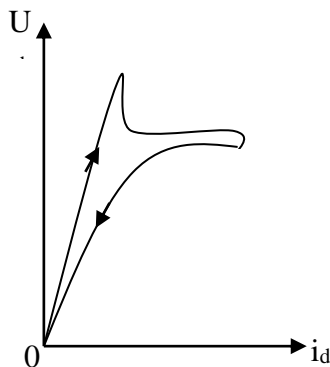
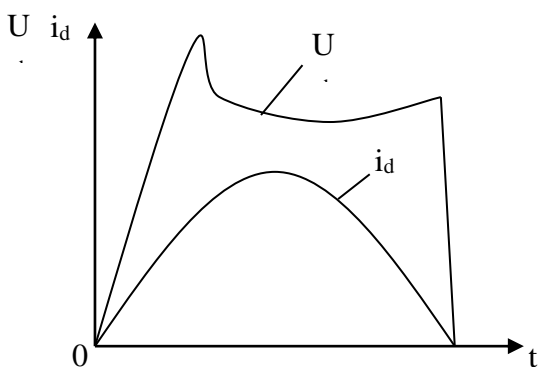
a)



$$U_d = f(t) \quad i_d = f(t) \quad U_d = f(i_d)$$

Kiçi kuwwatly üýtgeýän toguň dugasynyň össillogrammasy.

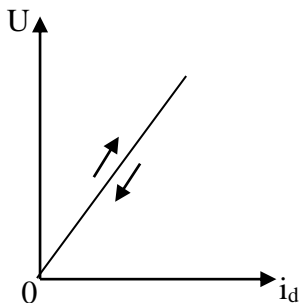
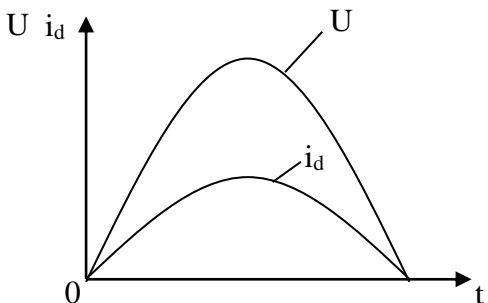
$$U_d = f(t) \quad i_d = f(t) \quad U_d = f(i_d)$$



b)

Ýokary kuwwatly üýtgeýän toguň dugasynyň össillogrammasy

$$U_d = f(t) \quad i_d = f(t) \quad U_d = f(i_d)$$



Ýokary kuwwatly, gowu ýylylyk izolýasiýa bolan üýtgeýän toguň dugasy.

Üýtgeýän toguň zynjyrynda elektrik dugasy ýansa (emele gelse) toguň, naprýaženiýanyň hili üýtgeýär, sinusoidallygy bozulýar we ş.m.

Belli bolşu ýaly üýtgeýän toguň (naprýaženiýanyň) dürli ululyklary bar. Şonuň üçin belläp geçmek gerek. Ýagny hemişelik toguň dugasyna degişli kanunlar, formulalar üýtgeýän toguň täsir ediş ululyklary bilen emele gelen elektrik dugalary üçin hem ulanmak bolar. Üýtgeýän toguň zynjyrynda elektrik dugasy ýananda zynjyrdaky çylşyrymly hadysa ýüze çykýar. Ýokary ýygylykly garmonikalar (yrgyldylar) emele gelip, zynjyrdaky beýleki enjamlara ýaramaz täsir edýär. Şonuň üçin kuwwatly elektrik dugasy bilen işleýän peçleri aýratyn çeşmeden (ulgamdan) iýmitlendirýärler.

Üýtgeýän toguň, naprýaženiýanyň başdaky ululyklaryny şeýle ýazsak:

$$U=U_m \sin \omega t, \quad i=I_m \sin \omega t;$$

Elektrik dugasy ýüze çykanda faza tapawudy emele gelýär:

$$U=U_m \sin(\omega t+\varphi); \quad i=I_m \sin(\omega t+\varphi)$$

Önümçilikde, durmuşda dürli işleri ýerine ýetirmekde üýtgeýän toguň dugasy giňden peýdalanylýar. Duganyň sütüniniň temperaturasyny (T) şeýle formula bilen tapyp bolar:

$$T=810 U_i$$

Bu ýerde: U_i – duganyň ýanýan ýerindäki gazyň ionlaşmak potensialy, edebiýatlardan alynýar, hemişelik ululyk.

2.3. Elektrik duga peçleri

Elektrik duga peçleri tebigy magdanlardan arassa metal, polat almakda önümçilikde giňden ulanylýan gurnamalarydyr. Olarda köplenç polat almaklyk işi amala aşyrylan soň olara “polat erediji duga peçleri” hem diýilýär. Duga peçleri gurluşlary, ýerine ýetirýän işleri, kuwwatlyklary, işçi temperaturasy, iş düzgünleri boýunça bir näçe toparlara bölünýär.

Olar :

- 1) Rudnotehniki peçler, kuwwaty boýunça örän kuwwatly gurnamalar hasaplanýar; dürli magdanlary eredip we garyşdyryp dikeldiş işleri üçin, täze metal almak üçin we ş.m. uly göwrümlü işlerde ulanylýar.
- 2) Gapdallaýyn işleýän duga peçleri, arassa, ýokary hilli polat almak üçin peýdalanylýar, kuwwatly gurnama hasaplanýar.
- 3) Gönümel işleýän duga peçleri, önümçilikde köpçülikleýin ulanylýar, gurluşy çylşyrymly gurnama, ýokary temperaturada ereýän metallary eretmekde ulanylýar.
- 4) Wakuum duga peçleri gurluşy boýunça örän çylşyrymly, bahasy gymmat, iýmitlendirmek üçin ýöriteleşdirilen energiýa çeşmesi gerek, metallary eretmek, işläp-bejermek işi wakuumda bolany üçin örän ýokary hilli metal, polat, önüm alyp bolýar.
- 5) Elektroşlak duga peçleri gurluşy çylşyrymly, ýokary hilli metal almak üçin ulanylýar, ýöriteleşdirilen gurnama, işçi temperaturasy orta we ýokary, bahasy gymmat.

2.4. Rudno – termiki peçler

Rudno – termiki peçler gurluşy boýunça polat eredýän duga peçlerinden az tapawutlanýar. Olar üznüksiz işleýärler;

işçi temperaturasy olaryňkydan pes. Köplenç dikeldiş işleri üçin peýdalanylýar; fosfor, karbid we başga bir näçe mineral dökünleri almak üçin peýdalanylýar. Käbir halatda magdanlary eretmek üçin ulanylýar. Peçler beýleki gurnamalardan şeýle tapawutlanýarlar:

- 1) ergin “metalyň” şihtasynyň udel garşylygy beýlekileriňkiden ýokary, şonuň üçin şihtadan tok geçende bölünip çykýan joul ýylylygyny almazlyk mümkin däl; hemme ýylylyk energiýasynyň elektrik dugasynda bölünip çykýan ýagdaýlary bolýar. Emma birnäçe peçlerde dugada dälde, şihtada hem bölünip çykýar. Peçleriň köpüsinde iki ýagdaý bile bolýar;
- 2) polat eredýän peçlerde bir hadysa (eretmek) bolup geçýär, emma rudno-termiki peçlerde köp hadysalar bolup geçýär, şonuň üçin dürli konstruksiýaly peçler ýasalýar;
- 3) rudno-termiki peçleriň elektrik energiýasyny sarp edişi ýokary 2000...10 000 kwt s/tonna ýetýär. Onuň sebäbi: peçde eremek temperaturasy ýokary magdanlar eredilýär; eredilýän magdanlaryň köpüsi hapa-garyndyly, olar üçin goşmaça energiýa sarp etmeli bolýar; peçlerde ýylylygy özüne kabul edýän reaksiýalar (endotermiki) bolup geçýär.
- 4) Rudno-termiki peçlerde hadysalar üçin uly göwrümlü önüm almak üçin kuwwatly gurnamalar gerek bolýar ($S=100$ MWA); magdanlary ýüklemek we düşürmek işleri hem köp zähmet talap edýär.
- 5) Gurnamalar üznüksiz işleýärler, 1,5...2 ýyldan kapitalniý tazedan dikeldiş işleri geçirilýär. Şonuň üçin pejiň ähtibarly konstruksiýasy gerek we suw bilen sowadyş enjamlary bolmaly;
- 6) Gurnama parahat işleýär, beýlekilere görä, togyň üýtgemesi seýrek we kiçi tokda bolýarlar.

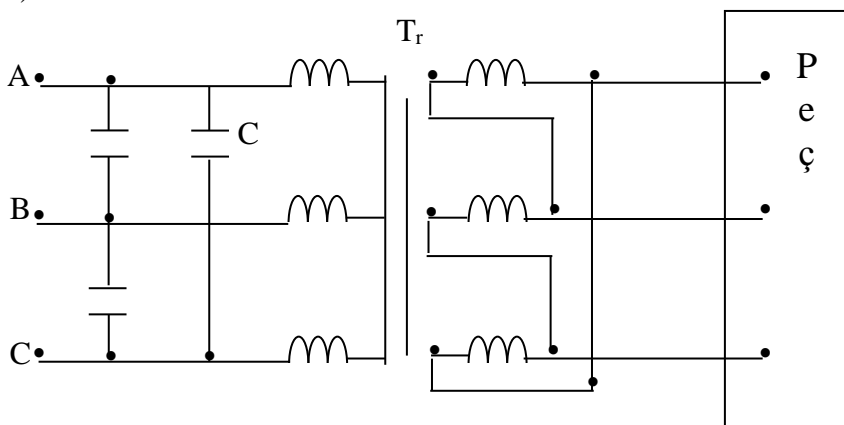
Gurnamalar kuwwatly bolany üçin olar üç fazaly (üç elektrody) bolýarlar üçburçluk (Δ) görnüşinde birleşdirilýärler.

Aşa ýokary kuwwatly peçlerde alty (6) elektrodly ýasalýarlar. Goşmaça üç elektrodlar çylşyrymly we olar ereýärler. Elektrodlaryň diametrleri 2000mm ýetýär. Uzynlygy 10...15 metre we massasy 5 tonna ýetýär.

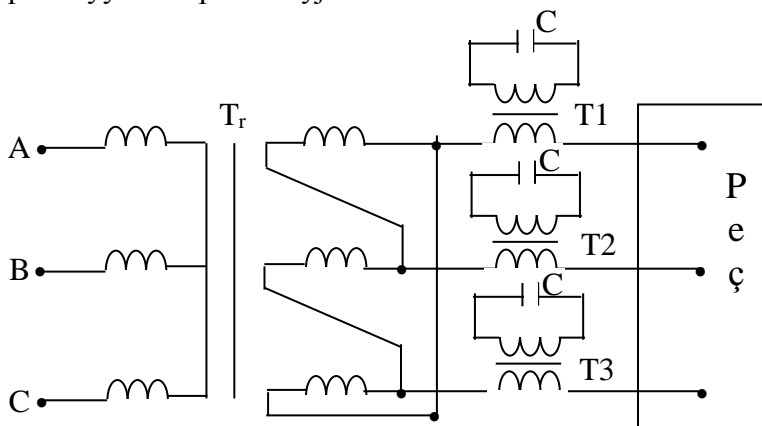
Elektrodлары аýратынlykda troslar bilen berkidilýär we elektrodwigateller (лебýodka) bilen herekete getirilýär. Elektrodлар ereýän bolsa, kelteden wagtynda аýратын goşmaça mehanizimler bilen sazlanýar.

Transformatordan elektrodlara çenli tok geçiriji kabelleriň gurluşy çylşyrymly. Olardan onlarça, ýüzlerçe, ýüzmünlerçe (10;100;100 000 A.) amper hatda ondanam gowrak tok akýar. Şonuň üçin suw bilen sowadar ýaly tok geçirijiler peýdalanylýar. Gurnamalaryň peç transformatorynda reaktor goýulmaýar. Göz önüne tutulan çärelere garamazdan kuwwatlyk koeffisiýenti (0.8...0.7) aralykda bolýar [$\cos\varphi=0.7...0.8$]. Kuwwatlyk koeffisienti (0,90....0,95) ýetirmek üçin reaktiw kuwwatly kompessirlemek bilen amala aşyrylýar, ýagny kondensatorlaryň (c) toplumy peýdalanylýar. Ony ýönekeý shemada şeýle görkezmek bolar:

a)



Gapdallaýyn kompensirleýji shema.



Göni-sygym öwezini dolmak shemasy (prodolno-ýemkostnoý kompensassiya), şeýle shema peýdalanylanda pejiň transformatorynyň kuwwatyny peseldip hem bolar. Ýagny beýlekilere görä kiçi (az) kuwwatly transformator peýdalanyňp bolar.

Gurnamanyň kuwwatyny şeýle formula bilen tapyp bolar:

$$S = \frac{A}{K \cdot \tau_e \cdot \cos \varphi}.$$

bu ýerde: A – energiýanyň udel sarp edişi;

k – peç transformatorynyň peýdalanyş koeffisienti (0,8...0,9);

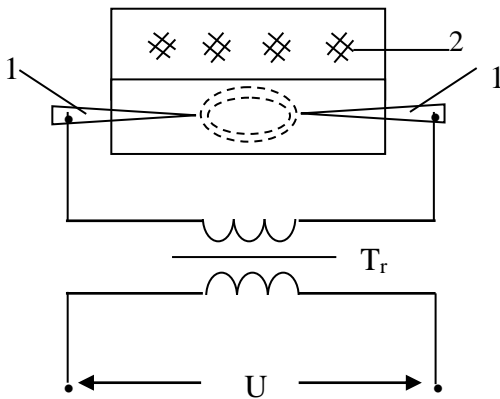
τ_e – metaly eretmegiň wagty;

$\cos \varphi = 0.8 \dots 0.9$ – kuwwatlyk koeffisiýenti.

Gurnamanyň gazanyny silindir ýa-da dört burç görnüşinde ýasaýarlar; oda çydamly materiallar peýdalanylýar.

2.5. Gapdallaýyn işleýän elektrik duga peçleri

Gapdallaýyn işleýän peçlerde elektrik dugasy aýratyn bir kamerada ýanýar. İşlenip bejeriljek, erediljek magdan (material) başga bir kamerada ýerleşýär. Ýönekeý çyzygysy şeýle: 1 – eremeýän elektrodlar; 2 – metal, eredilýän magdan;



T_r – peç transformatory. Peçler gorizontál (kese) ýa-da wertikal (dikligine) durian silindir görnüşinde ýasalýar.

Peçler şeýle düzüjilerden durýar:

- 1-daşky gaby (metaldan);
- 2-futirowka (gyzgyna çydamly kerpiçlerden);
- 3-elektrodlar (kömürden, grafitden);
- 4-elektrody saklaýjylar;
- 5-elektrody berkedijiler;
- 6-elektrody el bilen herketetijiler;
- 7-elektrody awtomatiki hereketetiji enjamlar;
- 8-maýyşgak tok geçiriji kabel;
- 9-peç transformatory, (kiçi kuwwatly peçlerde gazan bilen bile kebşirleýärler; uly kuwwatly peçlerde aýratyn);
- 10-gözegçilik-ölçeg we gorag enjamlary.

Metal eredilende onuň hili ýokary bolar ýaly peji çäýkap durmaly. Onuň üçin ýörüte “rewerser” diýilýän enjam ulanylyr. Onuň gurluşy çylşyrymly, dürli shemalar peýdalanylýar. Taýýar önümi-ergin metaly rewerseriň kömegi bilen daşary çykarýarlar-guýýarlar.

Peçleri naprýaženiýasy 6;10 we 30 KW bolan çeşmelerden iýmitlendirýärler. Gurnamanyň transformatorynyň ikinji sargysyndan alynýan naprýženiýanyň (U_r) ulylygy onuň kuwwatyna görä bolýar. Olar kuwwatlyklary boýunça üçe bölünýär:

- 1) pes kuwwatly peçler üçin $U_2=225...300 \cdot W$;
- 2) orta kuwwatly peçler üçin $U_2=300...450 \cdot W$;
- 3) ýokary kuwwatly peçler üçin $U_2=450...600 \cdot W$;

Gurnamany häsiýetlendirýän esasy ulylyklar: G-iş gazanynyň göwrümi; S_{tr} -peç transformatorynyň nominal kuwwaty, I_{n2} -transformatoryň ikinji sargysyndan akýan nominal tok; W-energiýanyň udel sarp edilişi; g - gurnamanyň (pejiň) öndüriligi, gurnamanyň esasy ulylyklaryny kesgitlemek we olaryň özara baglanşyklaryny şeýle formulalaryň kömegi bilen amala aşyrylýar.

Gazanyň göwrümini hemişelik diýip pejiň öndüriligi bilen özarabaglanşygyny şeýle ýazyp bolar:

$$g = \frac{nG}{\tau_1 + \tau_2 + \tau_3}$$

Bu ýerde: n-pejiň işlän sagat sany; smenada, gije-gündizde;

$\tau_1 = (\tau_y + \tau_d)$ – magdany peje ýüklemek (guýmak) τ_y , düşürmek τ_d wagty;

τ_3 -peçdäki önümi “baýlaşdyrmak”, dikeldiş, goşandy goşmak wagty;

τ_2 -metaly gyzdýrmak, eretmek wagty we ol şeýle formula bilen tapylýar:

$$\tau_2 = \frac{AG}{S \cos \varphi_2 \eta_{2el} - q_2}.$$

Bu ýerde: S-peç transformatorynyň kuwwaty;

$\cos \varphi_2$ – kuwwatlyk koeffisiýentiniň orta bahasy;

η_{2el} – zynjyryň ikinji tarapyň peýdaly täsir koeffisiýentiniň orta bahasy;

q_2 – metal gyzdýrylan, eredilen wagtyndaky ýitirilen ýylylyk energiýasynyň mukdary;

A – energiýanyň udel sarp edişiniň nazary hasaplanan mukdary.

Önümçilikde iş ýüzündäki energiýanyň udel sarp edilişini şeýle formula bilen tapylýar:

$$W = \frac{q_1 \tau}{\eta_{2el} G} + \frac{S \cos \varphi_2 \tau_2}{G} + \frac{q_3 \tau_3 + Q}{G}$$

bu ýerde: q_1 q_3 – degişlilikde τ_1 we τ_3 wagtlarda ýitirilen ýylylyk energiýalarynyň mukdary;

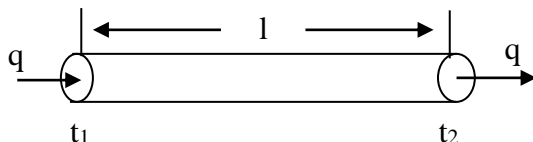
Q – endotermiki reaksiýa sebäpli ýitirilen ýylylyk energiýasynyň mukdary.

Formuladan görnüşi ýaly peç transformatorynyň kuwwaty näçe ýokary bolsa, energiýanyň udel ýitgisi şonçada az boljak. Ikinji sargydan akýan togyň (I_2) bahasyny nominal (I_{2n}) ulylykda saklap, naprýaženiýany ýokarlandyrmak amatly bolýar. Beýle ýagdaýda elektrodларыň diametrini kiçeldip bolýar; tok geçirijileriň diametrini kiçeldip, olaryň gyzmagyndan energiýanyň ýitgisini azaldyp boljak; uzyn duga alyp boljak, ol bolsa koeffisiýenti ($\cos \varphi_2$) we peýdaly täsir koeffisiýenti (η_2) ýokarlandyryp boljak; gurnamanyň elektriki shemasy ýönekeýleşýär.

Gurnamanyň elektrodларыnyň diametrini kesgitlemäge Gering we Paskýe şeýle çemeleşipdirler.

a) Gering şeýle çaklama usuly gözöňünde tutýar:

1) elektrod uza boýuna izolirlenen ýylylyk geçiriji material hasaplaýar,



onda

l -elektrodyň uzynlygy;

q -ýylylyk mukdary;

t_1 ; t_2 – uçларыndaky temperaturalar;

($t_1 > t_2$); elektrodda emele gelen ýa-da berilýän ýylylyk mukdary şeýle bolýar:

$$q = \frac{\lambda(t_1 - t_2)}{s} F = \frac{\lambda(t_1 - t_2)}{l} F.$$

$S=l$ -kabul edildi.

Sarp edilen elektrik energiýasynyň mukdary:

$$P = I^2 R = I^2 \rho \frac{l}{F}; \quad R = \rho \frac{l}{F}.$$

1) Şeýle şert bilen ($q = \frac{1}{2} P$.) tapylan

elektrodyň diametri talaby kanagatlandyryýar, onda:

$$\frac{\lambda(t_1 - t_2)}{l} F = \frac{1}{2} I^2 \rho \frac{l}{F};$$

$$2\lambda(t_1 - t_2)F^2 = \rho I^2 l^2;$$

$$F = \sqrt{\frac{\rho I^2 l^2}{2\lambda(t_1 - t_2)}} = Il \sqrt{\frac{\rho}{2\lambda(t_1 - t_2)}};$$

Elektrody silindir görünüşinde diýip alýarys, onda:

$$F = \frac{\pi d^2}{4}; \quad \frac{\pi d^2}{4} = Il \sqrt{\frac{\rho}{2\lambda(t_1 - t_2)}};$$

$$d = \sqrt{\frac{4Il}{\pi} \sqrt{\frac{\rho}{2\lambda(t_1 - t_2)}}}, \text{ ýa-da: } d = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}};$$

Emma beýle şert bilen tapylan ulylyk (d) önümçiligiň talaplaryny kanahatlandyрмаýar. b) Paskýe özboluşly koeffisiýentleri (α ; β) girizip elektrodyň uzynlygyny bölege bölüp, şeýle şert bilen kesgitlemegi maslahat berdi:

$$q = \frac{\lambda(t_1 - t_2)}{l_1} F \alpha;$$

$$p = I^2 \rho \frac{l_2}{F} \beta;$$

Şeýle şert bilen ($q=p$) tapylan elektrodyň diametri talaby kanahatlandyryýar, onda:

$$\frac{\lambda(t_1 - t_2)F \alpha}{l_1} = I^2 \rho \frac{l_2}{F} \beta;$$

$$F = \sqrt{\frac{\rho \beta l_1 l_2 I^2}{2\lambda(t_1 - t_2)}} = I \sqrt{\frac{\rho \beta l_1 l_2}{2\lambda(t_1 - t_2)}};$$

bu ýerde: l_1 -elektrodyň ýokarsyndan elektrody saklaýjylara çenli uzynlygy;

l_2 -elektrodyň uzynlygy;

α, β – çylşyrymly koeffisiýentler; şeýle bolýar:

$$\alpha = f\left(\frac{d}{l_1}\right);$$

α - elektrodyň gapdallaryndan daşary berilip ýitirilýän ýylylyk energiýasy;

$$\beta = f\left(\frac{d}{l_2}\right);$$

β - elektrodyň uzaboýuna toguň dykzlygyny hasaba alýan ululyk.

Gurnamalarda suw bilen sowadylýan tok geçirijiler ulanylýar, maýyşgak kabeller görnüşinde bolup, gurnamanyň umumy agramyny artdyrýar.

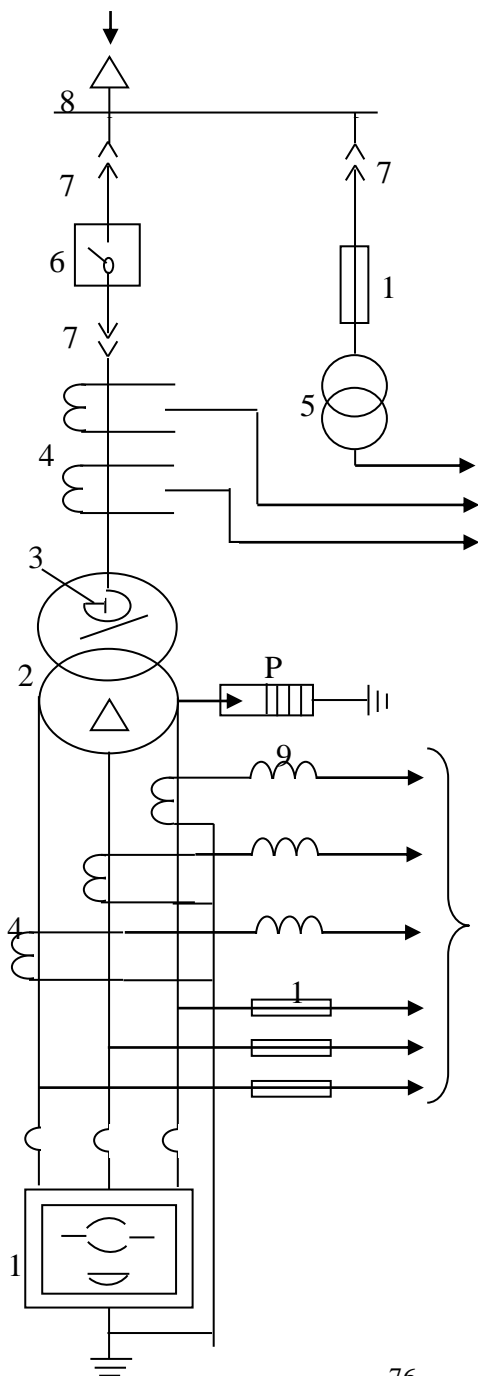
Gözegçi-ölçeg we goraýjy enjamlar ýüze çykýan impuls toklaryny we naprýaženiýelerini göz önüne tutup saýlamaly bolýar.

2.6. Gönümel işleýän polat erediji duga peçleri

Gönümel işleýän polat erediji duga peçleri kuwwaty, işçi gazanynyň ulylygy, gurluşynyň çylşyrymlygy we köp dürlüligi boýunça, energiýany köp sarp edişi boýunça iri gurnamalaryň biri hasaplanylýar. Peçler wagtal-wagtal işleýärler, ol bolsa peýdaly täsir koeffisiýenti peseltýär. Magdanlardan ýokary temperaturada ereýän, işläp bejerilýän

metallary (polat) almak üçin ulanylýar. Bir we üç fazaly bolýarlar. Elektrik dugasy elektrodlar bilen magdanyň arasynda ýanýar, şonuň üçin gönümel işleýän peçler diýilýär. Duga ýanan wagtynda ýokary ýygyllykly garmonikalar ýüze çykýar, olar bolsa energiýa çeşmesinde goşmaça ýitgi döredýär. Emele gelen reaktiw kuwwatlygyň öwezini dollar ýaly kondensatorlar toplumyny birleşdirýärler. Ýöne ony hem çalt birleşdirip ýazdyrar ýaly ähtibarly açarlar gerek. Şeýlelikde gurluşy we shemasy çylşyrymlaşýar. Garmonikalar aragatnaşyk enjamlaryna we teleýaýlymyň ulgamlaryna uly päsgel berýär. Sebäbi esasy tok çeşmesinden gelýän energiýanyň (toguň, naprýaženiýanyň) sinusoidallygy bozulýar.

Duga pejiniň iýmitlendirilişiniň ýönekeý shemasy.



- 1-peç (gazany);
- 2-peç transformatory;
- 3-goýulan reaktor;
- 4-tok transformatory;
- 5-napryażeniýe transformatory;
- 6-kuwwatly elektrik açary;
- 7-aýryjy açar;
- 8-ýokary napryażeniýanyň gelýän ulgamy;
- 9-aşa napryażeniýeden goraýjy rebler;
- 10-ereýji goraýjy;

Kuwwaty sazlaýjylara we ölçeýji enjamlara.

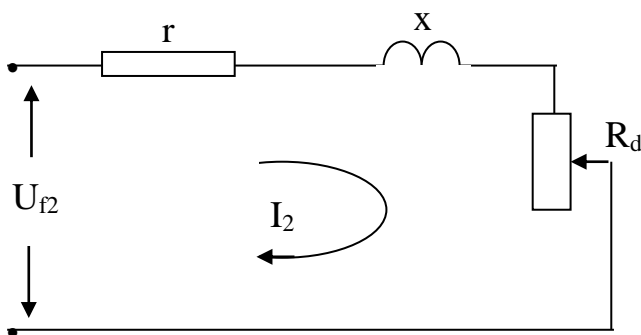
PB-wentel zarýadsyzlandyryjysy.

Gurnama naprýaženiýesi 6; 10; 30 kw bolan çeşmelerden iýmitlendirilýär, kuwwatyna görä saýlanyp alynýar. Peç transformatorynyň ikinji sargysy, elektrodlar, birleşdiriji kabellar, gözegçilik-ölçeg enjamlary “gysga seti” düzýärler. Onuň hasabyny aýratynlykda ýerine ýetirmeli. Peç transformatoryndaky reaktor (3) toguň, naprýaženiýanyň pursatlaýyn üýtgemeginden ýüze çykýan näsazlyklaryň önüni almak üçin goýulýar.

Gurnamalaryň esasy ulylyklaryny hasaplamak üçin onuň çalşyryş shemasyndan peýdalanýarlar; $R_d=0$ şert bilen toguň gysga utgaşma bahasyny tapyp:

$$I_{g.u.} = \frac{U_{f2}}{Z} = \frac{U_{f2}}{\sqrt{r^2 + x^2}};$$

Soňra beýleki ulylyklarynyň kömegi bilen aýlaw diagrammasyny gurýarlar, şeýlelikde degişli ulylyklaryny anyklaýarlar. Ýönekeýleşdirilen çalşyryş shemasy boýunça.



Umumy naprýaženiýe:

$$U_f = \sqrt{(U_r + U_R)^2 + U_x^2}$$

Toguň ulylygy:

$$I_2 = \frac{U_{f2}}{\sqrt{(r + R_d + x)^2}}.$$

Esasy ulylyklary şeýle taparys:

$$1) P_y = 3I_2^2 r$$

- ýitirilen energiýa;

$$2) P_p = 3I_2^2 R_d$$

- peýdaly, metaly gyzdymak üçin sarp edilen energiýa;

$$3) P_a = P_y + P_p = 3I_2^2 (r + R_d)$$

- umumy aktiw kuwwat;

$$4) \eta = \frac{P_p}{P_a} = \frac{3I_2^2 R_d}{3I_2^2 (r + R_d)} = \frac{R_d}{r + R_d} \cdot 100 \%$$

-peýdaly täsir koeffisiýenti;

$$5) S = 3U_{f2} I_2$$

- umumy kuwwat;

$$6) \cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{3I_2^2 (r + R_d)}{3I_2 U_{f2}} = I_2 \frac{r + R_d}{U_{f2}};$$

- kuwwat koeffisiýenti;

Aşaky baglanşyklar gurnamanyň elektriki häsiýetnamasyny berýär:

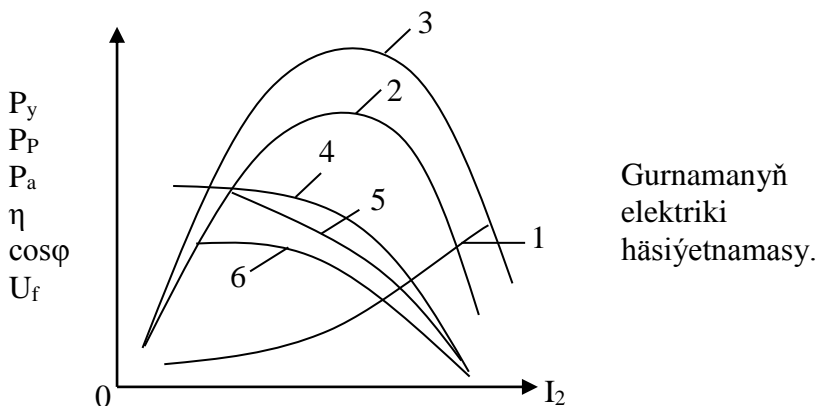
$$P_y = f(I_2);$$

$$P_p = f(I_2);$$

$$P_a = f(I_2); \quad \eta = f(I_2); \quad U_d = f(I_2); \quad \cos \varphi = f(I_2).$$

Ulylyklary hasaplap baglanşygyny gursak, şeýle netijäni alarys:

$$7) \quad U_d = f(I_2)$$



Çyzgydan görnüşi ýaly tok (I_2) ösdügiçe käbir ulylyklar kiçelýärler, birnäçesi bolsa ilki ösüp, uly bahadan geçip, soňra peselýärler.

Gurnamanyň beýleki ulylyklaryny şeýle aňlatmalar bilen tapyp, işçi häsiýetnamasyny gurup bolar.

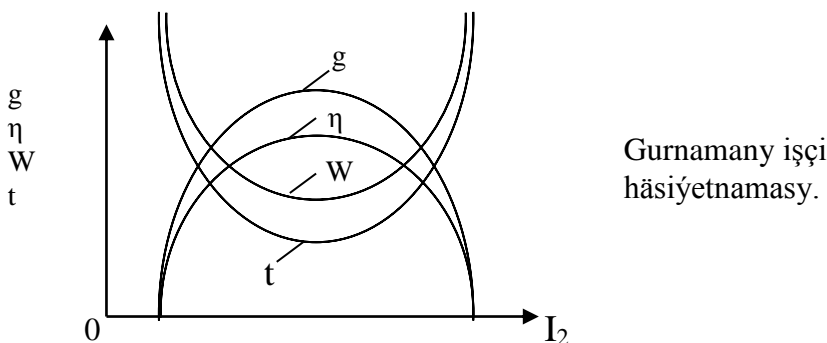
$$W = \frac{P_a}{g} - \text{energiýanyň udel sarp edilişi};$$

$$g = \frac{P_p}{340} - \text{gurnamanyň sagatdaky öndrűjiligi,}$$

$$t = \frac{1}{g} = \frac{340}{P_p} - \text{bir tonna metaly eretmek üçin gerek}$$

bolan wagt.

$$\eta = \eta_{el} \cdot \eta_{ýyl.} = \frac{340}{W} = \frac{340g}{P_a} - p.t.k.$$



Çyzgydan görnüşi ýaly g, η ulylyklar toguň belli bir bahasyna çenli ösüp, soňra peselip başlaýarlar; emma W, t ulylyklar ilki azalyp soňra ösýärler.

Gurnamanyň häsiýetnamalaryny tejribede alynan sanlar bilen ýa-da aňlatmalaryň kömegi bilen gurup bolar. Olaryň kuwwatlary 50; 100; 200 m.... metal ereder ýaly ýasalýar. İşleýşini awtomatlaşdyrmak bilen amala aşyrmak amatly.

Gurnamalaryň energetiki balansyny gurmakda şulary hasaba almaly; gelýän ýylylyklar:

Q_1 – elektrik energiýasy bilen berilýän ýylylyk;

Q_2 – şihanyň berýän ýylylygy;

Q_3 – ekzotermiki reaksiýanyň geçmeginden berilýän ýylylyk,

Q_4 – elektrodларыň turşamagyndan berilýän ýylylyk,

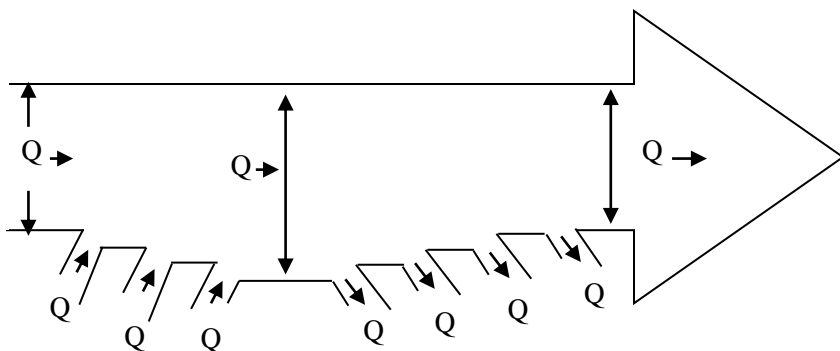
Sarp edilýän ýylylyklar:

Q_5 – magdany we şlagy eretmek üçin gerek bolan;

Q_6 – endotermiki reaksiýa üçin;

Q_7 – hemme görnüşdäki ýitgiler;

Q_8 – gurnamadaky elektriki ýitgiler.

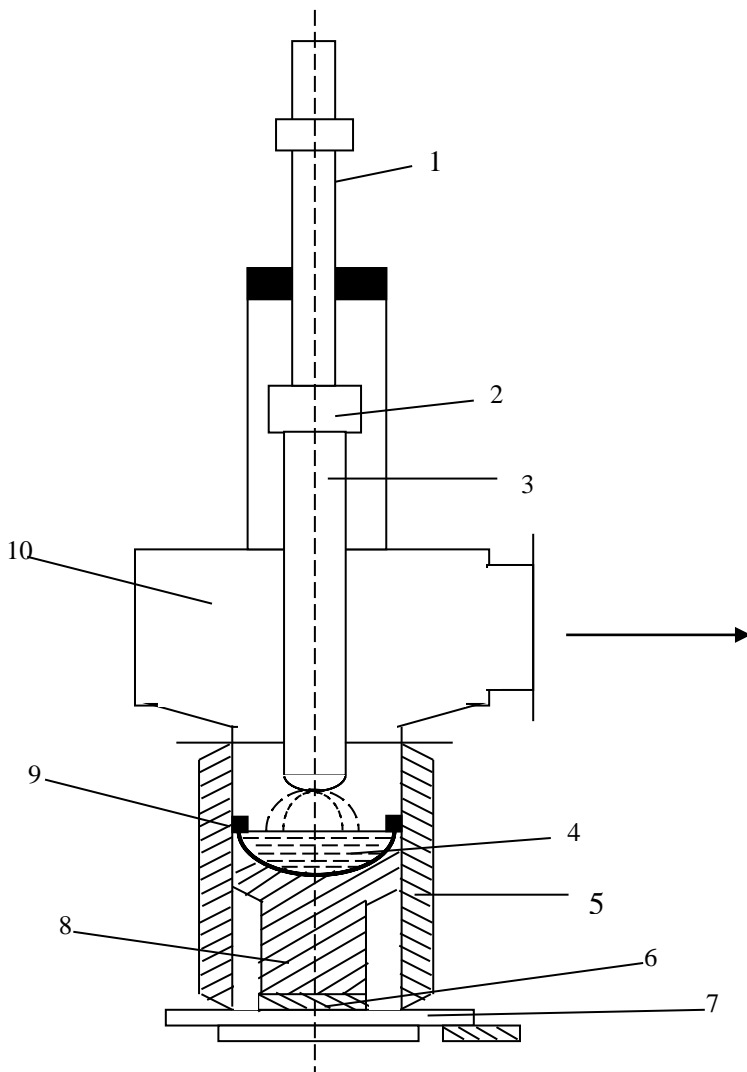


2.7. Wakuum duga peçleri

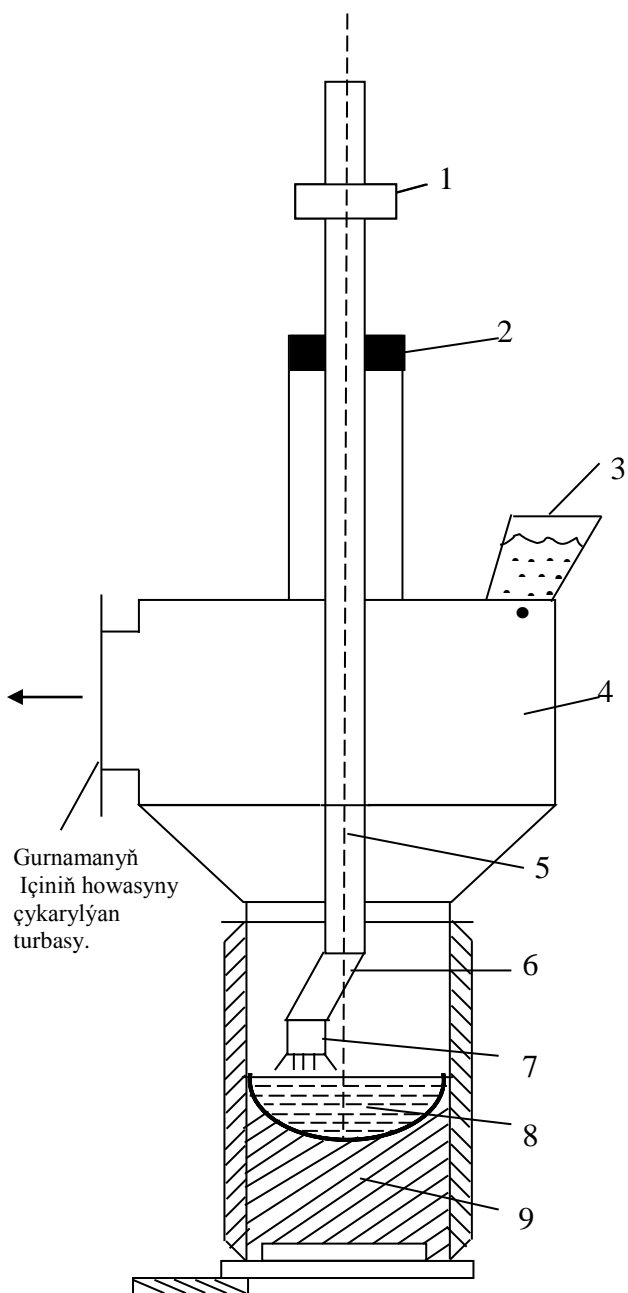
Wakuum duga peçlerinde arassa metal almak üçin ikinji gezek eredilýär. Onuň gazany mis we misiň garyndylaryndan ýasalyp diwardan goşmaça magdan goşulmaýar. Ýöne şeýlede bolsa elektroşlak usul bilen ýenede eredip ýokary hilli önüm (polat) alýarlar. Wakuum duga peçleriniň ulanylýan ýerleri köpdür. Onda tiz poslaýan we ýokary temperaturada ereýän magdanlary, ýagny: titan, mobilden, wolfram, sirkoniý, tantal, niobiý, we başgalar. Peçde işlenip bejerilen metallar awiasiyada, parahot gurluşygynda we başga jogapkärçiligi ýokary gurnamalarda peýdalanylýar.

Wakuum duga peçleriniň konstruksiýasy çylşyrymly. Wakuum döretmek üçin kuwwatly gurnamalar (nasoslar) gerek. Iýmitlendirmek üçin hemişelik togyň çeşmesi zerur. Onuň üçin

hem göneldiji gerek. Şeýlelikde onuň umumy bahasy we agramy ýokarlanýar. Ereýän we eremeýän elektrod bilen işleýän peçleriň ýönekeý shemalary deňişli çyzgylarda görkezilendir.



Gurnamanyň içiniň howasyny çykarylýan turbasy



Ereýän elektrod bilen işleýän WDP.

- 1-elektrody ugrukdyrýan turba;
- 2-elektrod saklaýjy;
- 3-ereýän elektrod;
- 4-ergin metal;
- 5-kristallizator (sowadyjy);
- 6-gazanyň düýbi;
- 7-pejiň aşagy;
- 8-taýýar, doňan metal;
- 9-metalyň galyndysy (hapa garyndyly);
- 10-pejiň kamerasy.

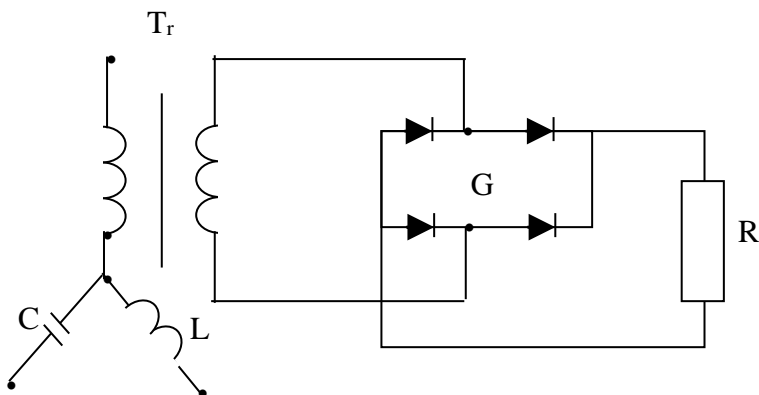
- 1-toguň berilýän ýeri (kabel);
- 2-elektrodyň berkitmesi;
- 3-metalyň guýulýan ýeri;
- 4-pejiň kamerasy;
- 5-ştok – elektrod berkidilýän düzüji;

- 6-elektrod, eremeýän;
- 7-wolframdan ýasalan elektrodyň ujy;
- 8- metaldan ýasalan gazan;
- 9-sowan taýýar önüm (polat, niobi, ýarymgeçiriji we ş.m.

Eremeýän elektrodly WDP ýönekeý shemasy.

Wakuum duga peçleriniň işçi kamerasynda wakuumyň derejesi ($10^{-4} \dots 10^{-5}$) mm ss. barabar bolýar. Bu mesele kyn, kuwwatly gurnamalar gerek bolýar.

Gurnamalar üçin ýöriteleşdirilen tok çeşmesi gerek. Onuň biriniň ýönekeý elektrik shemasy şeýle çyzylýar:



G-göneldiji;

R_d-duganyň garşylygy.

Beýle shema peýdalanylanda $X_C = X_L$ şert ýerine ýetirilmeli. Gurnamalarda işçi togynyň sähelçe üýtgeşe önümiň hiline uly zyýan ýetirýär. Şonuň üçin togyň üýtgemegi 10% çenli azaldylýar. Elektrik dugasy elektrod bilen metalyň arasynda ýanýar we şeýlelikde metal ereýär.

Elektrik dugasynyň naprýaženiýesi:

$$U_d = U_{K.a.} + \frac{K}{d_e l_d} E_d;$$

Bu ýerde: d_e -elektrodyň diametri;

K-koeffisiýent, işlenilip bejerilýän metala baglydyr, meselem: polat $K=2 \cdot 10^{-3}$, titan $K=4 \cdot 10^{-3}$, mobilden $K=5,5 \cdot 10^{-3}$, beýleki metallar üçin edebiýatdan almaly.

Katoddan bölünip çykýan kuwwatlyk:

$$P_K = F_i I_d U_K + F_i I_d (\varphi_i - \varphi_0) + K_g I_d E_s l_d;$$

Bu ýerde: F_i -togyň ion düzüjisiniň I_i umumy toga bolan gatnaşygyny aňladýar:

$$F_i = I_i : I_d ;$$

φ_i -metalyň bugyndaky potensial;

φ_0 -çykyş işi (energiýasy);

K_g -ereýän we eremeýän elektrodlygyny hasaba alýan koeffisiýent (ereýänler-0,3; eremeýän-0,5);

U_k -katoddaky potensialyň ululugy.

Metaly eretmek üçin sarp edilýän energiýanyň mukdary:

$$P_e = P_K - F_e I_d \varphi_0 = I_d [F_i U_K + F_i (\varphi_i - \varphi_0) + K_g E_s l_d - F_e \varphi_0];$$

$$F_e = \frac{I_e}{I_d} \text{ -togyň elektron düzüjisiniň } I_e \text{ umumy toga}$$

gatnaşmagyny aňladýar.

Koeffisiýentleriň özara baglanşygy $F_e = 1 - F_i$; Dugadaky umumy bölünip çykýan kuwwat:

$$P_d = U_d I_a = \left(\frac{K}{d_e} \cdot E_s l_d + U_k + U_a \right) I_d ;$$

Koeffisiýentleriň birini beýlekisiniň kömegi bilen aňladyp, alarys:

$$P_e = I_d F_i [U_K (\varphi_i - \varphi_0)] + I_d K_g E_s l_d - I_d \varphi_0 (1 - F_i);$$

aňlatmany ýönekeýleşdirip alarys.

$$P_e = I_d (F_i U_K + F_i \varphi_i - \varphi_0 + K_g E_s l_d);$$

Metaly eretmek üçin sarp edilen energiýanyň P_e umumy bölünip çykyan energiýa P_d bolan gatnaşygy islendik gurnama üçin hemişelik bolmaly.

$$\frac{P_e}{P_d} = \frac{I_d (F_i U_K + F_i \varphi_0 + K_g E_s l_d - \varphi_0)}{I_d (U_K + U_a + \frac{K}{d_e} E_a l_d)} = \text{const} .$$

Duganyň togynyň ululygy 12,5; 25; 37,5; 50; 100 kA. kuwwatly gurnamalarda ondan hem ýokary bolmagy mümkin.

U_K we U_a – katoddaky we anoddaky potensiallar, olary hemişelik ululyklar diýip kabul etmek bolar;

$L_d = (3...5) \text{ sm}$ – duganyň uzynlygy, kuwwatly gurnamalarda $(10...15) \text{ sm}$ bolmagy mümkin;

K , K_g – çylşyrymly ululyklar, ýöne hemişelik sanlar hökmünde görkezilişi ýaly bahalarda peýdalanyň bolýar;

φ_i , φ_0 – seredilýän material üçin hemişelik ululyk diýip kabul edilýär.;

E_s – duganyň sütünindäki elektrik meýdanynyň dartgynlylygy;

F_e – ululyk üçin energetiki diagramma gurulýar we şeýle formula bilen tapylýar:

$$F_e = \frac{U_K - \varphi_e}{U_K + \varphi_i}; \quad Q_u = Q_p + \sum Q_y;$$

φ_e – elektrodalaryň aralygyny ionlaşdyrmak üçin sarp edilen energiýanyň mukdary.

Gurnamanyň umumy peýdaly täsir koeffisiýenti $\eta=(0,4...0,6)$ bolýar, onuň sebäbi, gurluşy çylşyrymly, üznüksiz işlemeýär we ş.m.

Gurnamalar zawodda belli bir harplar bilen aňladylan tertipde goýberilýär.

Meselem: DCB (DSW) – wakuum duga peji, polat eretmek üçin;

DHB (DNW) – wakuum duga peji, niobi eretmek üçin;

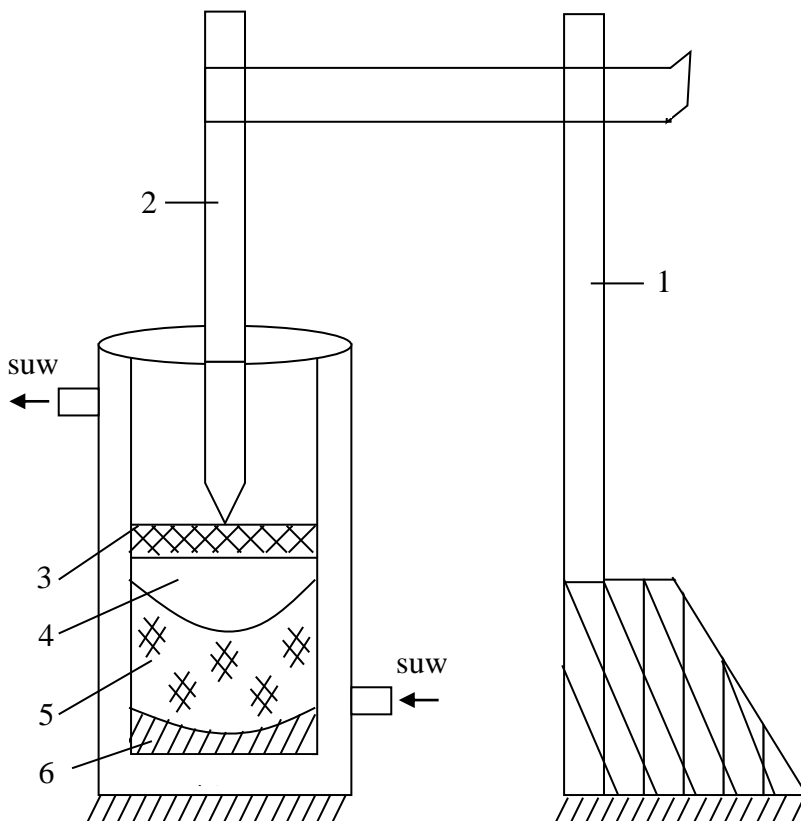
DDB (DDW) – wakuum duga peji, dielektrik we ýarymgeçiriji materiallary işläp bejermek üçin.

2.8. Elektroşlak gurnamalary (peçleri)

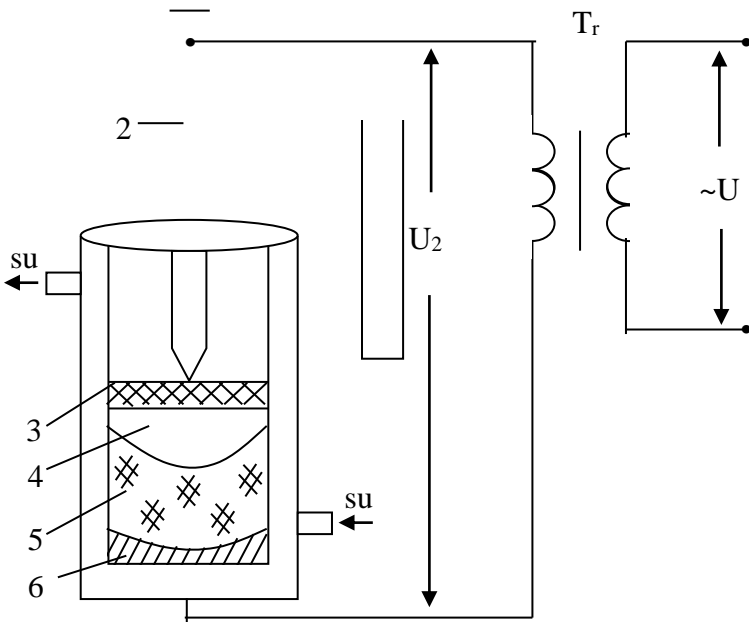
Gurnama Ukrainanyň ylymlar akademiýasyny E.O.Paton adyndaky elektrik kebşirleýji institutynda ýasaldy. Onuň ýedi elektrody bolup, altysy aýlaw boýynça ýerleşdirilipdir we tok çeşmesine, peç transformatoryna birleşdirilipdir. Ýedinji elektrod bolsa, sowadyjynyň ortasynda ýerleşdirilip tok çeşmesine birleşdirilmändir. Uly göwrümlü önüm almak üçin gerek.

EŞP gurnamalaryň işleýşi beýleki duga peçleriniňkiden parahat; elektrik dugasy ilki başda elektrod bilen şlagyň arasynda ýanýar. Soňra suwuk şlagyň içinde ýapyk (görünmeýän) duga ýanýar. Önümiň hili ýikary bolýar. Eretmegiň tizligini (σ_e) haýal we hemişelik saklansa. Onuň üçin awtomatiki usulda tok güýji we naprýaženiýäniň ulylygy sazlanýar. Şeýlelikde peçiň kuwwaty ilki ýuwaşlyk bilen artýar, soňra peselýär. Eretmek wagtynda elektrodyň hereketiniň tizligi hemişelik saklanmaly. Pejiň görkezijilerini gowylaşdyrmak (ýokarlandyrmak) we peýdalanyş häsiýetnamalary ýokarlandyrmak üçin şeýle usullary ulanmak, ýagny hemişelik

tok bilen iýmitlendirmek, gowy netije bermedi; önümiň hili peseldi.



- 1-sütün, kabeli we elektrody saklaýar;
- 2-elektrod, eredilýän magdan;
- 3-ergin şlakly gap;
- 4-erän metalyň üstündäki oýuk;
- 5-eredilip, soňra doňdurulan metal;
- 6-gurnamanyň düýbi (aşagy).



Ýönekeý elektrik shemasy

Bir fazaly elektroşlak peçleri naprýaženiýesi 220; 380 w bolan çeşmelerden iýmitlendirýärler; peç transformatory peseldiji bolmaly, kuwwatly peçler üçin ýokary naprýaženiýeli energetiki çeşmeler peýdalanylýar.

Gurnama bir we üç fazaly bolup, peç transformatoryndan iýmitlendirilýär. Elektrodlar bir gapda üçburçlyk (Δ) görnüşinde ýerleşdirilýär. Häzirki wagtda pejiň görkejilerini ýokarlandyrmak üçin iki usul peýdalanylýar : 1)

bifilýär tokgeçiriji peýdalanyp iki elektrod boýunça ; 2) aşak ýygylykly (2...10Gs) tok bilen iýmitlendirmek.

Gurnamalar 1...5 tonna, 100,150 tonna magdan ereder ýaly гаранly ýasalýar. Şeýle hem kuwwatlary ~3000 kWA ýetýär, naprýaženiýesi pes bolsada ,toguň ulylygy 75000 A çenli bolýar. Şonuň üçinem tok geçirijileriň induktiwlige artyp, kuwwatlyk koeffisiýenti [$\cos\varphi=(0,7...0,8)$] bolýar, hatda 40 tonnalyk peçlerde $\cos\varphi=0,6$ peselýär.

Gurnamalarda elektrik dugasy ergin şlagyň içinde ýanyanlygy sebäpli, elektrik energiýasy ýylylyk energiýasyna şol ýerde öwrülýär.Şonuň üçin şlagyň aktiw garşylygyna bagly bolup durýar. Bölünip çykýan kuwwat we ýylylyk mukdary şeýle formulalar bilen aňladylýar.

$$P = I^2 R_{\text{ş}} ; R_{\text{ş}} = \rho_{\text{ş}} \frac{h_{\text{ş}}}{S_{\text{ş}}} ; Q = I^2 R_{\text{ş}} \tau ;$$

Elektroşlak gurnamalaryň energetiki balansyny şeýle ýazyp, gurup bolýar :

$$P_{\text{şl}} = P_p + \Delta P_{el} + \Delta P_{\text{şl}} + \Delta P_{\text{şöh}} + \Delta P_{bug} + \Delta P_{\text{ý.g}} :$$

$$1) \quad P_p = G(a \frac{t_{er}}{t_{sl}} - b) \quad \text{peýdaly kuwwat}$$

$$\bar{G} \text{ eredilýär metalyň massasy ;}$$

$$- a = 20 \frac{\text{kWt min}}{\text{kg}} ; b = 10 \frac{\text{kWt min}}{\text{kg}} ; \text{polat üçin}$$

$$2) \quad P_{el} = e \sqrt{D_{el}^3 \left(\frac{T_{sl}}{T_{er}} \right)^5} \quad \text{elektroddaky ýitgi}$$

$$D_{el} = \frac{\Delta}{\text{elektrodyň diametri}}$$

$$- e = 2,55 \cdot 10^2 \sqrt{\frac{T_{er}}{\lambda \varepsilon 100}}^5 ; e = \frac{102 \text{ kWt}}{\sqrt{m^3}} ;$$

T_{sl}, T_{er} şlayň, metalyň eremek temperaturasy : K;

$$3) \quad \frac{P_{sl}}{\Delta} = 3,7 \cdot 10^3 \cdot D_{m.er} \cdot h_{sl} \cdot \frac{t_{sl.e}}{\frac{\delta^{diw}}{\lambda} + \frac{\delta^{sl}}{\lambda}} \cdot \frac{100}{\delta^{sl}} ;$$

$$\frac{\delta^{diw}}{\lambda}, \frac{\delta^{sl}}{\lambda} - \text{deg işşilikde diwaryň, şlagy galyňalyňlygy}$$

$$4) \quad P_{söh} = 4,5 \cdot 10^3 \cdot \varepsilon_l \cdot D_{m.er}^2 \left[1 - \left(\frac{D_{el}}{D_{m.er}} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{T_{er}}{100} \right)^4 ;$$

şöhlenenmek arkaly ýitgi.
 $D_{m.er}$ – ergin metalyň diametri ;

$$5) \quad \Delta P_{bug} = 9 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_{bug} \cdot q_{bug,m} \cdot D_{mer}^2 \left(1 - \frac{D_{el}}{D_{mer}}\right)^2;$$

bugarmak arkaly ýitgi

$q_{bug,m}$ – bugaryp giden şlagyň mukdary

$$6) \quad \Delta P_{\dot{y},g} = g D_{mer}^{3/2} \sqrt{\left(\frac{t_{sl}}{t_{er}-1}\right)^7} \quad ; \quad \text{ýylylyk geçirijilik arkaly ýitgi}$$

$$g = 2240 \frac{kWt}{\sqrt{m^3}} \quad ; \quad \text{polat üçin}$$

$l = 0,5h_{sl}$ – elektrody şlaga batyrmagyň (ýerleşerleşdirmegiň) uzynlygy.

$$h_{sl} = 0,05 \frac{m_{er}}{\gamma_{er} F_{er}} \quad ; \quad m_{er} - \text{eredilýän materialyň massasy}$$

λ_{er} – udel agramy;

F_{er} – kesekesiginiň meýdany

$$\eta = \frac{P_p}{p} \cdot 100\% - \text{p.t.k. wakuumduga peçleriniň kiden köp bolýar.}$$

Elektroşlak gurnamnalary p.t.k. kiçiligine we energiýanyň udel sarp edilişiniň ýokarylygyna garamazdan, önümçilikde giňden ulanylýar. Ýokary hilli we dyklylykly uly göwrümlü metallary almak bolýar.

3. INDUKSION WE DIELEKTRIKI GYZDYRMAK

3.1. Induksion gurnamalaryň fiziki esaslary

Induksion gyzdyryjy gurnamalaryň işleýşi metallaryň elektromagnit energiýasyny özlerine kabul etmekleri, siňdirmekleri esasynda amala aşyrylýar. Induksion gyzdymaklygyň fizikasy Makswelliň deňlemeleri bilen düşündirilýär.

$$\left. \begin{array}{l} \operatorname{rot} \bar{E} = \delta . \\ \operatorname{rot} H = \partial B / \partial t . \end{array} \right| \begin{array}{l} \operatorname{div} E = 0 . \\ \operatorname{div} H = 0 . \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \delta = E / \rho . \\ B = \mu_0 H . \end{array} \right.$$

Maddalaryň, jisimiň wagt birliginde we üst birliginde özüne siňdirýän elektromagnit energiýasy Umow-Pointingiň teoremasy bilen kesgitlenilýär:

$$-\int_s (\bar{H} \bar{E}) ds = \int_g (\sigma \bar{E}^2) d\vartheta + \frac{\partial}{\partial t} \int_g \frac{1}{2} (\epsilon_0 \bar{E}^2 + \mu_0 \bar{H}^2) d\vartheta;$$

Bu ýerde: $(\bar{H} \bar{E})$ -Pointingiň wektorydyr.

$\int_s (\bar{H} \bar{E}) ds$ - wagt birligindäki (S) – üst boýunça maddanyň özüne siňdirýän, kabul edýän elektromagnit energiýasynyň mukdary.

$\int_g (\sigma \bar{E}^2) d\vartheta$ -işlenip bejeriljek, gyzdyryljak

maddany bellibir temperatura çenli gyzdymak üçin sarp edilen elektromagnit energiýasynyň mukdary.

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_g \frac{1}{2} (\varepsilon \bar{E}^2 + \mu_e \bar{H}^2) d\mathcal{G};$$

- elektrik meýdanyň magnit meýdanyna geçmegi we tersine geçmeginde ýitirilen elektromagnit energiýasynyň mukdary.

Minus (-) alamaty elektromagnit energiýasynyň ugryny görkezýär, bu ýerde daşyndan içine berilýär.

Ýokardaky deňlemäni gyraky şertleri göz önünde tutup \bar{H} we \bar{E} görä çözüp, şeýle formula alars, gyzdrylýan maddany tekiz görnüşli diýip:

$$P = 2 \cdot 10^{-6} (IW)^2 \cdot \sqrt{\rho \mu f};$$

Bu ýerde: $\sqrt{\rho \mu f}$ -materialyň elektromagnit energiýasyny özüne siňdirmek koeffisiýenti;

ρ, μ -degişlilikde metalyň udel garşylygy we otnositel magnit syzyjylygy.

f-goýulan naprýaženiýanyň ýygylgy;

$\delta = 503 \sqrt{\rho / \mu f}$ -metala elektromagnit energiýasynyň (togyň) siňmeginiň çuňlugy.

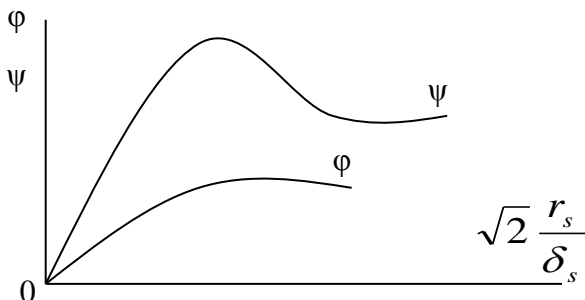
W-induktoryň sargy sany.

Degişli φ we ψ koeffisiýentleri girizip çylşyrymly görnüşli metallaryň kabul edýän aktiw we reaktiw kuwwatlyklary şeýle formulalar bilen tapyp bolýar:

$$P = 2 \cdot 10^{-6} (IW)^2 \sqrt{\rho \mu f} \cdot \varphi \left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s} \right); \quad [Wt]$$

$$Q = 2 \cdot 10^{-6} (IW)^2 \sqrt{\rho\mu} f \cdot \psi\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right); \quad [WAr]$$

φ we ψ -çylşyrymly funksiýalar bolup, şeýle çyzgydan baglaşyga görä alynýar:



$$\varphi = f\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right); \quad \psi = f\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right);$$

Eger-de $\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right) \geq 10$ bolsa, onda $\varphi = \psi = 1$ alynýar.

Bu ýerde r_s – silindriň radiusy;
 δ_s – togyň siňmek çuňlugy;

Eger-de metalyň meýdanyny hasaba alsak:

$$F = \pi d l = 3,14 dl = 3,14 dh$$

(kese ýa-da dik ýagdaý)

$$P = 6,28 \cdot 10^{-6} h d (WI)^2 \cdot \sqrt{\rho \mu f} \cdot \varphi\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right)$$

$$Q = 6,28 \cdot 10^{-6} h d (WI)^2 \cdot \sqrt{\rho \mu f} \cdot \psi\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right)$$

İşlenip bejerilýän metala düşýän udel aktiw we reaktiw kuwwatlyklary tapalyň:

$$P_V = \frac{P}{V} = \frac{2\pi \cdot 10^{-6} d h (WI)^2 \cdot \sqrt{\rho \mu f}}{\frac{\pi d^2 h}{4}} \cdot \varphi\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right);$$

$$P_V = 8 \cdot 10^{-6} (WI)^2 \sqrt{\rho \mu f} \cdot (d)^{-1} \cdot \varphi\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right);$$

$$Q_V = 8 \cdot 10^{-6} (WI)^2 \sqrt{\rho \mu f} \cdot (d)^{-1} \cdot \Psi\left(\sqrt{2} \frac{r_s}{\delta_s}\right);$$

Elektromagnit energiýasynyň çeşmesiniň öndürýän aktiw we raktiw kuwwaty aşakdaky formulalar bilen kesgitlenýär:

$$P_i = 6,28 \cdot 10^{-4} (IW)^2 D H \sqrt{\rho f} \cdot \alpha\left(\frac{h_s}{a_s}\right);$$

$$Q_i = 6,28 \cdot 10^{-4} (IW)^2 D H \sqrt{\rho f} \cdot \beta\left(\frac{h_s}{a_s}\right);$$

Bu ýerde: α , β – çylşyrymly ululyklar bolup, olary degişli edebiýatlardan alynýar.

Umumy energiýanyň mukdary:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} -$$

kesgitlenýär.

Peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{D}{d} \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_m \mu}}} \cdot 100\%$$

Elektromagnit energiýasyny hasaplamak üçin ýazylan formulalar getirilip çykarylada köp takmynan almaklyga salgylanandyr. Emma hakyky netijä täsir etmeýärler.

Eger-de işlenilip bejerilýän madda (material) induktorlaryň materialy bilen meňzeş bolsa:

$$\eta = \frac{d_s}{d_s + D} \cdot 100\%$$

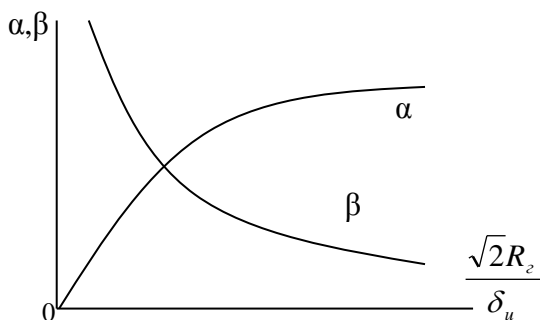
Formuladaky ululyklara: h_s we a_s ;

h_s -induktoryň sargysynyň beýikligi;

a_s -induktoýrň sargysynyň ädimi;

α we β -koeffisiýentler çylşyrymly ululyklar aşakdaky çyzgydan alynýar.

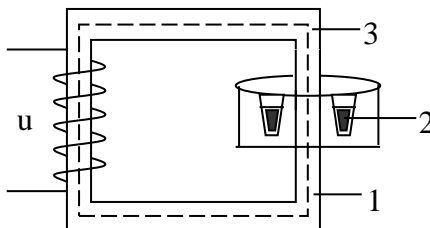
Eger-de $\frac{\sqrt{2}R_z}{\delta_u} \leq 10$; bolsa $\alpha = \beta = 1$, kabul edilýär.



Ýokardaky formulalary getirip çykarmakda alynan takmynan ululyklara mysal edip: temperatura görä metalyň we beýleki degişli metallaryň udel garşylyklarynyň üýtgeýşini; magnit syzyjylygynyň magnit meýdanyna görä üýtgeýşini, şeýle-de $\sqrt{\rho \mu f}$ - ulylygynyň elektrik we magnit meýdanyna görä täsirlenşi hasaba alynmady.

3.2. Kanal görnüşli induksion gurnmalar

Polat özenli induksion gurnmalar gurluşy boýunça kuwwatlyk transformatorlara meňzeýärler. Ýönekeý çyzgysyny şeýle çyzmak bolar:



- 1- magnit akymy Φ ;
- 2- metal;
- 3- induktoryň özeni.

Gurnamanyň özeni transformatorlaryň özeni bilen meňzeş polatdan ýasalýar.

Transformatordan tapawudy:

- 1) işlenip bejerilýän material bilen 2-nji sargynyň birleşdirilmegi, 2-nji sargy bir sarymdan durýar;
- 2) üstki effektiň döremegi bilen, togyň metala siňmek çuňlугy, metalyň galyňlygy bilen ölçenilýär;
- 3) magnit akymynyň ýitgisi köp bolmagy sebäpli peýdaly täsir koeffisiýenti pes bolýar.

Gurnamanyň artykmaç (gowy) tarapy:

- 1) elektrik energiýasyny az sarp edýär;
- 2) konstruksiýasy ýönekeý;
- 3) zyýanly gazlary az mukdarda goýberýär;

Kemçilikleri:

- 1) gurnama uniwersal däl, ýöriteleşdirilen peç;
- 2) eredilen metal düşürilende galyndy galýar;
- 3) işçi temperaturasy pes, ýokary temperaturada ereýän metallary eredip bolmaýar we ş.m.

Işleýşi transformatorlara meňzeş 2-nji sargysy gysga utgaşma görnüşinde, metaldan tok akýar we metalyň garşylygyna (R) görä ýylylyk energiýa ýüze çykyp metaly gyzdyrýar. Ýagny Joul-Lensiň kanuny boýunça:

$$Q = I^2 R \tau .$$

Gurnamada magnit akymynyň ýitgisi 30% çenli ýetýär. Ony peseltmek üçin dürli konstruksiýalar ulanylýar. Gurnamalar üýtgeýän togyň çeşmesinden iýmitlendirilýär we mysal üçin onuň ýönekeý elektrik shemasyny görkezeliň.

Gurnamanyň ululyklaryny şeýle formulalar bilen kesgitlemek bolar:

$$P = \frac{gC}{0,86\eta} \cdot \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1}$$

$$P = gA \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1}; \quad P = \frac{gG}{0,86\eta\tau_1}$$

Bu ýerde: g-gurnamanyň öndürililigi;
 c-metalyň ýylylyk sygymy;
 η -peýdaly täsir koeffisiýenti;
 A-energiýanyň udel sarp edilişi;
 τ_1 -metaly gyzdymak wagty;
 τ_2 -arakesme wagty.

Kondensatorlar toplumynyň sygymy:

$$C = \frac{S \operatorname{tg} \varphi}{\omega U^2}; \quad \omega = 2\pi f;$$

Gurnamalar belli bir standart ölçegli göwrümde goýberilýär, meselem: 1m; 2; 5; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 120 m³ we ş.m.

Kanal görnüşli induksion peçler zawoddan belli bir markalar bilen goýberilýär.

Meselem: ИАК-10 (IAK-10), ИАК-40 (IAK-40); kanal görnüşli induksion gurnama, işçi gazananyň sygymy 10 we 40 tonna, alýumin eretmek üçin.

ИЦК-16 (ISK-16), ИЦК-100 (ISK-100); kanal görnüşli induksion gurnama, işçi gazananyň sygymy 16 we 100 tonna, sink we onuň garyndylaryny eretmek üçin.

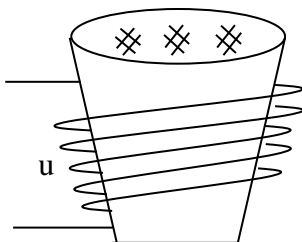
ИЛК-16 (ILK-16), ИЛКА-16 (ILKA-16), kanal görnüşli induksion gurnama, işçi gazananyň sygymy 16 tonna.

ИЧКМ-100 (IÇKM-100), kanal görnüşli induksion gurnama, çoýun gyzdyrmak üçin, işçi gazanyň göwrümi 100 tonna miksirli.

Kanal görnüşli induksion gurnamalar önümçilikde arakesmesiz işledilýär, gazanyňa täze magdan goýulmasada. Öňki galan galyndy doňmaz ýaly. Eger doňdurulaýsa goşmaça elektrik energiýasyny sarp etmeli bolýar we wagt ýitirilýär. Olarda birjynsly (hilli) magdanlar işlenilýär, gyzdyrylýar, eredilýär. Metal eredilen wagtynda gazanda çylşyrymly hadysalar bolup geçýär.

3.3. Oýmak (tigel) görnüşli induksion gurnamalar

Demir (polat) özensiz induksion gurnamalar barada 1908-nji ýylda rus alymy Lodygin “Elektriçestwo” žurnalynda makala bilen çykyş edýär we şondan soň işlenilip, kiçi kuwwatly peçler ýasalýar. Gurnamanyň konstruksiýasy çylşyrymly, ýöne şeýle çyzgy bilen düşündirilýär.



Oýmak görnüşinde gazany ýasalýar we daşyna sargy saralyp, oňa ýokary, orta we pes ýylylykly naprýaženiýe goýulýar. Şeýlelikde metalda tok ýüze çykyp, şol togyň täsirinden metal gyzýar.

“Oýmak” görnüşli induksion gurnamalar energiýa çeşmesiniň ýygylgyna görä üç (3) topara bölünýär.

- 1) ýokary ýygyllykly peçler, $f_i=(50...500)$ kGs; lampaly generatordan ýmitlendirilýär;
- 2) orta (ýokarlandyrylan) ýygyllykly peçler $f_i=(150...10000)$ Gs, maşyn generatorlardan, öwürjilerden, ýygyllygy ýokarlandyryjylardan;
- 3) aşak (senagat) ýygyllykly peçler $f_i=(50...60)$ Gs.

Peçleri açyk we ýapyk germetiki görnüşde ýasaýarlar hem-de ýokary hilli polat, çöýün almak üçin peýdalanylýar.

Peçleriň peýdaly täsir koeffisiýenti gara magdanlary eredeniňde reňkli magdanlary eredeniňdäkiden köp bolýar. Olaryň peýdaly taraplary:

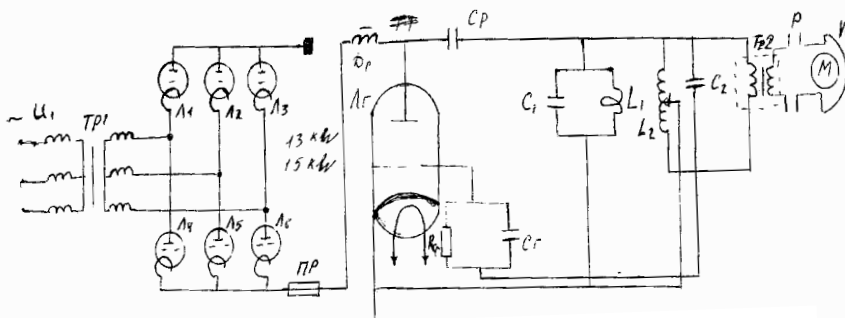
- 1) ýokary temperaturany aňsat alyp bolýar;
- 2) metal ýangyç bilen galtaşmaýar, elektrod täsir etmeýär, şonuň üçin himiki arassa material (önüm) alyp bolýar;
- 3) Metaly eretmek bilen, ony garyşdyrmaga daşardan mehaniki güýç gerek bolmaýar, şonuň hasabyna-da himiki bir dürli (birjynsly) material alynýar.
- 4) Metalyň üstünde ýaramaz gatlak we gaz bölünip çykmagy az.
- 5) Wakuumda we ýörite gazdan doldurulan göwrümde eretmek bolýar;
- 6) Pejiň daşky diwary gaty gyzmaýar, köp wagtlap işläp bilýär;
- 7) Peç wagtal-wagtal işleýär, dürli metallary etermek mümkinçiligi ýok;
- 8) Kanal peçler bilen deňeşdireniňde konstruksiýasy ýönekeý.

“Oýmak” görnüşli induksion gurnamalaryň kemçilikleri şulardan ybarat:

- 1) elektrodinamiki güýjiň täsirinden gazanyň daşyna metal syçraýar;
- 2) işçi temperaturasy pes;

3) kiçi we orta göwrümli peçlere ýöriteleşdirilen energiýa çeşmesi gerek bolýar.

Mysal üçin: ýöriteleşdirilen energiýa çeşmesiniň ýönekeý shemasyny çyzalyň:



T_{r1} -anod transformatory;

B_{II} -tiratron göneldijisi;

Π_p -ereýji goraýjy;

L_{CT} -anod süzgüji;

Λ -generator lampasy;

C_p -bölüji kondensatory;

C_r , R_r -gridligiň kondensatory we garşylygy;

C_1 , L_1 -anod konturynyň kondensatory we induktiwligi,

L_2 -arabaglanşyk tegegi;

C_2 -gyzdyryjy konturynyň sygymy;

T_{r2} –ýokary ýygyllykly transformator;

Π -induktor;

D -metal (gyzdyrylýan, eredilýän).

Generator bilen ýük böleginiň rezonans ýagdaýy ($\omega_g = \omega_y$) sazlamak işini C , L ululyklarynyň kömegi bilen amala aşyrylýar.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Beýleki ululyklary hem şeýle tapylýar:

$$P = \frac{gC}{0,86\eta} \cdot \frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_1}; \quad P = \frac{gG}{0,86\eta\tau};$$

Kiçi we orta kuwwatly gurnamalar naprýaženiýesi 220W, 660W bolan çeşmelerden; kuwwatly gurnamalar 6 we 10 kW naprýaženiýeli çeşmelerden iýmitlendirilýär.

Gurnamanyň işi ýygylgyny şeýle saýlanyp alynýar:

1) tekiz, ýönekeý görnüşli metal: $f = \frac{5 \cdot 10^4}{x^2};$

2) çylşyrymly görnüşli: $f = \frac{5 \cdot 10^5}{x^2};$

3) silindr görnüşli: $f = \frac{3 \cdot 10^6}{d^2};$

4) umuman $f_{\min} = 25 \cdot 10^6 \rho_g / d^2$

bu ýerde: x, d, ρ_g -degişlilikde metalyň galyňlygy, diametri, gyzgyn halda udel garşylygy.

Gurnamalar belli bir marka bilen ýasalýar:

ВЧН-40/0,44-3П (WÇI-40/0,44-ZP)-ýokary ýygylkly induksion metalyň üstüni taplamak üçin ýasalan gurnama, kuwwaty 40 kWt, ýygylgy (0,44) 440 kGs;

(HC-NS) – göni gyzdyrmak üçin; (CT-ST) – turbalary seplemek üçin.

Induksion gurnamalar esasan abatlaýyş we oba-hojalyk ussahanalarynda giňden ulanylýar. Metallary we gurallary taplamakda, islendik galyňlyklary, diňe üstüni ýa-da tutuşlygyna ýokary tizlik bilen ýerine ýetirip bolýar. Taplamak işi ýokary hilli bolýar we sarp edilýän elektrik energiýasy beýleki usullaryňkydan pes (az) bolýar. Gurnamanyň işini awtomatlaşdyryp we üznüksiz işlär ýaly gurap bolýar, önümçiligiň medeniýeti ýokarlanýar we zähmetiň arassaçylygy ýokarlanýar. Gurnamalar özleriniň kuwwaty, işçi ýyglylygy we näme işlemäge niýetlenendigi bilen saýlanyp alynýar. Olaryň kuwwatlary: 0,16; 0,25; 0,40; 0,63; 1,0 kWt we dowamy 10, 100, 1000 köpeldip alynýar. Kuwwaty 250 kWt çenli gurnamalar lampaly generatorlardan iýmitlendirilýär, ondan ýokary kuwwatlylar maşyn generatorlardan. İşçi ýyglylyklary standart tablisa boýunça saýlanyp alynýar.

3.4.Dielektrik gyzdryjy gurnamalar

Ýokary ýyglykly toklar (ÝXt) tehnologiýa mümkinçilikleri giňeldi we halk hojalygynda elektrik togy bilen gyzdyrmaklygy, işläp bejermekligi, lukmançylykda, biologiýada, durmuşda we ylmy-barlag işlerinde giňden peýdalanylýar. Aýratynam dielektrik we ýarymgeçiriji materiallary işläp bejermekde uly orun tutýar.

Dielektrik gyzdyrmaklyk ýokary ýyglykly elektrik meýdanyny amala aşyrylýar we fiziki esaslary fizika dersinde giňden öwrenilýär. Usul tok geçirijiligi pes materiallary işläp bejermekde has-da amatly. Ýönekeý çyzgy bilen gysgajyk fiziki manysyny ýatlap geçeliň. Dielektrik materiala ýokary ýyglykly naprýaženiýe (U) goýulypdyr. Birinji ýarym periodynda ýokarsynda (+) položitel, aşagynda (-) otrisatel zarýadlar toplanypdyr diýeliň; indiki ýarym periodda zarýadlar ýerlerini çalyşýarlar. Bu ýagdaý çalt (f-görä) köp gezek gaýtalanar. Şeýlelikde dielektrik materialdan tok akyp geçer. Ol toga

“süýşme togy” diýilýär. Ol bolsa elektron, ion, dipol we ş.m. görnüşli bolýar. Joule-Lensiniň kanuny boýunça:

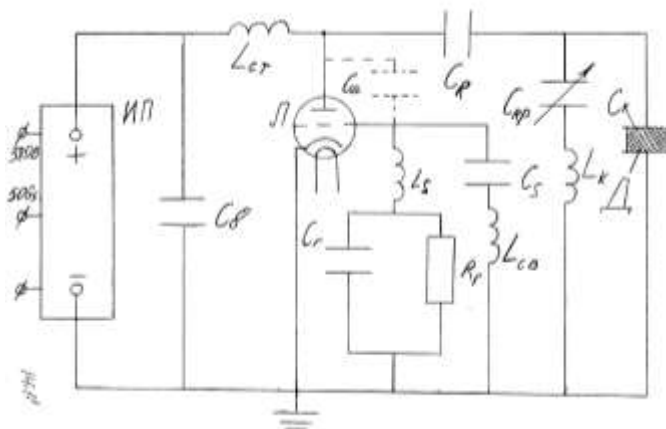
$$Q = I_2^2 R \tau.$$

ýylylyk mukdary bölünip çykýar we şonuň hasabyna-da material gyzýar.

Dielektrik gyzdyryjy gurnamalar energetikada izolýasiýalary guratmakda, oba-hojalygynda däneleri, çäýy, miweleri, temmäkini guratmakda; süýt we suwuk şireleri gyzdyrmakda giňden ulanylýar. Dielektriki gyzdyryjy gurnamalaryň aýratynlyklary (ähmiýetli tarapy):

- 1) ýokary ýygýlykly tok bilen gyzdyrmaklyk, gönümel gyzdyrmak bolup elektrik energiýasynyň sarp edilişi az bolýar we p.t.k. ýokary bolýar.
- 2) garyşdyrylan materillaryň spektral duýgurlygyny hasaba alyp, olary saýlap gyzdyryp bolýar;
- 3) göwrüm birliginde uly kuwwatlygy jemläp bolýar, gurnamanyň öndüriliginini ýokarlandyrýar, energiýany gerek tarapyna ugrukdyryp bolýar.

Dielektrik gurnamanyň ýönekeý prinsipial çyzgysyny (shemasyny) şeýle çyzyp bolýar:



ИП-іýmitlendiriş çeşmesi;
 L_s , C_s -togyň süzgüji we sygymy;
 Л-generator lampasy;
 L_C -aragatnaşyk tegegi;
 C_B -kondensator toplumy;
 L_K -yrgyldy konturyň induktiwligi;
 L_{CT} -anod süzgüji;
 C_K -işçi kondensator;
 C_R -bölüji kondensator;
 C_{Kp} -sazlaýjy kondensator;
 C_g , R_g -gridlik kondensatory we garşylygy;
 Д-dielektrik;
 C_{Ca} -elektrodara sygym (setka-anod).

Dieletriki gyzdyrmaklygyň kemçilikleri:

- 1) gurnama gymmat, gurlyşy çylşyrymly;
- 2) energiýanyň udel sarp edilişi ýokary;
- 3) peýdalanmak üçin ýokary derejeli hünärmen gerek.

Dieletrik gurnamalar şeýle talaplary kanagatlandyrmalydyrlar:

- 1) berilen tehnologiýa şertleri berjaý etmeli: gyzdyrmagyň tizligini, temperaturany we ş.m.
- 2) materialyň öňki hilini we ýagdaýyny saklamaly, böwsülmä ýol bermeli däl;
- 3) ýüküň dieletriki ululyklaryny çeşmäniň ululyklary bilen aňsat sazlaşdyrýan bolmaly;
- 4) işçi kondensatorda uçgun çykarmaly däl;
- 5) peýdaly täsir koeffisiýenti ýokary bolmaly.

Ýokarky talaplary kanagatlandyrmak üçin gurnamanyň kuwwatyny, işçi kondensatoryň elektrik meýdanynyň dartgynlygyny we ýygylgyny dogry saýlap almaly.

Gurnamanyň kuwwaty P_K . işçi kondensatordaky dielektrik materiala berilen kuwwatlylyk gurnamanyň peýdaly P_p we nominal P_n kuwwaty hasaplanylýar:

$$P_n = 0,555 \varepsilon \operatorname{tg} \delta f E^2;$$

Işçi kondensatora berilen kuwwat:

$$P_K = \frac{P_n}{\eta_K};$$

Generatoryň kuwwaty:

$$P_g = \frac{P_n}{\eta_k \cdot \eta_e \cdot \eta_s};$$

Gurnamanyň çeşmeden alýan kuwwaty:

$$P_{sarp} = \frac{P_n}{\eta_k \cdot \eta_e \cdot \eta_s \cdot \eta_g};$$

Bu ýerde: $\eta_K=0,80...0,90$ -işçi kondensatoryň p.t.k.;

$\eta_e=0,65...0,70$ -yrgyldyly konturyň elektriki p.t.k.;

$\eta_s=0,90...0,95$ -birleşdiriji simlerdäki ýitgileri hasaba alýan p.t.k.;

$\eta_g=0,65...0,75$ - generatoryň p.t.k..

Gurnamanyň umumy peýdaly täsir koeffisiýenti:

$$\eta_p = \eta_K \cdot \eta_e \cdot \eta_s \cdot \eta_g = (0,3...0,45);$$

2) Elektrik meýdanynyň mümkin bolan ululugy:

$$E_m = \frac{E_b}{1,5 \dots 2};$$

E_b -materialyň elektriki böwsülmek meýdany, san bahasy edebiýatlardan alynýar. Atmosfera howasy üçin 25 °C bolanda $E_b=30 \text{ kW/sm}$

3) Kondensatoryň meýdanynyň ýygylgy geçiriljek tehnologiýa işlere görä saýlanyp alynýar. Gyzdyrmaklygyň tizligi $\frac{\Delta t}{\Delta \tau}$, bugarmagyň tizligini $\frac{\Delta W}{\Delta \tau}$ hasaba alyp gerek bolan kuwwatlary şeýle formulalar bilen ýazyp bileris: Gyzdyrmak üçin:

$$\Delta P_g = \frac{DC}{\eta_K} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau} \cdot 10^{-3};$$

bugartmak, guratmak:

$$\Delta P_g = \frac{Dr}{\eta_K} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta \tau} \cdot 10^{-3};$$

Bu ýerde: r- bugartmagyň udel ýygylgy, $[kj/kg]$;

C-materialyň udel ýylylyk sygymy $[kj/kg, ^\circ C]$;

D- materialyň ýa-da bugyň dyklyzlygy $[kg./m^3]$;

Ýokarky (deňlemeleri) formulalary deňläp:

$$\Delta P_g = \Delta P_b = \Delta P_n; \quad f_{\min}$$

- ululugy taparys.

$\varepsilon \operatorname{tg} \delta = k$ -belläp, ýitgini görkezýän koeffisiýent.

$$0,555 k f E^2 = \frac{DC}{\eta_K} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau} \cdot 10^{-3};$$

Şeýlelikde:

$$f_{\min . g .} = \frac{1,8 DC}{K \eta_K E^2} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau} \cdot 10^{-3};$$

$$f_{\min . b .} = \frac{1,8 Dr}{K \eta_K E^2} \cdot \frac{\Delta W}{\Delta \tau} \cdot 10^{-3};$$

Ýygylgyň maksiamal (f_{\max}) bahasyny şeýle tapars:

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_{\min} C_{\min}}};$$

Bu ýerde: L_{\min} , C_{\min} –gurnamanyň minimal induktiwlige we sygymy.

Soňra ýygylgyklar tablisasyndan optimal bahasyny (f_{opt}) tapars. Gutarnykly ululyklary peýdalanyp nominal kuwwatyň formulasyny ýazars:

$$P_n = 0,555 \varepsilon \operatorname{tg} \delta f_{\text{opt}} \cdot E_m^2 ;$$

Gurnamalar belli bir marka bilen goýberilýär:

БЧД-40/5 – ПП; БЧД-30/4-ДН; БЧД-50/7-СД; БЧД-
ýokary ýygylgykly gurnama; kuwwaty: 30, 40, 50, kWt; ПП-

iýmit bişirmek; CD-agaç kleýlemek; DH-universal, agaç gyzdymak we ş.m. üçin; 4; 5, 7 –optimal ýygylgy [MGs].

4. ELEKTRIK KEBŞIRLEÝJI GURNAMALAR

Elektrik dugasy bilen kebşirleýan gurnamalar. Ereýan we eremeýan elektrodlar bilen kebşirlenende duganyň ýanyşynyň aýratynlygy.

Duga bilen sepleşdirmegiň görnüşleri we tok çeşmelerinden edilýän talaplar.

Energiýa çeşmeleri: generatorlar, transformatorlar, göneldijiler. Çeşmeleri häsiýetlendirýän ulylyklar we häsiýetnamalary; ýönekeý elektrik çyzgylary.

Duga bilen seplemegiň ýöriteleşdirilen görnüşleri: goraýjy gazlar peýdalanyp awtomatiki flýusly kebşirmek; kömürturşy gaz bilen eremeýän elektrodларыň kömegi bilen kebşirmek; kondensator bilen kebşirmek; toplanan magnit meýdanynyň energiýasy bilen kebşirmek. Duga bilen kebşirmek işlerini awtomatizasiýalaşdyrmak. Kebşirleýji gurnamalaryň tehniki häsiýetnamalary. Kebşirleýiş işinde zähmeti goramak we tehniki howpsyzlygy üpjün etmek.

4.1. Galtaşmak arkaly seplemek üçin maşynlar we gurnamalar

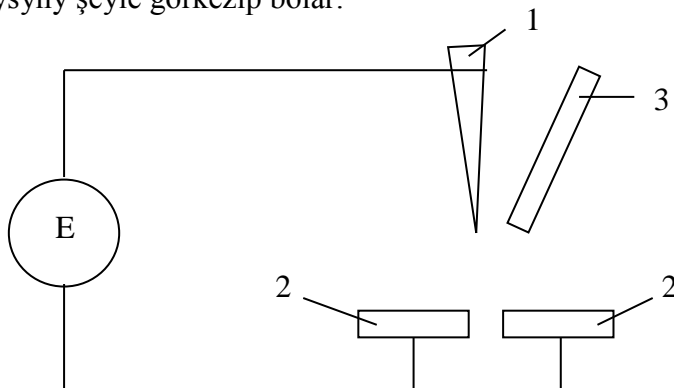
Galtaşmak arkaly sepleýji maşynlaryň görnüşi; işleýiş düzgüni. Daşky häsiýetnamasy. Esasy görkeziji ulylyklary. Sazlaýjy we barlag ediji enjamlar.

Köpnokatly kebşirleýji gurnamalar, maşynlar. Awtomatiki kebşirleýji maşynlaryň ýokary peýdaly ulanylyşy.

5. ELEKTROFIZIKI WE ELEKTROHIMIKI USULDA IŞLÄP BEJERÝÄN GURNAMALAR

5.1. Elektrik dugasy bilen kebşirmek

Elektrik dugasy bilen kebşirmegi ilkinji bolup 1882-nji ýylda benardos ýönekeý usulyny hödürledi. Onuň ýönekeý çyzgysyny şeýle görkezip bolar:

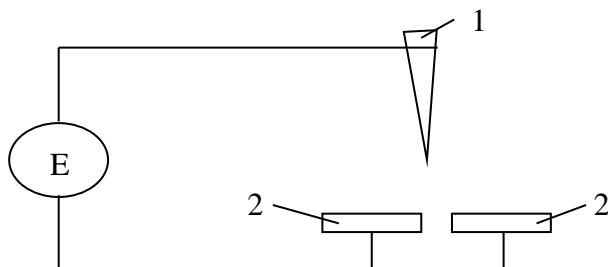


bu ýerde: 1-işçi elektrod;
 2-kebşirlenýän metallar;
 3-goşmaça material.

Benardosyň usuly boýunça elektrik dugasy işçi elektrod (1) bilen kebşirlenýän metallaryň (2) arasynda ýanýar (emele gelýär). Elektrik energiýasy ýylylyk energiýasyna öwrülýär we goşmaça metaly (3) gyzdryp eredýär, ergin metal kebşirlenýän metallaryň arasyny doldurylýar we olary birleşdirýär. Beýle usulda kebşirleýjiniň iki eli hem zatly bolýar: bir elinde işçi elektrod (1), beýleki elinde goşmaça metal (3). Şonuň üçin kebşirleýjä işlemek kyn bolýar.

1886-njy ýylda rus inženeri Slawýanow ereýän işçi elektrody peýdalanmagy maslahat berdi we ol şu döwürdede

önümçilikde, durmuşda giňden peýdalanylýar, onuň ýönekeý çyzgysyny şeýle çyzýarys:



E – energiýa çeşmesi;

1 – işçi, ereýän elektrod;

2 – kebşirlenýän metallar.

Elektrik dugasy bilen kebşirmek üçin bir näçe energiýa çeşmeleri peýdalanylýar.

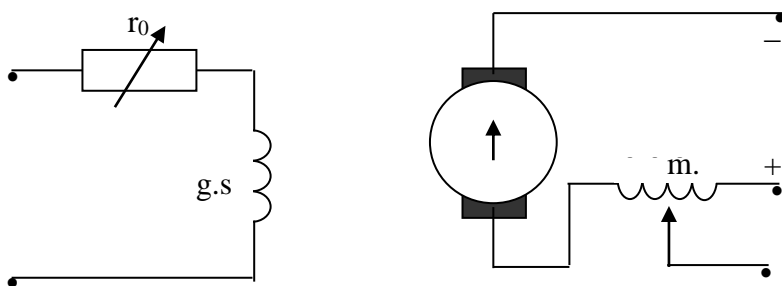
a) Hemişelik we üýtgeýän toguň dugasy bilen kebşirleýän enjamlar.

Elektrik dugasy bilen kebşirmek üçin energiýa çeşmesi hökmünde generatorlar, transformatorlar, göneldijiler peýdalanylýar. Energiýa çeşmeleri şeýle talaplary kanagatlandyrmalydyrlar:

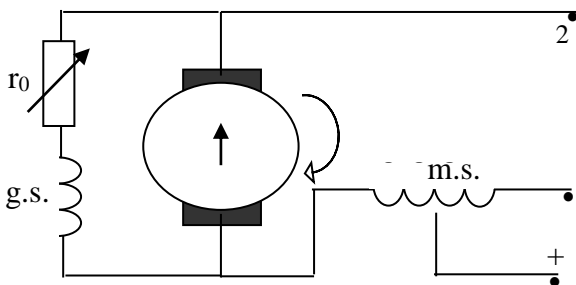
- 1) çeşmäniň ýüksiz wagtyndaky naprýaženiýesi (U_0) dugany ýakmak;
naprýaženiýasyndan (U_d) uly bolmaly ($U_0 > U_d$);
- 2) gysga utgaşma togy ($I_{g.u.}$) duganyň kebşirleýji togundan ($I_{d.k.}$) juda uly bolmaly däl, ýagny $I_{g.u.} = (20...40)\% I_{d.k.}$
- 3) kebşirleýji duganyň toguny sazlamaga çeşmäniň mümkinçiligi bolmaly.

Energiýa çeşmeleri kuwwatlygy boýunça hem dürli bolýar; kuwwatlylar bir ýerde (sehda) berkidilýär (goýulýar) şol ýerden başga ýere göçürilmeýär; kiçi kuwwatlylar agramy (massasy) az bolýarlar we islendik ýere alyp gidip peýdalanyp bolýar:

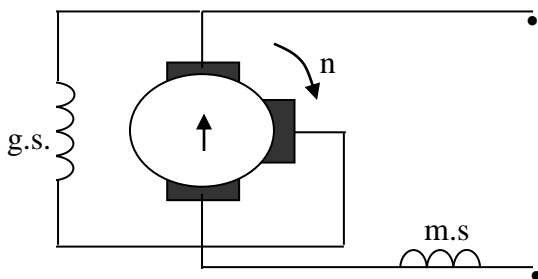
1) Kebşirleýji generatorlar.



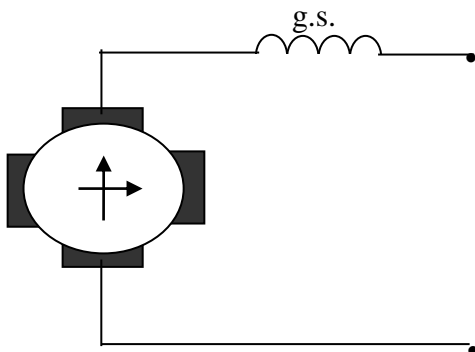
Garaşsyz gyjyndyryjy (oýandyryjy) sargyly kebşirleýji hemişelik toguň generatory. Gyjyndyryjy sargysyny iýmitlendirmek üçin goşmaça çeşme gerek bolýar.



Parallel gyjyndyryjyly hemişelik toguň kebşirleýji generatory, hemme talaplary kanagatlandyryar, ýöne ýakoryny şol bir ugur boýunça aýlamaly.



Goşmaça polýusly hemişelik toguň kebşirleýji generatory hemme talaplary kanagatlandyrýar, gurluşy çylşyrymly, ýakoryny şol bir ugur boýunça aýlamaly.

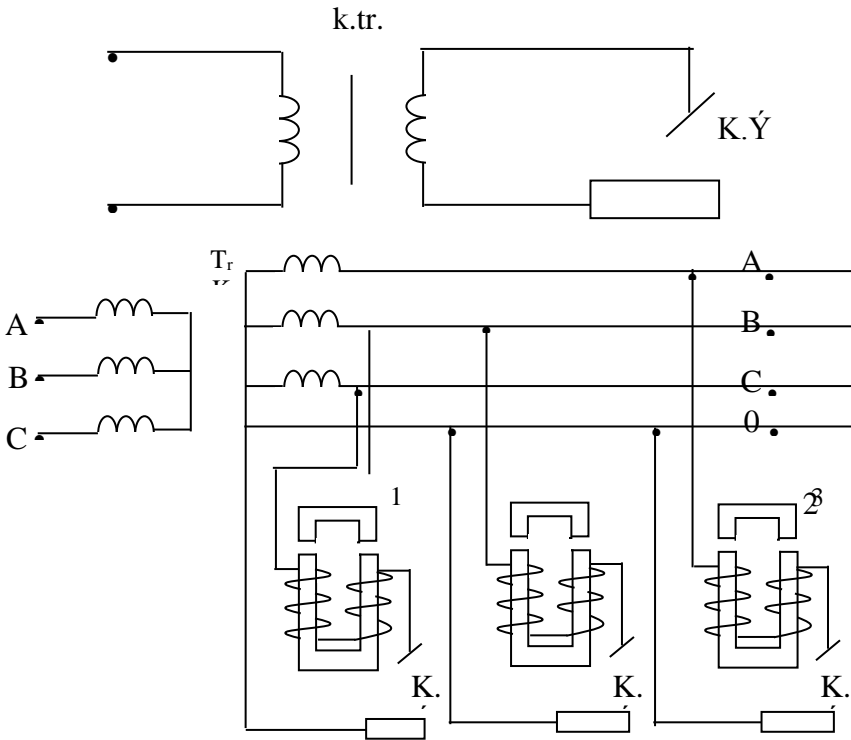


Kese garşylyklaýyn elektrik meýdanly hemişelik toguň kebşirleýji generatory. 1905-nji ýylda Awstriýaly inžener Rozenberg kebşirledi; gowy generator hasaplanýar, ýöne gurluşy çylşyrymly, hemme talaplary kanagatlandyrýar; ýakorynyň aýlanmak ugryny üýtgedeliň; tapawudy ýok ýokary kuwwatly, massasy agyr; täzeden dikeltmek (abatlamak) we bir ýerden başga ýere geçirmek kyn.

Ýokarky görkezilen talaplardan başga-da energiýa çeşmeleri mümkin boldygyça arzan we gurluşy boýunça

ýönekeý bolmalydyr; işleýiş möhleti köp wagty bolmagy gerekdir.

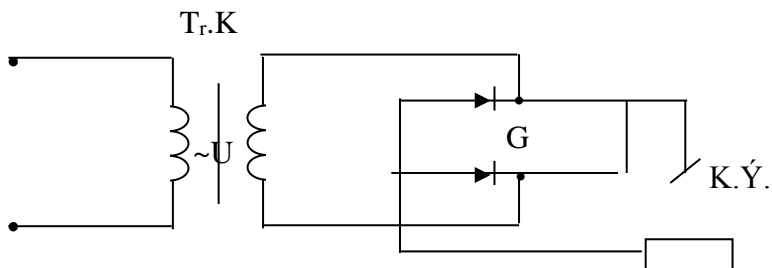
2) Kebşirleýji transformatorlar; bir we üç fazly bolýarlar, (peseldiji).



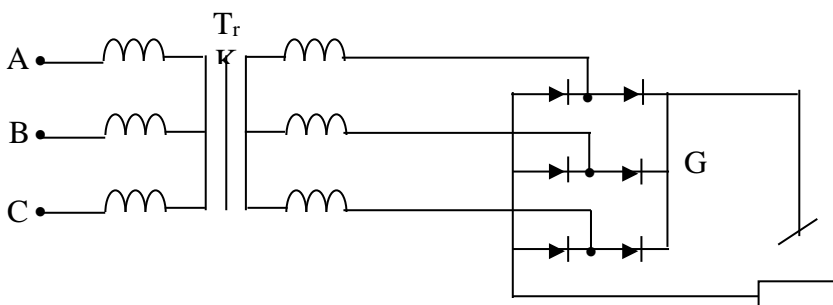
Üç fazly tr-r köp bölümleri iýmitlendirmek üçin ulanylýar. Zawodlar şeýle tipli transformatorlary goýberýär we önümçilikde ulanylýar.

CTE-32, CTE-22, CTE-23, CTE-34; CTH-22; CTH-23.

3) Kebşirleýji göneldijiler; bir we üç fazaly:



Bir fazaly kebşirleýji göneldijiler SNG döwletlerinde peýdalanylmaýar. Olara derek üç fazaly gurnamalar ulanylýar.

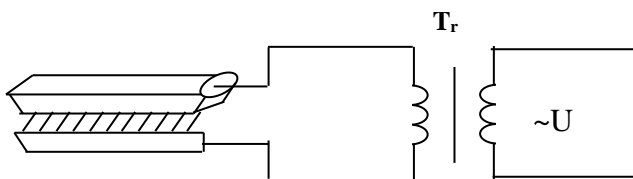


Zawodlar şeýle tipli gurnamalary goýberýärler we önümçilikde köpçülikleýin ulanylýar.

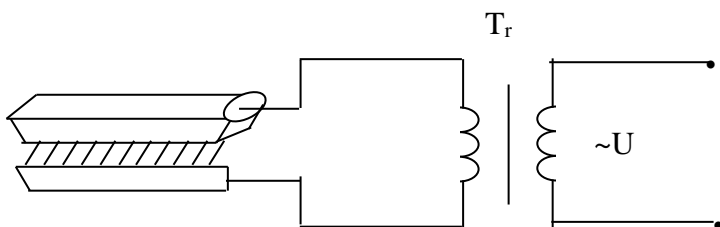
BCC-100	BKC-450	PC-100
BCC-300	BKC-500	PC-700
BCC-500	BKC-600	
C-selen,	K-kremniý	

4) Galtaşma esasynda kebşirmek.

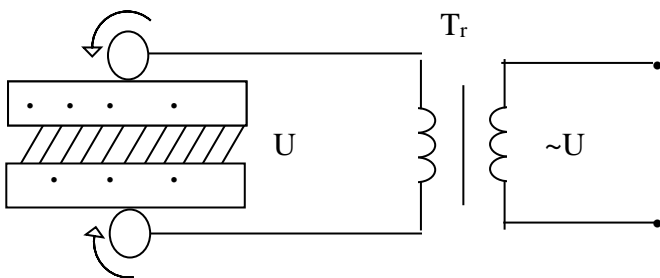
a) **Styk** – degşirmek arkaly kebşirmek giňden peýdalanylýar.



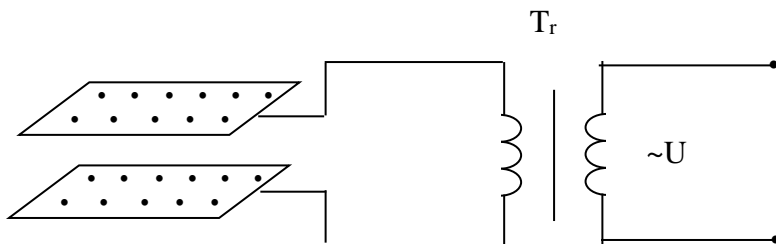
b) **Relyef** – boýunça kebşirmek uly meýdany bolan ýasy metallary seplemekde peýdalanylýar, berk birleşme bolýar.



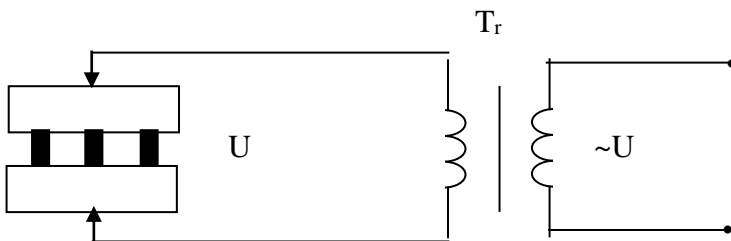
ç) **Nokatlaç** – kebşirmek usuly önümçilikde giňden peýdalanylýar, öndürijiligi ýokary usul hasaplanýar.



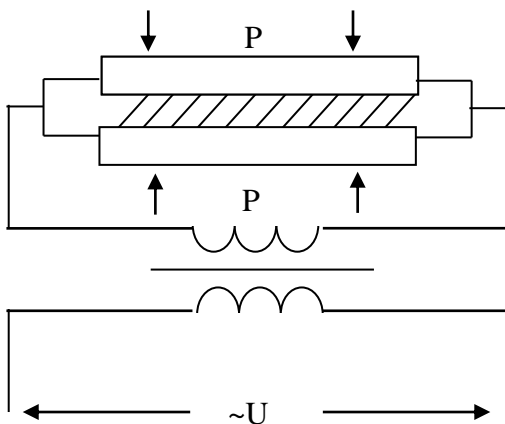
d) **Rolikli** – tigrçekli usul uzyn metallary kebşirmekde peýdalanylýar, olar üznüksiz we ädimleýin görnüşde bolýar.



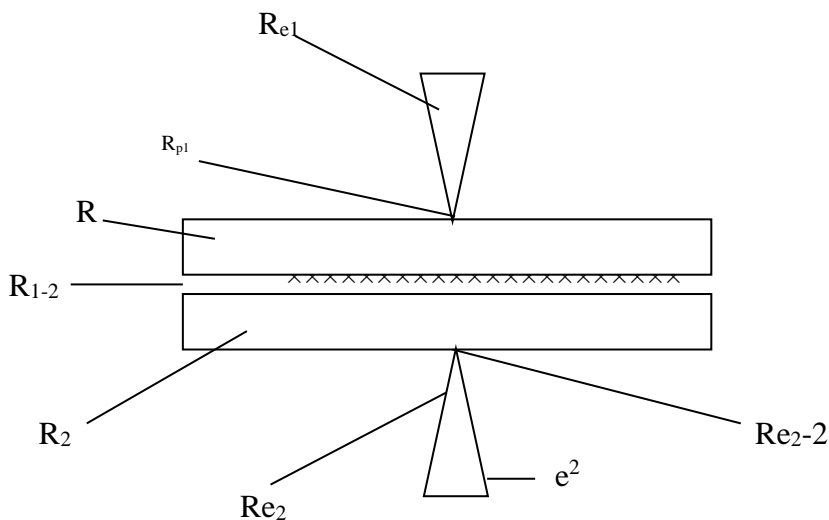
e) **Üst-boýunça** kebşirmek täze usul hasaplanýar, seplenýän metallaryň arasynda elektrik dugasy ýanmaýar, seplenen ýerler arassa saklanyp, kebşirmekligiň hili ýokary bolýar,



ýöne metallar gyzanyndan soňra olary biri-birine gysmak üçin goşmaça gurnama gerek bolýar; ol gurnama ýeterlik basyşy (P -çyzgyda) döretmeli. Şonuň üçinem kebşirleýji gurnamanyň gurluşy beýlekileriňkiden çylşyrymlaşýar, massasy agralýar.



4)Kebşirlemekde hasaba almaly ulylyklar.



$$R = \frac{R_{e1} + R_{e1-1} + R_1 + R_{1-2} + R_{e2} + R_2 + R_{e2}}{R_k = \frac{r_o}{R_\alpha}};$$

Umumy garşylyk ýokarky formula boýunça hasaplanylýar. Aşaky formuladaky: r_o -metallaryň birlik garşylygy, edebiýatlardan alynýar, şol bir metal üçin hemişelik ululyk;

P- iki metalyň biri-birine edýän basyş güýji;

α -hemişelik koeffisient.

Kebşirleýji gurnamalar işlände olaryň sargylaryndan tok geçip gyzýarlar. Bölünip çykýan ýylylyk mukdary $Q = I^2 R \tau_1$ formula bilen hasaplanýar. Şol bir wagtda ol töwerege-de ýaýraýar. Ýaýran ýylylyk mukdary $Q'' = K(\tau_1 + \tau_2)$ aňlatma bilen kesgitlenilýär.

K – hemişelik koeffisiýenti, τ_1 we τ_2 - degişlilikde gurnamanyň işleýän we arakesme wagtlary.

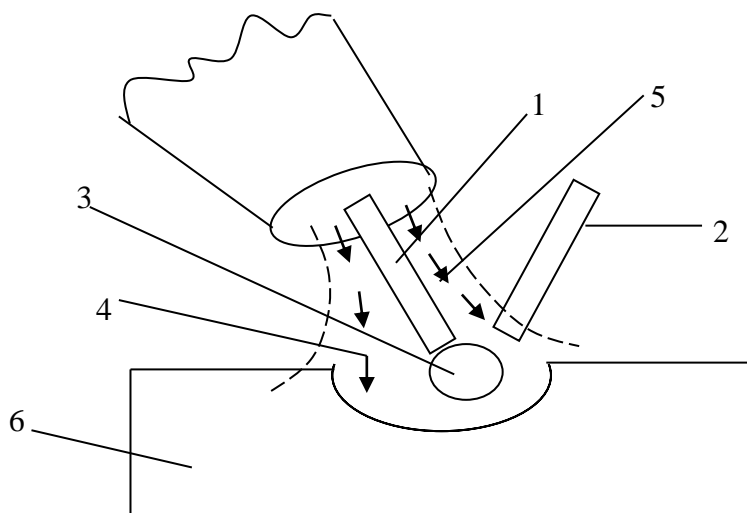
Eger-de $Q' = Q''$ bolsa $I^2 R \tau_1 = K(\tau_1 + \tau_2)$. ýa-da:

$$I^2 \frac{R}{K} = \frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2}; \left(\frac{\tau_1}{\tau_1 + \tau_2} \right) \cdot 100\% = (GB) -$$

GB - gaýtadan birleşdirmek koeffisiýenti diýilýär.

5) Ýöritileşdirilen kebşirleýji gurnamalar.

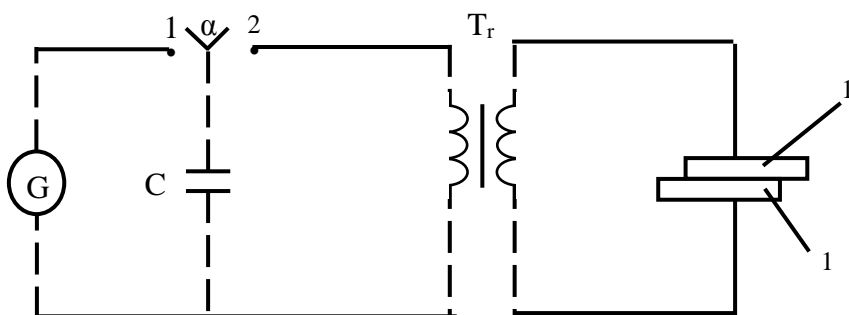
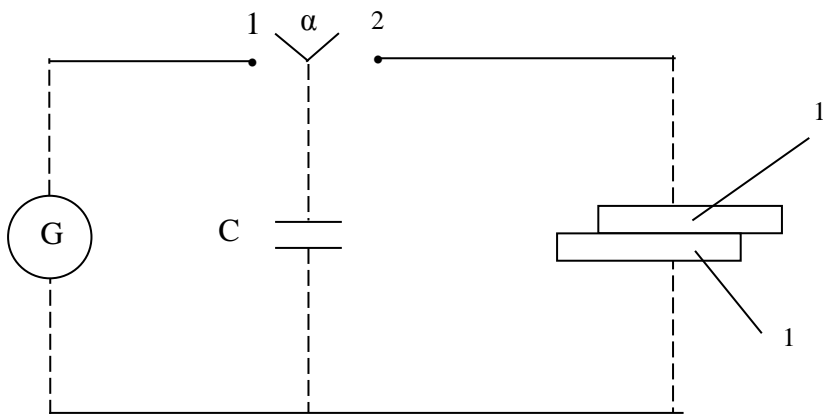
a) Argan – duga eremeýän elektrodly seplemeklik – ýokary hilli iş edilýär, argon seplenýän ýeri arassa saklaýar, alýumin, mis, magniý, titan, sirkoni, tantal, niobiý we olaryň garyndylaryny işläp bejermekde ulanylýar.



- 1 – wolfram elektrod,
 2 – doldyryjy material,
 3 – elektrik dugasy,
 4 – kebşirleýji ýeri,
 5 – gaz çüwdürimi,
 6 – bejerilýän metal.

b) Kondensatorly kebşirleýjiler – kiçi işler üçin ulanylýar; açar (a) 1-nji ýagdaýda c kondensator zarýad toplaýar; 2-nji ýagdaýda toplanan zarýad kebşirlenjek metala berilýär we onuň üstünden tok geçýär, şonuň hasabyna metallar seplenýär. Kondensatoryň toplan energiýasy $W = \frac{1}{2}CU^2$; togunyň ululygy:

$$i = \frac{nU_o}{\omega L} e^{\frac{\tau}{T}} \sin \omega t. \quad T = \frac{R}{2L} - \text{hemişeligidir.}$$



Gurnamalarda a – açary çalt açyp – ýapar ýaly goşmaça gurnama gerek bolýar. Ol bolsa gurnamanyň bahasyny ýokarlandyryr we konstruksiýasyny çylşyrymlaşdyrýar.

5.2. Metallary „elektron şöhleleri” bilen işläp bejermek

Alymlar XIX asyrdan metallaryň üstünden ýokary naprýaženiýäniň täsirinden elektronlaryň uçup çykýanlygyny we olary ýygnaýan belli bir ugurda ugrukdyrsaň köp energiýa alyp

boljaklygyny bilipdirler. Ol energiýa bolsa «elektron puşkasy» diýip atlandyrypdyrlar.

Biz her gün telewizory açanymyzda elektronlaryň akymyna gabat gelyäris, ýöne onuň energiýasy «elektron puşkasynyň» 100-çe, 1000-çe gezek (esse) gowşak, azdyr. Onuň kömegi bilen metallary gyzdiryp, metallurgiýada peýdalanyp boljaklygyny subut etdiler.

İňlis fizigi we himigi Uilýam Kruke ilkinji bolup elektron-şöhleleri bilen metal eretdi hem-de «talli» diýen himiki elementi tapdy. 1879-njy ýylda platinadan ýasalan anodly «el.puşkasynyň» turbasynda ýokary temperatura alýar we soňra ol ýerde elektronlar bilen «bombalap» metal eredýär, oňa bolsa «katod şöhlesi» diýip atlandyrypdyrlar.

1907-nji ýylda Amerikan Marsello fon Pirani «elektron şöhle» bilen wakuumda metal eredip, ýokary hilli, garyndysyz metal alypdyr ; tantal ýaly. Onuň eremek temperaturasy takmynan 3000°C bolupdyr. Bu netije gurnamanyň metallurgiýada uly orun tutjaklygyny subut edýär. Ýöne ol wagtlar ýokary wakuum alar ýaly, elektron akymyny döreder ýaly, ony edara eder ýaly – sazlar ýaly tehnika ýetmezçilik edýär. «El.şöhle» gurnamalar 2-nji Jahan Watançylyk ursyndan soňra peýdalanyp boşlandy. Ýokary hilli metallar raketa (Ý.E.H) atom we himiýa energiýasyny peýdalanmakda, ýarag öndürmekde we beýleki senagatlarda giňden peýdalanylýar.

Ýokary tizlik bilen metala urulýan elektronlar toplumynyň energiýasy ýylylyk energiýasyna öwrülýär, metal gyzyp-eräp başlaýar. Ýokary temperatura we wakuum metallardaky dürli garyndylary aýyrýar. Erän metal aşak damyp «kristallizatora» düşüp, belli görnüşli formada bolýar. Şeýle usul bilen alynan metalda azodyň, kislorodyň, wodorodyň galyndysy az bolýar; metalyň dykzlygy ýokary bolýar.

Hünärmenleriň tassyklamagyna görä «el.şöhle» peçleri – gurnamalary tehniki we tehnologiýa taýdan örän amatly, uly göwrümlü-kuwwatly ýasalsa has-da öndürijilikli bolýar. Peç näçe uly bolsa elektronlaryň akymyny sazlamak şonça-da aňsat

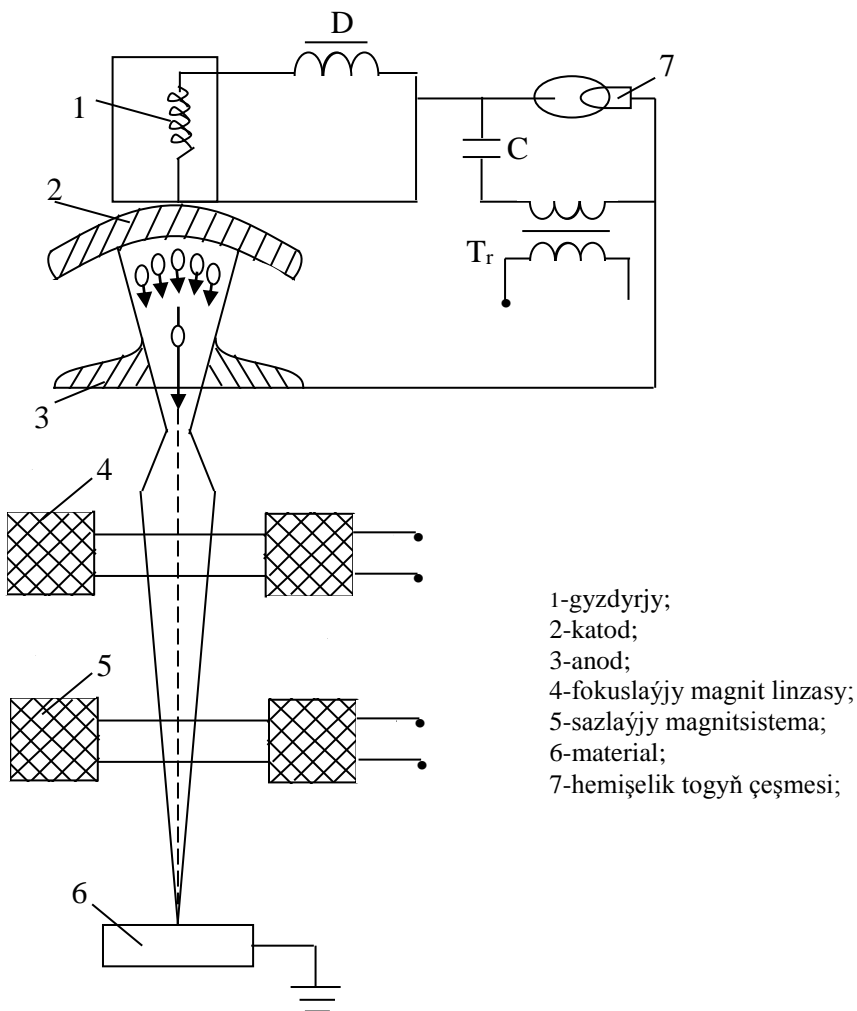
bolýar ; gelejekde üznüksiz işleýän gurnamalary ýasamaklyk mümkinçiligi bar. Uly göwrümlü önümleri – metallary alyp bolýar. Bular bolsa ýokary kuwwatly turbinalaryň rotoryny ýasamak üçin gerek bolýar.

Elektron şöhleleri bilen metallary işläp bejermekligiň gowy taraplary :

- 1) gyzdymak amala aşyrylýän ýerinde udel energiýany ähtibarly sazlap bolýar ;
- 2) işlenip bejerilýän metal bilen elektron şöhlesiniň birikýän ýerinde ýokary udel kuwwat (10 Wt...1-MWt) döreýär ;
- 3) magnit sistemasynyň kömegi bilen elektron şöhlesini edara edip-sazlap bolýar ;
- 4) wakuumy işçi giňişlik we tehniki düzüji diýip hasaplap bolýar ;
- 5) «elektron şöhlesiniň» täsir ediş meýdanyny sazlamak mümkinçiligi bar ;
- 6) islendik metaly işläp bejermek mümkinçiligi bar, fiziki-himiki häsiýetlerine, ulylyklaryna garamazdan ;
- 7) islendik geometriki ölçegdäki önümi alyp bolýar (galyň, ýasy, ýuka, togalat we ş.m.).

Kemçilikler:

- 1) Ýokary wakuumy üpjün etmeli; (10^{-5} ... 10^{-6}) mm.ss.
- 2) Gurnamanyň bahasy ýokary, gurluşy çylşyrymly, edara etmek üçin ýörite hünärmen gerek;



„Eletron puşkasy“ bilen metallary
 sepleýän gurnamanyň ýönekeý
 prinsipial elektrik shemasy.

Zawodlar önümçilikde ulanar ýaly ЭЛН-uniwersal gurnamany goýberýär, kebşirmek üçin, $d_K=700\text{mm}$; $l_K=1200\text{mm}$; $U_{tüz}=60\text{ kW}$; $I_{e.t.}=35\mu\text{A}$ ululyklary bolmaly.

Katoddan çykan elektronlaryň energiýasy:

$$W = \frac{1}{2} m_0 \mathcal{G}^2; \quad \text{ýa-da} \quad W = \ell_0 U_0;$$

m_0 we ℓ_0 -elektronyň massasy we zarýady.

U_0 -potensialy.

Elektronlaryň şöhesiniň kuwwaty:

$$P_{\S} = I_{\S} U_t;$$

I_{\S} -şöhläniň togy;

U_t -tizlendiriji naprýaženiýe.

Elektron şöhläniň udel kuwwaty:

$$P_{\S.u.d.} = \frac{P_{\S}}{S_{\S}}; \quad \text{ýa-da} \quad P_{\S.u.d.} = \frac{I_{\S}}{\pi r_{\S}^2};$$

S_{\S} we r_{\S} – şöhläniň meýdany we radiusy;

Elektronlaryň tizligi:

$$\mathcal{G} = \sqrt{\frac{2\ell_0 U_0}{M_0}};$$

5...100 eW (e.W) energiýa bilen metala urulan elektronynyň metalyň içine girmek derejesini (aralagyny) Şotlandyň formulasy bilen tapyp bolar: $b=2,1 \cdot 10^{-17} U_0$; [m]; ($b \approx 10^{-6}\text{m}$) ν -metalyň (materialyň) dykzylygy.

Eremek temperaturasyndan ýokary gyzan gazanyň diwarlary termoelektron hadysasyny ýüze çykarýar. Termoelektron emissiýasynyň alyp gidýän kuwwaty:

$P_{t.e.l.} = I_{t.e.}/e_o (\varphi + 2kT); [Wt];$

E_o - el-ň zaryady;

φ – çykyş işi (energiýasy),

k – Bolsmanyň hemişeligi.

T – absalýut temperatura.

$I_{t.e.}$ – termoelektron emissiýasynyň togy, (10...100) A ýetýär, şonuň üçin gurnamany gowy topraklamaly; elektron şöhesiniň (5...25)% kuwwatyny alýar we p.t.k. kiçeldýär. “Elektro-şöhle” gurnamalaryň esasy ýerine ýetirýän tehnologiiki işleri: eretmek, bugartmak, gyzdurup işläp bejermek we seplemek- kebşirlemek (swarka).

Elektron şöhleleriniň, tehnologiiki işler üçin, zerur udel kuwwaty – energiýasy şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$W_{ud.} = \frac{3,47 \lambda Ter}{d_g l_g \frac{d_g}{d_o}};$$

λ - metalyň ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti;

$Ter.$ - metalyň eremek temperaturasy;

d_g - işçi gazanyň diametri,

d_o - $^{\circ}t = const$ bolýan ýerindäki (wagtyndaky) diametri.

Elektron puşkasynyň 1 sm^2 meýdana düşýän mukdary 500 MWt – a ýetýär.

“Elektron - şöhle” usuly bilen molibden, wolfram ýaly materiallary kebşirläp bolýar we arassa bolýar. Wakuum kamerasynyň diametri $0.5 \div 1,0 \text{ m}$; uzynlygy $1 \div 2 \text{ m}$; wakuumyň derejesi $0,01 \div 0,001 \text{ Pa}$ barabar. Gurnamanyň katody gönümel we gapdallaýyn gyzdyrylýar. (Katod – gekstaborid lantan). Katody gönümel gyzdyrmaklyk “elektron puşkasynyň” kömegi bilen amala aşyrylýar. Katody gapdallaýyn gyzdyrmak üçin onuň gapdalynda goşmaça gyzdyryjy element goýulýar.

5.3. Ultrases gurnamalary

Ultrasesler yzygiderli gaýtalanýan maýyşgak mehaniki yrgyldylar bolup, olaryň ýygylgy adamyň gulagynyň eşidişiniň ýokary çäginden aşakdyr, köpdür. Ultrasesler gaty, suwuk, gaz halyndaky jisimlerde ýaýrap bilýärler. Hemme adamyň gulagynyň eşidişi deň bolmaýar we wagt geçdigiçe üýtgeýär. Adamyň eşidiş ýygylgy ($16...16 \cdot 10^3$) Gs aralyk kabul edilen. ($16 \cdot 10^3...10^{10}$) Gs aralyk ultrases hasaplanýar. Tehniki maksatlar üçin ($16...1600$) Gs çäklendirilen.

Maddalaryň gysylmagy we ýazylmagy adaty ýagdaýyndaka görä yrgyldyly hereket döredýär we tolkun emele gelýär. Tolkunlar dik (prodolnyý), gapdal (popereçnyý) we üstki (powerhnostnyý) bolýarlar.

Maddanyň bölejiginiň süýüşmesi yzygiderli bolup, wagta görä aňlatsak :

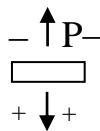
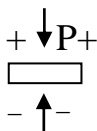
$b = B \sin \omega t$; B-süýüşmegiň ampletudasy; ω -burç tizligi;

Tolkunyň ýaýramak tizligi;

$C = \lambda f$, [m/sek], λ -tolkun uzynlygy, [Gs], f -ýygylgy. [Gs]

Ultrasesleri öndürmegiň usullary (generatorlary). Generatorlary iki topara bölýärler:

- 1) Mehaniki çeşmesi; sykylyk, sirena we ş.m; olar ýönekeý we ähtibarly; pes ýygylkly we kuwwatly bolýarlar.
- 2) Elektriki çeşmeleri; pýezoelektrik we magnitostriksion.



a) 1880-nji ýylda Fransiýada doganlar Kýurilar birnäçe jisimleri (maddalary) (kwars, turmalin, segnet duzy) gysanynda we süýündireniňde üstlerinde elektrik zarýadlary emele getirýärler;

täsir edilişine görä polýarlygyny, alamatyny, üýtgedýär (\oplus ... \ominus , \ominus ... \oplus) . olar muňa pýezoelektrik hadysasy diýip atlandyryrlar. Häzirki wagtda: kwars; titanat bari; sirkoni gurşun; bariý, stronsi we ş.m. garyndyly materiallar peýdalanylýar. Effekt $t=200^{\circ}\text{C}$ çenli hemişelik saklanýar; $t=573^{\circ}\text{C}$ ýitip gidýär. Ýarym tolkunly şöhlendirijiler üçin ýygylgy şeýle formula bilen kesgitleýärler:

$$f = \frac{k}{d}; [kGs];$$

d – pýezoplastinkaň galyňlygy, [mm].

k – hemişelik koeffisiýent; [kGs. mm].

$k=2280$ -kwars; $k=1540$ -segnet duzy; $k=2200$ -titanik bari.

Ultrases tolkunlarynyň intensiwligi:

$$I = K_p \frac{f^2 U^2}{\rho c};$$

U -oýandyryjy naprýaženiýe;

f -ýygylgy

ρc -akustiki garşylyk.

K_p -materialyň häsiýetlendiriji koeffisiýenti. $K_p=1,44 \cdot 10^{-8}$ -kwars; $K_p=1,44 \cdot 10^{-4}$ -tit.bar; $K_p=5,4 \cdot 10^{-6}$ -segnet duzy. $I=500$ kwt/m², kwars; $I=(100...200)$ kwt/m², tit.bari.

- b) 1842-nji ýylda Joul magnitostriksion effekti açýar, ýagny ferromagnit materiallar (demir, nikel, kabolt we ş.m. materiallar) magnit meýdanynyň täsirinden metallaryň geometriki ölçeglerini üýtgetmeklerine-

magnitostriksion effekt-diýip atlandyrylýar. Onuň ölçeğiniň üýtgemegini:

$$\Delta \ell = -\ell_0 \frac{\sigma}{E} B.$$

$\Delta \ell$ -yrgyldynyň ampletudasy;
 ℓ_0 -sterženiň başdaky uzynlygy;
 σ -magnitostriksion koeffisiýent;
 E -Ýungyň moduly.
 B - magnnit meýdanynyň induksiýasy;

Beýle çeşmelerden $f=200$ kGs ýygylykly $P=1$ kwt-dan gowrak energiýa alyp bolýar.

Ýygylygyny:

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho(1 + \frac{b}{2l})}};$$

l, b - çeşmäň uzynlygy, ini,;
 ρ -ýaýaraýan ýeriniň dykzlygy.

$f=(19...20)$ kGs; $P=(2,5...3)$ kwt; $\eta=(50...65)\%$ ýokarky ulylyklar ИМС-6М tipli (görnüşli) enjamynyň – gurnamanyň ulylyklarydyr. Şöhlelendirijiniň sargylaryna 200...400W naprýaženiýe goýulýar. Ýygylygy $f=(18...30)$ kGs bolan gurnamalar peýdalanylýar; ony 90...100 kGs ýetirip bolýar. Şonda intensiwligini, ýagny 1m^2 neýdana düşýän kuwwaty 100 kwt ýeter.

Ulanlyýan gurnamalaryň akustiki kuwwatyny (belli bir tehniki şertlerde) şeýle formula bilen kesgitläp (tapyp) bolar:

$$\rho_a = \frac{\delta B_m^2 s_s^2}{\rho c} \cdot \cos\left(\frac{2\pi f h}{Cm}\right) k :$$

bu ýerde: δ -magnitostrikson hemişelik, N/m^2 . T;

B_m -magnit meýdanynyň induksiýasynyň üýtgeýän düzüjisiniň amplituda bahasy, T,

S_s -şöhlendiriji steržiniň kese kesiginiň meýdany, m^2 ;

f-yrgyldynyň ýygylgy, Gs;

h-goşmaça goýulan materialyň beýikligi, m;

C_m -magnitostriksion materialda ultrasesiň tizligi, m/s;

ρ -şöhlenenmegiň ýaýraýan ýerindäki jisimiň dykyzlygy, kg/m^3 ;

c-şöhlenenmegiň geçýän ýerindäki ultrasesiň tizligi, m/c;

k-magnitostriksion şöhlelendirijileri häsiýetlendirýän koeffisiýent.

Magnitostriksion gurnamalardan kuwwaty 1kWt bolan ultraseslerini alyp bolýar. Ýygylgy 200 kGs ýokary bolmaýar.

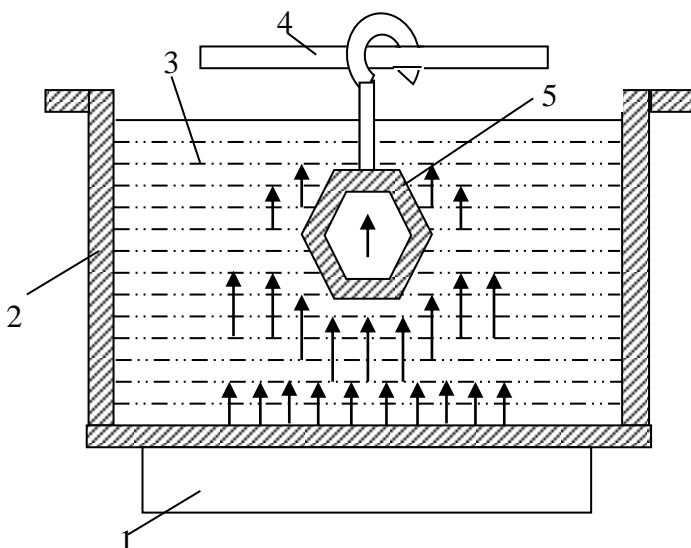
Ultrases generatorlary ýygylgy 50Gs bolan elektrik energiýasyny ultrases ýygylkly üýtgeýän toguň energiýasyna öwürmeklige niýetlenendir.

Ultrasesler halk hojalygynda giňden peýdalanýar. Kuwwatly gurnamalar: materiallaryň geometriki ulylyklaryny üýtgetmekde; arassalamakda; ýuwmakda; seplemekde we ş.m. işlerde giňden ulanylýar.

Ultrasesleri önümçilikde, tehnologiýa işlerinde giňden peýdalanylýar. Maşyn gurluşygynda metallaryň, detallaryň, üstüni arassalamakda, aýratynam maýda (uşak) detallary, daşy büdür-südür, tekiz däl detallary arassalamakda beýleki usullardan arzan düşýär. Gurnamalaryň öndürililigi beýlekileriňkiden ýokary. Çyzgydaky görkezilen gurnama ýönekeý görnüşi. Ultrases ýygylgy bilen wannany yrgyldatýarlar. Şeýlelikde suwuklyk yrgyldap detalyň hapasyny aýyrýar. Beýle işler üçin pýezoelektrik enjamlary 400...800 kGs ýygylkly generatorlar peýdalanylýar. Ýygylgy (20...30) kGs ýygylkly magnitostrikson ultrases generatorlary peýdalanylýar. Wanna goýulýan kuwwatlyk 10...80 Wt her bir

litr suwuklyga düşer ýaly hasap bilen generatory saýlaýarlar. Ultrasesleriň kömegi bilen ýylmamak, deşmek, kesmek we ş.m. işleri ýerine ýetirýärler; port materiallaram: kwars, çüýşe, küýze we ş.m. materiallary hem işläp bejerýärler.

Kuwwaty 250...600 Wt we ýyglygy 20...30 kGs bolan gurnamalar bilen ýokary hilli işleri geçirip bolýar.



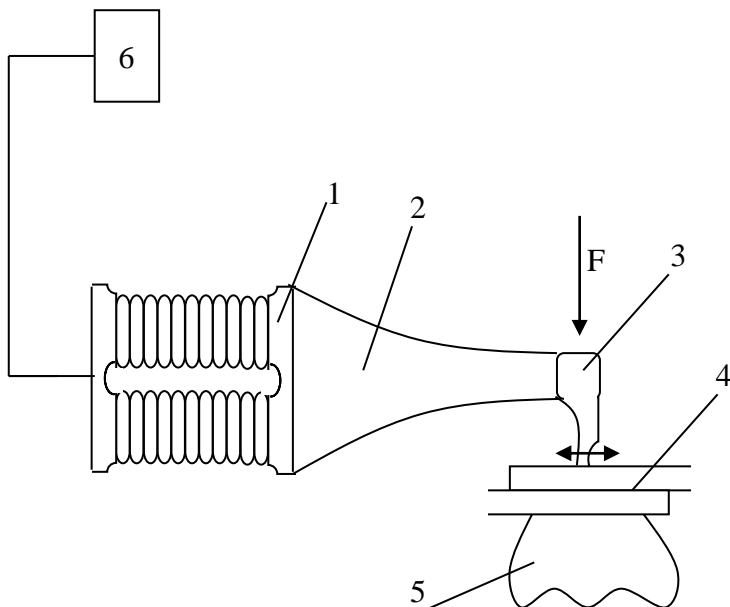
Ultrases bilen arassalamagyň prinsipial shemasy.

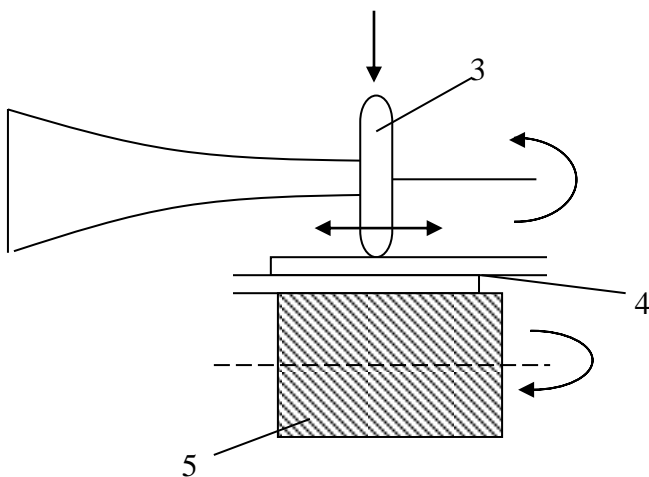
- 1-ultrasesli yrgyldylaryň generatory;
- 2-wanna (gap);
- 3-suwuklyk (eredeiji garyndyly ergin);
- 4-detallaryň berkidilýän berkitme;
- 5-arassalanýan metal.

Ultrasesleriň kömegi bilen çalt poslaýan metallary kebşirmek bolýar. Kebşirlenýän detallary daýanjyň üstünde ýerleşdirip kebşirleýji gurnamanyň ujyny beýleki detala

degirip(15...30) kGs ýygylyk bilen yrgyldatýarlar. Detallar biri-biri bilen sürtülip birleşdiriljek ýerleri arassalanýar we berk birleşme emele gelýär. Alýumin, mis, olaryň garyndylary; molibden, sirkoniý ýaly magdanlar gowy kebşirlenýär. Ultrases bilen kebşirlenende magdanyň fiziki-himiki häsiýetleri üýtgetmeýär. Temperaturalary ýokarlanmaýar, şonuň üçin bu usula “sowuk kebşirmek” diýilýär. Kebşirmek işi sekundyň bir bölejik dowamynda bolup geçýär. Galyňlygy 2,5 mm çenli magdanlarda ýokary hilli geçýär.

Ultrases generatorlarynyň kömegi bilen başgada köp işleri ýerine ýetirip bolýar: metallary seplemek; süýt önümleri işläp arassalamak we bejermek; garyşmaýan suwuklyklary garyşdyrmak; däneleri işläp bejermek; kebşirlenen we seplenen işleriň hilini barlamak; lukmançylykda bir näçe işler we ş.m.





Nokatlanç we sepli kebşirlemegiň prinsipial shemasy.

1-öwürüji;

2-tizlik transformatory;

3-gurnamanyň ujy;

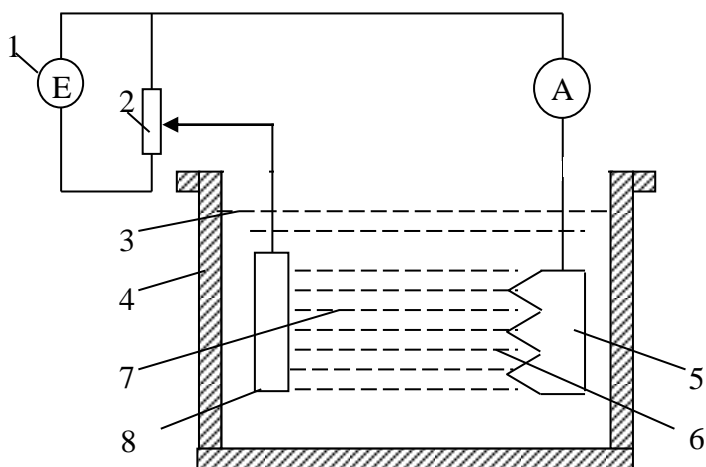
4-kebşirlenýän metal;

5-daýanç;

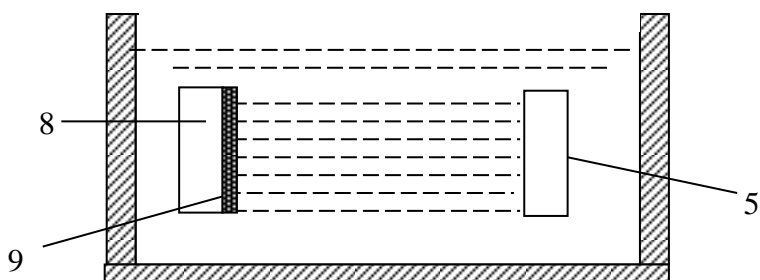
6-generator.

5.4. Metallary “anod” elektrohimiýa usulda işläp bejermek

Metallaryň üstünden artykmaç ýerlerini aýyrmak, üstüni ýylmamak, tekizlemek işlerini ýerine ýetirip bolýar. Ony şeýle ýönekeý çyzygynyň kömegi bilen düşündirip bolar.



a)



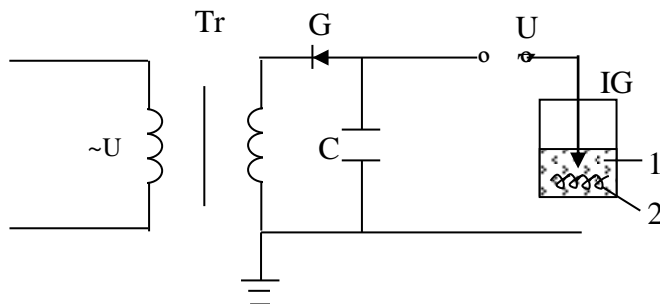
b)

- 1-tok çeşmesi;
- 2-napryáženíýäni bölüji;
- 3-elektrolit;
- 4-gap (wanna);
- 5-anod, işlenip bejerilýän metal; maddalar;
- 6-anodyň üstünden eräp aýrylýan bölejikler;
- 7-tok geçişiniň ugurlary;
- 8-katod;
- 9-anoddan aýrylyp katodyň üstüne düşen

Beýle usul bilen tekizlemek, ýylmamak işleri togyň kiçi dykzyzlygynda we haýal eretmek bilen amala aşyrylýar. Ýokarky çyzgyda (a) umumy işiň guralyşy we (b) çyzgyda alynan netije görkezilen, ýagny anodyň (5) üsti tekizlenen (ýylmaman) görnüşidir.

5.5 Elektrogidrawliki effekt

Bu usul geçen asyryň ortalaryndan bäri önümçilikde peýdalanýar. Beýle usul bilen işlemek üçin enjamlaryň gurluşy ýönekeý, ýöne ýokary woltly gurnamalar peýdalanýar. Gurnamalaryň ýönekeý prinsipial elektrik shemasyny şeýle çyzarys:



Gurnama naprýaženiýasy ($U=220\div380$)V standart naprýaženiýaly üýtgeýän togyň çeşmesinden iýmitlendirilýär. Naprýaženiýanyň ululygy gurnamanyň kuwwatyna görä saýlanyp alynýar. Gurnamalaryň esasy düzüjileriniň biri beýgeldiji transformator bolup (T_r) onuň çykyşyndaky naprýaženiýa ($50\div130$)kV çenli aralykda alynýar. (ýagdaýa görä synag ediji transformatorlar hem peýdalanýar). Kondensatory zaryadlandyrmak üçin oňa hemişelik naprýaženiýa berilýär. Hemişelik naprýaženiýany bolsa göneldijiniň (G) üsti bilen alynýar. Göneldiji ýarym geçiriji diod ýa-da diotlaryň toplумы bilen gurnalan “Köpri” görnüşde

bolup biler. Kondensatoryň zarýadyny ýygnamak üçin ýa-da yzygider zarýadsyzlanyp durmazlygy üçin uçgun zarýadsyzlandyryjysy (U.Z) goýulýar.

Işi ýerine ýetirmek üçin ýörite iş gazany (I.G) taýýarlanylýar. İş gazanyň içini suwdan (1-nji) ýa-da degişli suwuklykdan doldurýarlar, şeýle hem gazanyň içine işlenip bejeriljek magdany (2-nji) ýerleşdirilýär. İşleýiş prinsipi şeýle, ýokary naprýaženiýadan zarýad toplan kondensatoryň potensialy uçgun (UZ) zarýadsyzlandyryjynyň böwsülme naprýaženiýasyna ýetende uçgun zarýadsyzlandyryjy açylýar. Şol wagtda işçi gazanda zarýadsyzlanma bolup geçýär. Zarýadsyzlanmanyň wagty örän kiçi, ýagny $\tau_{\kappa} = (10^{-5} \dots 10^{-6})$ sek. deň bolýar.

Şol wagtda işçi gazanda ýokary basyş emele gelýär. Ol basyşyň ululugy şeýle formula bilen hasaplanylýar:

$$P_{\max}^{basy} = 82 \frac{U_r}{\sqrt{Ll}}; \quad [kP]$$

U_r - zarýadsyzlanma naprýaženiýasy;

L - zarýadsyzlanma geçýän aralygyň induktiwligi;

l - zarýadsyzlanma geçýän aralygyň uzynlygy.

Şol wagtda ýüze çykýan, zarýadsyzlanma aralykdan geçýän togyň hasaplama bahasy şeýle formula bilen kesgitlenýär:

$$I_{has} = 0,86 \sqrt{2W / L} \cdot [A].$$

Hakykatda zarýadsyzlanma wagtynda geçýän togyň ululugy $(10^3 \dots 10^4)$ A ýetýär.

Bu ýerde: W -kondensatoryň özünde toplan energiýasy bolup, şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$W_C = \frac{1}{2} C U_r^2.$$

Geçýän togyň 1-nji max ulugynyň şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$I_{\max 1} = U_r \sqrt{C/L}.$$

Impuls togynyň ululygydyr, şu toga degişli işçi gazandaky ýüze çykan kuwwatlylygyň max bahasy şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$P_{\max}^{kuw} = I_{\max 1}^2 R_r$$

Bu ýerde: R_r - zarýadsyzlanma geçen wagtyndaky täsir edýän aktiw garşylyk bolup, şeýle düzüjilerden durýar:

$$R_r = R_{tr} + R_G.$$

Bu ýerde: R_{tr} -transformatoryň aktiw garşylygy:

R_G -göneldirijiň aktiw garşylygy.

$$\text{düzet } R_{tr} = \frac{P_g}{I_n^2}.$$

P_g -transformatoryň gysga utgaşma kuwwaty;

I_n - transformatoryň nominal işçi togy;

$$R_G = \frac{\Delta u}{I_n}$$

ΔU -göneldijidäki naprýaženiýanyň peselmesi.

Işçi gazanda zarýadsyzlanma geçen wagtynda uly tok ýüze çykýar. Ol ýokary temperatura döredýär. $t=(10^3...10^5) \text{ }^{\circ}\text{C}$ barabar bolýar. Şeýlelikde güýçli tolkun ýüze çykyp elektrik energiýasy mehaniki energiýa öwrülýär. Partlama ýaly ses eşdilýär. Ol mehaniki energiýa işlenip bejeriljek magdana täsir edip ony owardýar, döwýär ýa-da ş.m. işleri ýerine ýetirýär. Bu gurnama dag daşlary, aýna, çüýşe önümlerini gaýtadan işlemeli bolsa ýa-da keramiki enjamlary täzeden işlemeli bolsa giňden peýdalanýar. Gurnama üçin gerek bolan transformatoryň kuwwatyny hasaplamak şeýle formula bilen hasaplanýar:

$$S_{t2} = \frac{cf U_r^2}{2\eta \cdot \cos \varphi}.$$

$$\eta_a = \frac{1}{1 + 2/Te} \cdot 100\%$$

Bu ýerde:transformatoryň zarýadsyzlanmasynyň hemişeligi.

$$T_r = CR_r$$

Kondensatoryň sygymyny şeýle formula bilen kesgitlenýär.

$$C = 0,86 F_r \frac{I_r}{U_n}.$$

Max togyň ululugyna görä

$$C = \tau_{\max} \frac{I_{\max}}{U_r}.$$

Gurnamanyň umumy peýdaly täsir koeffisiýenti $\eta_{um}=50\%$. Zawoda goýberilýän gurnamalaryň transformatoryň 2-nji naprýaženiýasy:

$$U_{2tr} = (50...100)kW.$$

Standart hasap edilýär.

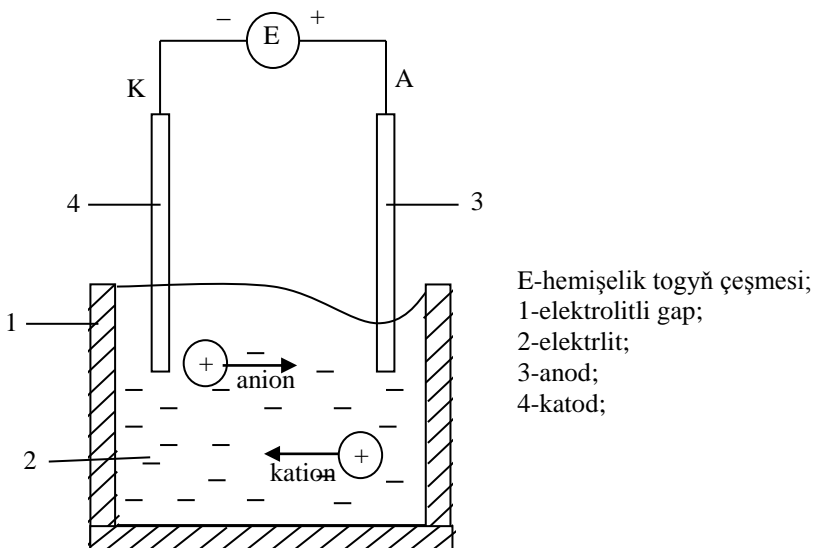
6. ELEKTROLIZ GURNAMALAR

6.1. Elektroliz hadysasy we senagatda ulanyşy

Elektroliz-elektrolitden hemişelik elektrik togunyň geçmeginden elektrodlarda elektrolitiň düzüminiň üýtgemegidir.

Elektrolit-üstünden elektrik toguny geçirip bilýän garyndyly suwuklyk, ikinji derejeli geçirijidir.

Ýönekeý elektroliz gurnamasynyň çyzygysyny şeýle görmek bolar:



Elektroliz gabynyň shemasy (çyzygysy).

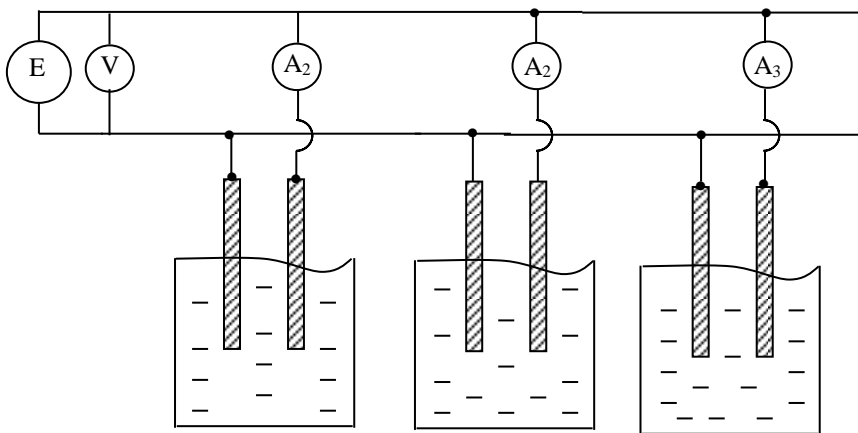
Otrisatel polýusly elektroda "Katod", položitel polýusly elektroda "anod" diýilýär. Erginden hemişelik togy geçende položitel we otrisatel ionlara dargaýar. Otrisatel zarýadly ionlar položitel polýusly elektroda-anoda tarap hereket edip onuň üstüne çökýär ýa-da himiki reaksiýa girýärler. Ol ionlara anionlar diýilýär. Položitel zarýadly ionlar otrisatel zarýadly elektroda tarap hereket edip onuň üstüne çökýär ýa-da himiki reaksiýa geçýär. Ol iona bolsa "Kation" diýilýär.

Elektroliz hadysasyny şeýle toparlara bölmek bolýar:

- 1) Metal bölünip çykmaýan elektroliz-bu usuly bilen gaz görnüşli maddalary almak üçin peýdalanylýar (wodород, kislorod, gaz görnüşli hlor, elektriki dikeldiş işleri we başgalar).
- 2) Metal bölünip çykýan elektroliz-dürli garyndylaryň içinden metallary saýlap almak işinde peýdalanylýar (wanadiý, telliý, indiý, germaniý we ş.m;) elektrolitiki usul peýdalanmak bilen metallary alyp bolýar (mis, nikel, sink, galaýy we ş.m).
- 3) Elektrohimiki usul bilen seljermek işleri-analitiki himýada giňden ulanylýar, poligrafiýada we agram ölçemek işlerinde.
- 4) Ergin maddalaryndaky elektroliz-bu usul ýeňil we seýrek duş gelýän maddalary almakda peýdalanylýar (ftor, alýuminiýa, titan, sirkoniýa, magniýa, kalsi, berillili organiki birleşmeleri seljermekde uly orun eýeleýär; titan we beýleki metallary dikeltmekde giňden peýdalanylýar.
- 5) Galwanotehnika-metal bölünip çykýan elektrolize degişli bolup, aşakdaky hadysalar girýär;
 - a) galwanoplastika-bu usul metalliki kopiýasyny-nusgasyny almak, ýasy materiallaryň suratyny we ş.m işlerde giňden peýdalanylýar (aýdym maşynlaryň plastinkalaryny, tipografiki we peçat işlerinde, radiotehnika we ş.m).

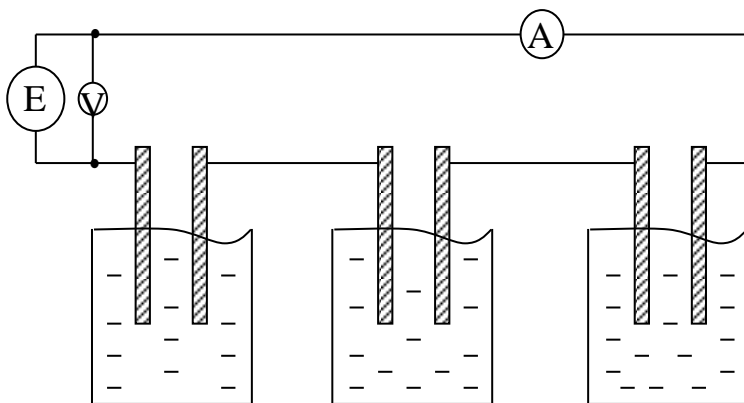
- b) galwanostegiýa-metal işläp bejeriji we maşyn gurluşygy zawodlarda bir metalyň üstüne beýleki metaly çaymak üçin, owadanlamak-ýylmamak işlerinde peýdalanylýar. Metallary nikellemekde, hromlamakda, mis, sink, kümüş, altyn we başgalar çaymak işinde giňden peýdalanylýar.
- c) metallaryň üstüni elektrohimiýa usul bilen işläp bejermek işinde giňden peýdalanylýar, aýratynam alýumin onuň birleşmelerini, metallary ýylmamakda, anod tekizläýiş, deşmek we ş.m işlerde.

Elektroliz bilen işläp bejermek elektrolitiň (940 ||| 950)°C temperaturada geçirilýär. Elektroliz geçirilýän gurnama "elektrolizler" diýilýär. Ol bolsa anod we katod gurluşdan, tok geçirijiden, ölçeýji-gözegçilik, sazlaýjy enjamlardan durýar. Elektrolizerleriň diwary gyzgyna çydamly, himiki rýaksiýa girmeyän materialdan ýasalýar. Gurnama üznüksiz işläp ýaly mehanizimler bilen enjamlaşdyrylandyr. Iýmitlendirmek üçin hemişelik toguň çeşmesi peýdalanylýar: Kuwwatly gurnamalar aýratyn hemişelik toguň generatorlaryndan; kiçi kuwwatlylar göneldijileriň (simaply, ýarym geçiriji metallardan ýasalan) peýdalanylýar; soňky döwürde simaply göneldijiler seýrek peýdalanylýar. Önümçiligiň ýagdaýyna görä elektrolizler özara parallel we yzygiderlilikde tok çeşmelerine birleşdirilýärler. Ýönekeý shemalaryny şeýle çyzyp görkezmek bolar:



Elektrolizerleriň parallel birleşdirilişi

Elektrolizerler parallel birleşdirilende olara goýulan naprýaženiýe birmeňzeş bolýar ($U_1=U_2=U_3=U$); emma tok güýji olaryň garşylyklaryna (R_1, R_2, R_3) görä üýtgeşik bolýar, ($I_1 \neq I_2 \neq I_3$). Şeýlelikde $I_1+I_2+I_3=I$ umumy tok güýjini alarys.



Elektrolizerleriň yzygider birleşdirilişi

Elektrolizerler yzygider birleşdirilende olaryň üstünden akyp geýýän tok güýji (mukdary) birmeňzeş bolýar, emma naprýaženiýanyň peselmesi dürli bolýar. Omuň kanuny boýunça:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots \text{naprýaženiýeleriň jemi}$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \text{garşylyklaryň jemi}$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ -umumy tok güýji.} \quad \left(I = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} \right)$$

1) Elektroliz wagtynda bölünip çykan maddanyň massasy (fizika dersinden bilişimiz ýaly) elektrolitde akyp geýýän elektrik mukdaryna gönü proporsional we Faradeýiň kanuny boýunça hasaplanýar.

$$m = \alpha I \tau \cdot [g]$$

bu ýerde m-elektrolitden bölünip çykýan maddanyň mukdary [g];

I- elektrolitden geýýän tok güýji [A];

τ -elektrolitden toguň geýýän wagty;

α -elektrohimiki ekwiwalent (1 Amper sagatda bölünip çykýan maddanyň mukdary) [g/A·S];

2) Elektroliz döwründe bölünip çykýan maddanyň mukdary, elektrolitden akyp geýýän togyň şol bir ululygynda, maddanyň atom agyrlygyna (A) göni proporsionaldyr:

$$m = \frac{A I \tau}{96480 \cdot n};$$

96480-Faradeiň sanydyr.

Şeýlelikde:

$$\alpha = \frac{A}{96480 \cdot n}; [g]$$

ululyk elektrolizerden bir amper sekunda (kulan) geçende bölünip çykýan maddanyň mukdary.

Elektroliz wagtynda hakyky bölünip çykan maddanyň massasynyň (m_1) bölünip çykmaly maddanyň mukdaryna (m) bolan gatnaşygyna, maddanyň tok boýunça bölünip çykyşy (η) ýa-da çykmagy diýilýär.

Ýagny:

$$\eta_1 = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%; \quad m_1 = \eta \frac{A I \tau}{96480 \cdot n}; \quad \eta_1 < 1$$

Formuladan görnüşi ýaly elektrozerden akyp geçýän togyň mukdary artdygyça η_1 ululyk hem ösýär.

Elektroliz hadysasynyň ähmiýetini energiýa boýunça maddanyň çykyşy (q) boýunça hem aňlatmak bolar:

$$q = \frac{\alpha \eta_1}{100 \cdot U_{el.}}$$

U_{el} -elektrolizerdäki naprýaženiýäniň ululugy [W];

α -elektrohimiki ekwiwalent, g/ K_e ;

η -maddanyň tok boýunça çykyşy.

Elektroliz hadysasy esasynda iş ýerine ýetirilýän işler esasan maddalaryň bölünip çykmagyna syrykár. Bölünip çykýan maddalaryň mukdary bolsa elektrolitden akyp geçýän tok güýjüne (elektrik mukdaryna) baglydyr. Elektrik energiýasyny tygşytlamak üçin elektrolizerleriň işini awtomatiki usulda tygşytlamak üçin elektrolizerleriň işini awtomatiki usulda dolandyrmaga köp üns berilýär. Tok çeşmesi hökmünde ýarym geçirijiler göneldijiler peýdalanylýar. Olar

gurluşy boýunça ýönekeý, uzak wagtlap ähtibarly işleýärler, peýdaly täsir koeffisiýentleri ýokary (98...99%), ulanmak aňsat, goh-galmagal bolmaýar, işleýän wagtynda zyýanly gaz bölünip çykarmaýarlar. Ýöne olar ýokary naprýaženiýa we tok güýjüne uzak çydamaýarlar (parallel birleşdirilende), şonuň üçin goraýjy enjamlary ulanmaly bolýar. Göneldijiler adatça gaplarda (şkaflarda) gurnalyp, olar 13000 we 25000A tok güýjüne, 300...450 W naprýaženiýe hasaplanandyr. Olary sowatmaklyk atmosfera howasy ýa-da suw bilen amala aşyrylýar. Elektrik energiýasyny tygşytly peýdalanmak üçin elektrolizerler gurnamasyny üznüksiz işletmeklik amatly bolýar.

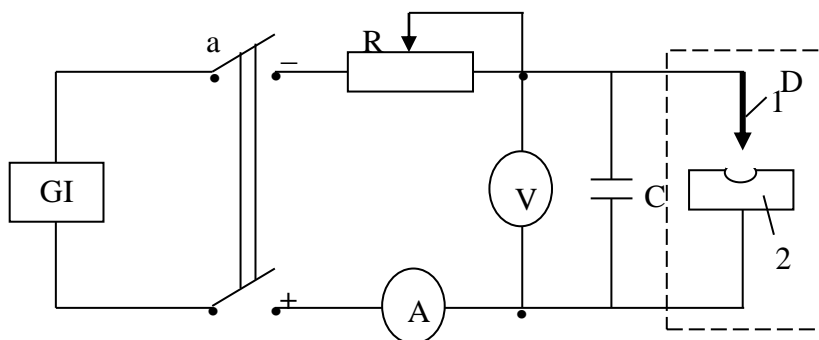
7. ELEKTROEROZION GURNAMALAR

7.1. Elektroerozion usul

Elektroerozion işläp bejermekde materialyň fiziki we ýylylyk ulylyklaryna:

eremek we bugarmak temperaturasyna (t_b), ýylylyk sygymyna (C) we geçirijiligine (λ) köp derejede bagly bolýar.

Gurnamanyň ýönekeý elektriki shemasyny şeýle çyzmak bolar :



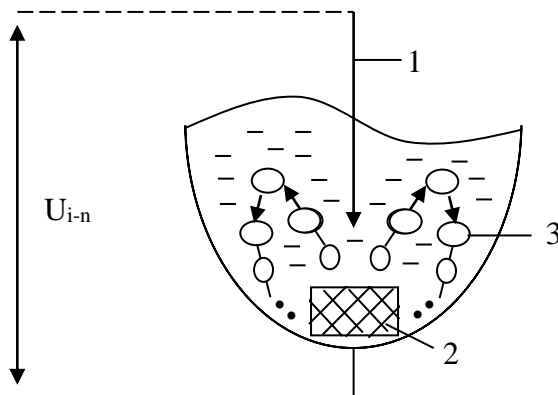
ING – impuls naprýażeniýesiniň generatory

R – üýtgeýän garşylyk ;

C – kondensator, zarýad ýygnaýjy ;

1 – işçi elektrod

2 – işlenip bejerilýän material.



1 – 2 – elektrodlara impuls naprýażeniýesi (u_{im}) berilende, zarýadsyzlanma bolup, metalyň bir bölejigi çalt bugaryp düwmejikler görnüşinde (3) ýokary galýarlar we ulalýarlar. Soňra sowap, kiçelip aşak düşýärler we kristal görnüşe geçýärler.

Eger-de goýulan naprýażeniýe, çeşmäniň (u_c) elektrodlaryň arasyndaky zarýadsyzlanma naprýażeniýesinden az bolsa, onda kondensator (c) zarýad ýygnaýar we ol belli bir derejä ýetende zarýadyny elektrodlara berýär. Zarýadsyzlanma bolup, duga ýanýar, zynjyrdaky ýokary impuls togy hereket edýär.

Zarýadsyzlanma wagtynda kondensatordaky naprýażeniýe

$$u_c = u_z e^{-\frac{\tau}{T_r}} \quad T_r = CR_z ; \text{ - wagt hemişeligi;}$$

R_r – zarýadsyzlanmada duganyň garşylygy ;[Om]

C – kondensatoryň sygymy; [Farada]

Zarýadsyzlanmanyň geçip gutarmak wagtyny :

$\tau_z=(4...5)T_z=(4...5)CR_z$; kabul edip bolar.

Kondensatoryň zarýadsyzlanandaky togy:

$$i = -\frac{dq}{dt} = -\frac{cd u_c}{dt} = \frac{cu_z}{T_z} e^{-\frac{\tau}{T_z}} = \frac{u}{R_z} e^{-\frac{\tau}{T_z}} ; R_z = R_b$$

$$P = u_c i = \frac{u_z^2}{R_z} e^{-\frac{2\tau_z}{T_z}} \quad - \quad \text{pursatlaýyn} \quad \text{wagtda}$$

zarýadsyzlanmagyň kuwwaty.

Bu ulylyklary $\tau_z = 0$ bolanda, ýagdaýda :

$$i_0 = \frac{u_z}{R_z} ; P_0 = \frac{u_z^2}{R_z} ; u_z = 200W ; R_z = 0,1Om \text{ bolsa}$$
$$i_0 = 2000A ; P_0 = 400kWt$$

Mysalymyzdan görnüşi ýaly toguň dykzylygy bir näçe 100 we 1000A/mm bolmagy mümkin, täsir ediş wagty bolsa örän gysga.Şeýlelikde metal gysga wagtda bugarýar. Sebäbi ýokary temperatura (1000...10000)⁰C ýetýär. Ýokary temperatura ýaýramaga we metalyň içine girmäge ýetişmeýär.

Bug görnüşine geçen metal düwmejikleri örän ýokary basyş (P) emele getirip, partlaýjy ses emele getirýär. Dielektrik suwuklyklaryň peýdalanmagy, elektrodларыň aralygynda elektrik berkligi (proçnost) tiz dikeltmäge mümkinçilik berýär. Hadysanyň ýygylgyny (f) we gurnamanyň öndürjiligin ýokarlandyrmaga mümkinçilik berýär.

$$f_{opt} = 77 \frac{I u_n}{C} ; u_{z.kerosin} = 6 u_{z.h} ; u_{z.t.y} = 8 u_{z.h}$$

$$g = k P_z \left[\frac{mm^3}{\min} \right] ; k - \text{hemme şertleri hasaba alýan koeffisiýe nt}$$

$$P_z - \text{zaryadsyzl anma kuwwaty } W_t$$

E.M.Lewinsonyň we E.I.Wladimirowyň geçiren synaglary esasynda bölünip çykýan metalyň mukdary gysga utgaşma tok güýjine ($I_{g.u.}$), çeşmäniň naprýaženiýesine (u_c) we kondensatory zaryadlanýş derejesine (α) bagly ekeni.

Udel kuwwaty $P_{ud} \sim I_{gu} u_n + f(\alpha)$ görnüşde berilýär.

$$P_{ud} = I_{g.u.} \cdot u_n \cdot 10^{-2} ;$$

Haçanda $\alpha = 72\%$ deň bolanda P_{max} bolýar.

$$P_{z.max} = \frac{20}{100} I_{g.u.} u_n = \frac{1}{5} I_{g.u.} u_n ; \text{ alarys}$$

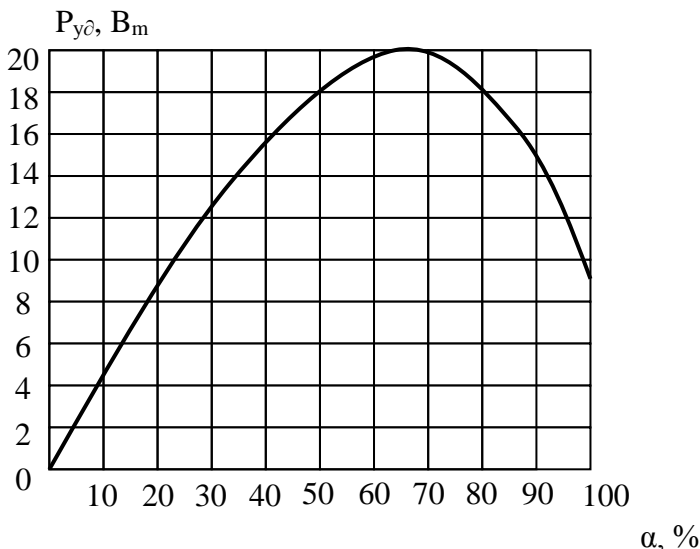
Gurnamalarda işçi elektrodyň berilişi awtomatiki, mehaniki we el. bilen amala aşyrylyp biliner.

Köp alymlaryň aýytmagyna görä, ýarymgeçirijili impuls togunyň generatorlaryny ulanmak amatly hasaplaýarlar. Olar hemme talaplary kanagatlandyrýarlar.

Beýle usul maşyn gurluşygynda we täzedan dikeldiş işlerinde giňden, köpçülikleýin ulanylýar.

Impulsyň periodynyň (T) onuň dowamlylygyna (τ) bolan gatnaşygynda – “skwažnosti” diýilýär :

$$\delta = T/\tau$$



Zarýadsyzlanma wagtynda konturda bölünip çykýan udel kuwwaty (P_{ud}) bilen kondensatoryň (C) zarýadlanmak derejesiniň (α) arabaglanşygy.

Işçi konturda zarýadsyzlanma geçen wagtynda gysga utgaşma togy I_k bir ampere ($I_k=1$ A) deň we goýulan naprýaženiýe u_n ýüz ($u_n=100$ W) bolandaky kuwwaty, udel kuwwat diýip (P_{ud}) kabul edýärler. Ýagny $P_{ud}=I_k u_n=1 \cdot 100$; WA $P_{ud}=f(\alpha)$ baglanşykdan peýdalanyp P_z zarýadsyzlanma kuwwatynyň bahalaryny tapyp bolýar.

Metallary elektroerozion usulda işläp bejermekligiň peýdaly taraplary:

- 1) Işçi enjamyň işlenilip bejerilýän materialdan gaty bolmagy zerur däl ;
- 2) İşläp bejermegiň öndürijiligi, hili we tizligi materialyň mehaniki häsiýetine bagly däl ;
- 3) Ýokary we örän ýokary gaty bolan hem-de islendik gatylykdaky materially işläp bejermek üçin ýokary (uly) mehaniki güýüç talap edilmeýär.

- 4) Mehaniki işläp bolmaýan, ýerine ýetirip bolmaýan tehnologiki işleri:(içine hyr kesmek,çylşyrymly “joýajyklary gazmak”, spiral görnüşli işler we ş.m.) amala aşyrmak bolýar.
- 5) Gurnamalaryň işleýşini doly we bölekleyin awtomatlaşdyryp bolýar ; üznüksiz işläp ýaly kämilleşdiripmek mümkinçiligi bar ;
- 6) Çylşyrymly formalary, işleri ýerine ýetirilende geçiş wagtyny we sanyny azaldýar.
- 7) İşlenip bejerilýän materialyň (önümiň) daşky görnüşini üýtgetmek bilen bir wagtda onuň üstüniň hilini hem üýtgedip bolýar (elektrik geçirijiligini, gatylygyny, poslamaklyga garşy durnuklylygyny we ş.m.)
- 8) Tehnologiki işläp bejermegiň ýagdaýy dogry saýlanyp alynanda, işläp bejermegiň zähmeti aňsatlaşýar, mehaniki kesip bejermek bilen deňeşdireniňde öndürüjilik we ähmiýetlilik ýokarlanýar metallaryň, zaýalanmaklygy azalýar ;
- 9) Mehaniki işläp bejermek bilen deňeşdireniňde zähmetiň şerti gowylanýar, howuply ýagdaý peselýär ; agyr fiziki zähmet ýeňilleşýär.

Kemçilikleri :

- 1) Dielektrik tok geçirmeýän materiallary işläp bejerip bolmaýar ;
- 2) Adaty materiallary (polat, reňkli metallary we ş.m.) işläp bejermekde mehaniki usullardakylardan öndürijiligi pes, emma elektrik energiýasynyň sarp edilişi ýokary bolýar.
- 3) İşlenip bejerilen önümleriň üstüni arassalamak üçin köp wagt gerek bolýar.
- 4) İşçi gazan işçi suwuklyk guýulýany üçin gurluşy çylşyrymlaşýar, ýangyna we partlama howpy bar;

(işçi suwuklylyklar kerosin, dizel ýangyjy, solýarka, maşyn ýaglary we ş.m.)

Elektroerozion usuly 1943-nji ýylda B.R.Lazarenko we N.I.Lazarenko oýlap tapdylýar.

7.2. Elektron-ion tehnologiýasy. (EIT)

Elektron-ion tehnologiýasynda täç (korona) zarýadsyzlanmasy peýdalanýar, ol kuwwatly elektrik zarýadlaryny emele getirmekde kuwwatly çeşme hasaplanýar. Steržen we tekiz elektrodларыň zarýadsyzlanmasy üçin gerek bolan meýdan:

$$E_0 = 31\delta \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{\delta r}} \right).$$

$$U_0 = m E_0 r \ln \frac{2h}{r} = 31\delta m r \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{\delta r}} \right) \cdot \ln \frac{2h}{r};$$

$$\delta = \frac{P_0 T}{P T_0} \text{ -howanyň dyklyzlygy; } m = 0,8$$

$$U_b = 30\delta \left(1 + \frac{0,01}{\sqrt{\delta r}} \cdot \frac{2h}{r} \right) r \ln \frac{2h}{r}.$$

$$I = \frac{K U_0^2}{2h^2} \text{ -täjiň togy; } K = f \left(\frac{U}{U_0} \right) \text{ -hemişelik}$$

koeffisiýent.

$$q = E r^2 \varepsilon_0 \left(1 + 2 \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 1} \right) \text{-bölejigiň zarýady.}$$

$$t_g = q \frac{2\pi K \tau}{1 + \pi q K \tau} \text{-zarýadsyzlanmagyň wagty;}$$

q-göwrüm zarýady;

K-ionlaryň podwişnosti;

τ -zarýadyň ýaşayyş wagty.

Elektron-ion tehnologiýasynyň görnüşleri:

- 1) elektrogazarassalamak – düzümindäki gaty we suwuk jisimleri arassalamak;
- 2) elektroseparatoriýa – köp dürli garyndylary düzüjilerine dargatmak; elektrofiziki we elektro-himiki häsiýetlerine görä;
- 3) elektroreňklemek – magdanlara reňk çalmak; metallary reňklemek;
- 4) elektropeçat – kopiýasyny almak, suratyny almak we ş.m.

Elektro-ion tehnologiýasynda üç özboluşly proses bolup geçýär:

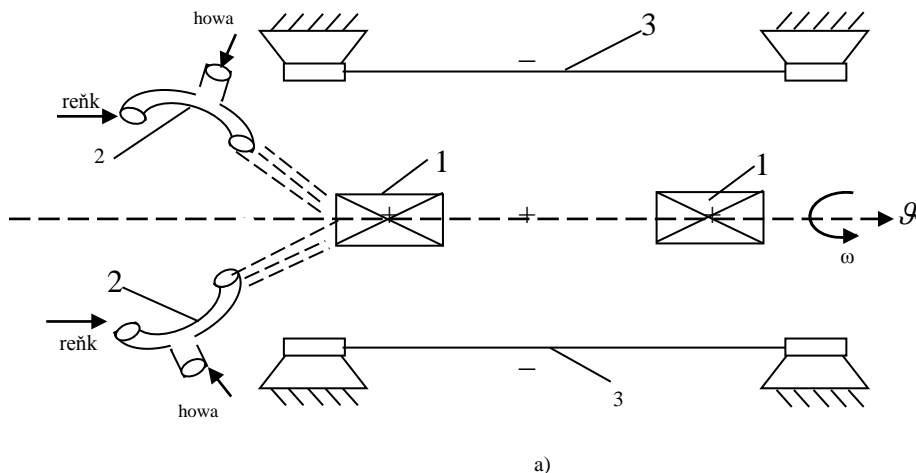
- 1-materiallary elektrikleşdirmek;
- 2-elektrik meýdanynda bölejikleriň dürli hereketini emele getirmek;
- 3-taýýar önümi formirlmek.

7.3. Ýokary naprýaženiýeli meýdanda reňklemek işleri

Metallary we beýleki materiallary reňklemek işleri: poslamakdan goramak, owadanlyk üçin geçirilýär. Reňklemek işini el bilen ýa-da gysylan howa arkaly ýerine ýetirmek köp

wagt alýar we ýitgi köp bolýar. Uşak zatlary reňkläniňde ýitgi (60...70%) ýetýär. XX asyryň (20...30)-njy ýyllarynda daşary ýurtlarda elektrik meýdanýnda reňklemek işi ýerine ýetirilip başlandy.

Gurnamanyň prinsipial shemasy şeýle:



1-reňklenýän metal (material);

2-pürkiji;

3-elektrod, täç görnüşli zarýadsyzlanma emele gelýär.

Elektrodlar 0,3 mm diametrli nihrom simlerden gözenek görnüşde ýasalýar, aralyklary 200mm. Elektrodlara (3) naprýaženiýesi (100...130)kW bolan hemişelik togyň çeşmesinden otrisatel potensial berilýär. metal konweerde asylýar we zeminlenýär. Elektrodlar bilen metalyň aralygy 25sm. goýulan naprýaženiýesine görä (28...30)sm, ş.m. Pürkijiler bilen elektrodlaryň aralygy (50...60)sm bolmaly; (4...10)⁰ burç bilen ýerleşdirilmeli.

Zarýadlanan reňk bölejikleri metala (materiala) uly tizlik bilen baryp ýelmeşýärler, iş ýitgisiz diýen ýaly ýerine ýetirilýär.

Detala düşen reňkiň massasynyň (a) sarp edilen reňkiň massasyna (A) bolan gatnaşygyna “düşmek” koeffisiýenti (M) diýilýär:

$$M = \frac{a}{A} \cdot 100 [\%]$$

“M” koeffisiýente: potensiallar tapawudy, detal bilen elektrodларыň aralygy, howanyň basyşy (15...30)atm, reňkiň şepbeşikligi, detalyň üstüniň arassalygy we ş.m. täsir edýär.

Elektrik meýdanynyň dartgynlygyny $1 \frac{kW}{sm}$ -den $1,9 \frac{kW}{sm}$ cenli

artdyrsaň $M \rightarrow (47...90)\%$ artýar, $E = 2 \frac{kW}{sm}$ bolanda $M=93\%$

bolýar. Soňra elektrik meýdanyny artdyranyň bilen “M” koeffisiýent ösmeýär.

Dielektrik materiallary reňklemek üçin materiallaryň içinden ýa-da arkasyndan geçiriji elektrod geçirmeli. Deňölçeqli reňk düşürmek üçin ony aýlamaly $[\omega = (16...10)] \frac{aýlar}{metr}$.

Häzirki wagtda jaň (kolokol) reňkleýjiler peýdalanylýar we $M=99\%$ ýetýär, elektrik energiýa az sarp edilýär. Sarp edilýän reňkiň mukdary; (wagta görä).

$$G = \frac{sb n}{M \cdot 10^3} [kg / min]$$

S-bir detalyň meýdany;

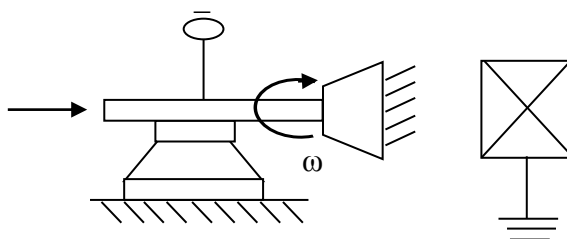
b- $1m^2$ meýdana düşen reňkiň mukdary;

n-detallaryň sany;

M-düşmek koeffisiýenti.

Gurnamany ulanylanda tehniki howpsyzlyk düzgünlerini berjaý etmeli:

- 1) gurnamany işe goýbermezden öňünçä duýduryjy sesli habar bolmaly;
- 2) ilki göneleldijä kiçi naprýaženiýe goýmaly;
- 3) konweer işlemäkä pürkijileri işe goýbermek bolmaýar;
- 4) reňklemek işinde elektrik meýdanynyň ululugyny E : tekiz we daşy ýylmanak, arassa, geometriki görnüşli ýönekeý bolan detallar üçin $E=4,3 \text{ kW/sm}$; tekiz bolmadyk daşy бүдүр-сүдүр we çykyntlygy bolan detallar üçin $E=3,5 \text{ kW/sm}$ çäklerinde bolmaly. Jaň görnüşli reňkleýji gurnamalar peýdalanylanda düşürme koeffisiýenti (M) hasda uly bolýar. Bularda aýlaw tizligi $\omega=900 \text{ aýlaw/minut}$ ululykda saklanýar.



b)

Dürli materiallaryň şöhle goýberijilik koeffisiýenti.

1-nji tablisa

№	Materiallar	Temperatura, °C	ε
1	Ýylmanan alýuminiý	225...575	0,039...0,057
2	Alýuminiý, 600 ° C poslan.	200...600	0,11...0,19
3	Asbest karton (asbest kagyzy)	20...470	0,93...0,96

4	Wolfram	1300...3100	0,195...0,345
5	Grafit	1000...2800	0,77...0,83
6	Dinas kerpiji	100...1100	0,8...0,85
7	Şamot kerpiji	20...1000	0,8...0,9
8	Alýuminiý reňki	100	0,3...0,65
9	Ýag (ýagly) reňk	100	0,92...0,96
10	Üsti arassalanmadyk latun	50...350	0,22
11	Latun, 600 °C okislenen	200...600	0,6
12	Elektrotehniki ýylmanan mis	20...800	0,025...0,061
13	Mis, 600 °C okislenen	200...600	0,57...0,87
14	Molibden	800...2500	0,105...0,282
15	Nikel, 600 °C okislenen	200...600	0,37...0,48
16	Gurum (saža)	20...370	0,94...0,97
17	Nihrom (hromly nikel)	125...1035	0,64...0,75
18	Polat (tekiz list)	940...1100	0,55...0,61
19	Polat, 600 °C okislenen	200...600	0,8
20	Tantal	2500...3000	0,267...0,316
21	Titan	600...1600	0,217...0,323
22	Sink, 600 °C okislenen	400	0,11
23	Sirkoniý	800...1800	0,204...0,278
24	Çoýun, 600 °C okislenen	200...600	0,64...0,7
25	Ergin çoýun	1540	0,29

Ýylylyk berijilik koeffisiýentiniň bahalary.(pejiň daşky diwary üçin; umumy
($\alpha = \alpha_{\text{kon.}} + \alpha_{\text{şöhle}}$)

2-nji tablisa.

Howanyň temperaturasy, °C	Diwaryň temperaturasy, °C								
	40	50	60	80	100	200	300	400	500
+10	10,6	11,5	12,2	13,4	14,5	20,0	26,7	34,6	44,5
+20	10,4	11,2	12,1	13,3	14,5	20,2	27,0	35,0	45,4

Ýylylyk izolýatsiýasy üçin ulanylýan materiallaryň esasy (görkezijileri) ululyklary.
3-nji tablisa.

Materiallaryň atlary we görnüşleri	Dykyzlyg y kg/m ³	Ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti Wt/(m*°C)	Ulanyl ýan iň ýokary tempera- turasy. °C
Diatomit (ownuk dörnüşde)	600...400	$0,1+244*10^{-3}$. torta	900
Diatomit kerpiji, 500	500	$0,131+0,314*10^{-3}$. torta	900
Diatomit kerpiji, 700	700	$0,159+0,314*10^{-3}$. torta	950

Penodiatomit kerpiji	400	$0,078+0,314 \cdot 10^{-3}$. torta	900
Şlak (mineral) pagta, 150	150	$0,05+0,151 \cdot 10^{-3}$. torta	750
Şlak pagtasy, 250	250	$0,059+0,128 \cdot 10^{-3}$. torta	750
Zonolit(ýakylan wermikylit)	150	$0,072+0,255 \cdot 10^{-3}$. torta	1100
Perlit (owradylan)	300-400	$0,45+0,163 \cdot 10^{-3}$. torta	900
Perlit keramikaly, PK-350	350	$0,087+0,185 \cdot 10^{-3}$. torta	900
Aýna pagtasy	200	$0,037+0,256 \cdot 10^{-3}$. torta	600
Mineral pagta KÇ	200-600	$0,075+0,23 \cdot 10^{-3}$. torta	600
Kaolin süýümi	0,2-0,6	$0,23 \div 0,42$; $t = 800 \dots 1200$ °C	1200

Oda çydamly wajyp materiallaryň esasy ululyklary.

4-nji tablisa.

Materiallar, önüm görnüşi	Dykyzlygy kg /m ³	Ýylylyk geçirijilik koeffisiýenti Wt/(m*°C)	Oda çydamlylygy	Ýokary işçi temperaturasy, °C	Belik
Dinas, kerpiç toplumy	1900	$0,93+0,07 \cdot 10^{-3}$.torta	1700	1650	
Elektrodinas kerpiç	2000	$0,93+0,7 \cdot 10^{-3}$.torta	1720	1700	

toplumy					
Magnezit, kerpiç görnüşli	2600÷2800	$6,15+2,67*10^{-3}$.torta	2000	1500- 1600	
Hromly magnezit	2800÷2900	1,8 -2,0(0...700 °C)	1920	1500	
Ergin magnezit	2700÷2800	-	2800	1800	
Şamot, A topar, kerpiç	1800÷1900	$0,7+0,64*10^{-3}$.torta	1730	1450	
Şamot, B topar, kerpiç	1800÷1900	$0,7+0,64*10^{-3}$.torta	1670	1350	
Yeñil şamot БЛ – 1,3 kerpiç	1300	$0,5+0,163*10^{-3}$.torta	1670	1300	
Yeñil şamot БЛ – 1,0 kerpiç	1000	$0,5+0,163*10^{-3}$.torta	1670	1300	
Oda çydamly palçyk, БГО-62	2300	1,4 - 2,5 (600÷1000°C)	1830	1600	
Oda çydamly palçyk, БКЛ/ДС-0,8	800	$0,425 - 0,125*10^{-3}$.torta	1700	1300	
Korund, kerpiç	2600 ÷ 2900	$2,08 + 1,85*10^{-3}$.torta	1900	1700	
Grafit, owadanlyk üçin	1600 ÷1700	55-25 (1700÷2000°C)	3000	2800	

**Gyzdyryjy element üçin ulanylýan materiallaryň esasy ululyklary.
5-nji tablisa**

Materiallar		Dykyzlygy kg /m ³	20°C-de udel elektrik garşylygy. 10 ⁻⁶ Om.m	Elektrik garşylygyny ň temperatura koeffisiýent i (1/°C)*10 ³	Eremek temperatu rasy, °C	Ýokary işçi tempe raturasy, °C
Nihrom	X20H80-H	8,4	1,1	0,035	1400	1100
	H20H80-T3	8,2	1,27	0,022	1400	1100
	X15H60-H	7,9	1,1	0,1	1390	1000
Demir-hrom nikel garyndysy	X25H20C2	7,84	0,92	0,38	1390	900
	X23H18	7,8	0,9	0,4	1420	900
Aýuminli nihrom	XH70IO	7,9	1,34	-	1400	1200
	X15H60IO3A	7,9	1,21	-	1390	1200
Demirhrom- alýumin garyndysy	OX27IO5A	7,2	1,42	0,022	1525	1300
	OX23 IO5A	7,27	1,35	0,05	1525	1200
	X13IO4, fehral	7,3	1,26	0,15	1450	800

Ýokary temperaturada ereýän arassa metallar

Molibden	10,2	0,052	5,1	2625	1700/2200*
Tantal	16,6	0,15	4,0	3000	2500/2800*
Wolfram	19,34	0,05	4,3	3400	2500/2800*
Niobiý	8,5	0,17	4,0	2470	1700/2200*
Metal däl elementler					
Korborund	2,3	800 ÷ 1900	üýtgeýän	-	1500
Grafit	1,6	8 ÷ 13	üýtgeýän	-	2300/2800*
Kömür	1,6	40 ÷ 60	üýtgeýän	-	2300/2800*
Molibdeniň disilisidi	5,6	0,2 ÷ 0,4	Ortaça 4,8	-	1700

*sanowjy – wakuumda; maýdalawjy – goralan howada.

Daşky gurşawyň temperaturasy 10 we 20 ° C bolanda pejiň daşary gurşawa berýän (ýetirýän) ýylylyk energiýasynyň mukdary P_0 , kWt / m².

6- njy tablisa.

Daşky gurşawyň (howanyň) temperaturasy, ° C	Pejiň daşky diwarynyň temperaturasy, ° C							
	30	40	50	60	80	100	120	150
+10	0,2	0,32	0,46	0,61	0,91	1,3	1,71	2,4
+20	0,098	0,21	0,437	0,483	0,80	1,16	1,36	2,26

Meýdany 1 m² çykalgada şöhlelenmegiň netijesinde energiýanyň ýitgisi

7-nji tablisa.

Şöhlelenmegiň netijesinde energiýanyň ýitgisi, kWt / m ²	Pejiň temperaturasy, ° C				
	600	700	800	900	1000
Çykalganyň görkezijisi, $\Psi = 0,5$	17	26	36	55	75
Uly bolmadyk deşik we yş, $\Psi = 0,15$	5	7,8	10,5	16,5	22,5

Metallary induksion usulda taplanylanda çeşmäniň togynyň ýygylgyna görä taplanan gatlagyň we onuň maslahat berilýän galyňlygy.(diametri)

8-nji tablisa.

Ýygylgy, Gs	Taplanan gatlagyň galyňlygy, mm	Maslahat berilýän galyňlyk, mm
500	7 - 15	100 - 150
1000	3,5 - 10	70 - 100
2400	1,5 - 6,0	30 - 70
8000	1,2 - 4,0	20 - 50
70000	0,5 - 3,0	15 - 25
200000	0,3 - 1,5	10 - 15
500000	0,2 - 1,0	5 - 8

Bir näçe himiki elementleriň iň kiçi ionlaşmak potensialy

9-njy tablisa.

Elementiň belligi	Himiki elementiň ady	Ionlaşma potensialy, W	Elementiň belligi	Himiki elementiň ady	Ionlaşma potensialy, W
Cs	Seriý	3,87	Ni	Nikel	7,64
K	Kaliý	4,33	Cu	Mis	7,70

N	Natriý	5,11	Co	Kobalt	7,81
Ba	Bariý	5,19	Fe	Demir	7,83
Al	Alýuminiý	5,95	Si	Kremniý	7,94
Ca	Kalsiý	6,10	Zn	Sink	9,35
Cr	Hrom	6,74	H	Wodorod	13,5
V	Wanadiý	6,76	O	Kislorod	13,6
Ti	Titan	6,80	N	Azot	14,5
Mo	Molibden	7,35	Ar	Argon	15,7
Mn	Marganes	7,40	F	Ftor	16,9
Mg	Magniý	7,61	He	geliý	24,5

Materiallaryň galtaşma koeffisiýenti, K_1 10-njy tablisa.			
Galtaşýan materiallar	K_1	Galtaşýan materiallar	K_1
Alýuminiý-alýuminiý	0,006	Latun-polat	0,003
Alýuminiý-latun	0,002	Mis-mis	0,0004
Alýumini-mis	0,001	Galaýy-galaýy	0,0005
Alýuminiý-polat	0,0044	Kümüş-kümüş	0,00006
Latun-latun	0,00067	Polat-polat	0,0076
Latun-mis	0,0004	Demir-mis	0,007
		Demir-demir	0,036

Bir näçe himiki elementleriň käbir ululyklary.

11-nji tablisa.

Elementiň belligi	Elementleriň atlary	Elektrohimiki ekwiwalenti, /Ke mg	Massasy	Udel agramy
Au^{3+}	Altyn	0,663	2,451	19,3
Zn^{2+}	Sink	0,339	1,22	7,1
Cu^{2+}	Mis	0,320	1,9	8,9
Al^{3+}	Alýuminiý	0,0932	0,335	2,7
Ag^{+}	Kümüş	1,1180	4,025	10,5

Edebiýat

1. Türkmenistanyň Konstitusiýasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
10. Кудрявцев И.Ф., Карасенко В.А. «Электрический нагрев и электротехнология». Москва. «Колос», 1975.
11. Свенчанского А.Д. Электротехнологические промышленные установки. М., Энергия, 1982.
12. Хаджиев М. Электротехнологические промышленные установки методическое руководство к лабораторным работам. Ашхабад РИСО ТПИ, 1988.

Mazmuny

SÖZBAŞY	7
GIRIŞ	10
1.EREDIJI WE GYZDYRYJY ELEKTRIK GURNAMALARY	10
1.1.Senagat elektrotehnologiki gurnamalary (desgalary) barada umumy düşünje Elektrotehnologiki desgalaryň toparlara bölünişi	10
1.2.Elektrotehnologiki gurnamalary ýasamakda ulanylýan materiallar: gyzgyna çydamly, ýylylyk izolýasiýasy, gyzdyryjy elementler	13
1.3.Ýylylyk çalyşmak kanunlary we elektrotehnologik gurnamalarda ulanylyşy. Konwektiw usuly	15
1.4.Ýylylyk geçirijilik usuly boýunça ýylylyk energiýasyny bermek	19
1.5.Şöhlelenmek bilen ýylylyk çalyşmak	25
1.6.Çylşyrymly ýylylyk çalyşmak	31
1.7.Garşylyk esasynda işleýän, wagtal-wagtal we üznüksiz peçler (gapdallaýyn, gönümel)	35
1.8.Garşylyk esasynda işleýän peçleriň ululyklaryny ýylylyk çalyşma kanunlary esasynda hasaplamak	37
1.9.Garşylyk esasynda gapdallaýyn işleýän peçleriň elektriki hasaplanyşy	41
1.10.Garşylyk esasynda gönümel işleýän gurnamalar. Gyzdyryjy elementleriň görnüşleri	46
1.11.Gyzdyryjy elementleriň görnüşleri	48
2. ELEKTRIK DUGASY BILEN GYZDYRYÝAN GURNAMALAR	50
2.1.Elektrik dugasy. Gazlary ionlaşdyrmak	50
2.2. Elektrik dugasynyň dinamiki wolt-amper häsiýetnamasy	58
2.3. Elektrik duga peçleri	64
2.4. Rudno – termiki peçler	64

2.5. Gapdallaýyn işleýän elektrik duga peçleri	68
2.6. Gönümel işleýän polat erediji duga peçleri	73
2.7. Wakuum duga peçleri	80
2.8. Elektroşlak gurnamalary (peçleri)	87
3.INDUKSION WE DIELEKTRIKI GYZDYRMAK	93
3.1. Induksion gurnamalaryň fiziki esaslary	93
3.2. Kanal görnüşli induksion gurnamalar	98
3.3. Oýmak (tigel) görnüşli induksion gurnamalar	102
3.4. Dielektrik gyzdyryjy gurnamalar	106
4. ELEKTRIK KEBŞIRLEÝJI GURNAMALAR	112
4.1. Galtaşmak arkaly seplemek üçin maşynlar we gurnamalar	112
5. ELEKTROFIZIKI WE ELEKTROHIMIKI USULDA IŞLÄP BEJERÝÄN GURNAMALAR	113
5.1. Elektrik dugasy bilen kebşirlemek	113
5.2. Metallary „elektron şöhleleri” bilen işläp bejermek	124
5.3. Ultrases gurnamalary	130
5.4. Metallary “anod” elektrohimiki usulda işläp bejermek	136
5.5 Elektrogidrawliki effekt	138
6. ELEKTROLIZ GURNAMALAR	142
6.1.Elektroliz hadysasy we senagatda ulanyşy	142
7. ELEKTROEROZION GURNAMALAR	148
7.1.Elektroerozion usul	148
7.2.Elektron-ion tehnologiýasy. (EIT)	154
7.3.Ýokary naprýaženiýeli meýdanda reňklemek işleri	155
Edebiýat	169