

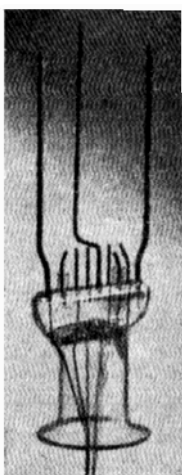
# RADIOPUTKIEN VALMISTUKSESTA

T. Köykän esitelmä



Radioputkien valmistuksen lasitekniikka ja mekaaninenkin puoli on, ellei ole kysymys metalliputkista, samanlainen kuin sähkölampputeollisuudessa ns. jalka-automaateilla tehdään kuvan 1. mukaiset "lasijalat". Putken sisäosat, hilat, anodi ja katodi kiinnitetään näihin pääasiassa pistehitsaamalla. Kuva 2. näyttää kaavamaisesti, millä tavoin

valmiiksi asennettu putki juotetaan lasikupuun. Tämä tapahtuu ns. ulkojuotuskoneilla. Ulkojuotettu putki tyhjenetään kaasusta lasijalan läpi kulkevan imupillin kautta.



Kuva 1.  
Radioputken lasijalka

Anodit, kiilesillat ja suojalevyt tehdään stanssaamalla, hilat automaattikoneilla. Hilalangat hitsattiin ennen tukilankoihin. Tästä on se haitta, että hitsauskohtiin muodostuu happeutumia, jotka voivat vapauttaa putkeen kaasuja käytön aikana. Nykyään käytetään hilalankojen kiinnittämiseen niittausta; tukilankoihin leikataan poikittain pieni ura, tähän uraan käämitään hilalanka ja ura niitataan umpeen. Automaattikone valmistaa useampia tuhansia hiloja päivässä.

Metallit sisältävät runsaasti kaasuja, jotka ovat niihin liuennet kun niitä on valmistuksen aikana hehkutettu ja sulatettu ilmassa. Ettei kaasujen poistaminen liiaksi pitkittäisi valmiiden putkien pumppaamista, metalliosia hehkutetaan tyhjässä n. 1000 asteen lämpötilassa parin tunnin ajan. Hilat tavallisesti tämän hehkutuksen aikana jossakin määrin menettävät muotonsa, kun niihin niittauksessa syntyneet jännitykset laukeavat. Hilat on sentähden vielä muotoiltava lopullisiin mittoihinsa, tyhjöhehkutuksen jälkeen.

Ettei esityksemme jäisi suppeissa puitteissaan liian ylimalkaiseksi, on meidän pakko jättää radioputkien valmistuksen mekaaniset ja lasitekniilliset seikat tarkemmin käsittelemättä ja sensijaan kohdistettava huomiomme kaikkein oleellisimpiin seikkoihin.

## Raaka-aineet

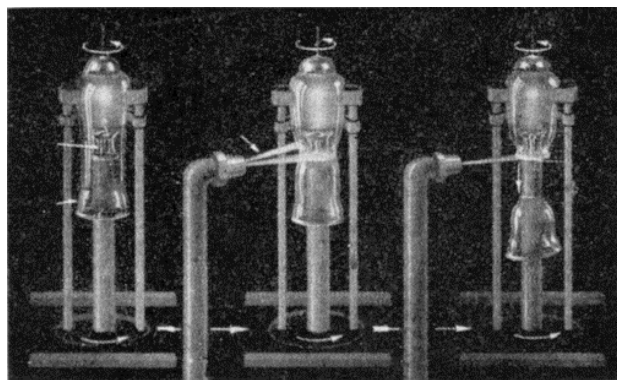
Kaikki metallit eivät sovellu radioputken sisäosiksi. Messinki muitten muassa kuuluu tähän luokkaan, koska sen sisältämä sinkki höyrystyisi kuumuudessa ja siten pilaisi putken tyhjön. Putken jälleen jäähtyessä sinkki lauhtuisi

lasikuvun sisäpuolelle ja sisäosiin sekä muodostaisi sähköä johtavia metallipeilejä niitten pinnalle. Monet muutkin metallit, ts. kaikki, joitten höyrönpaine on kysymykseen tulevissa lämpötiloissa liian suuri, käyttäytyvät tyhjässä ja lämmössä samalla tavoin.

Vastaanottoputkissa eniten käytettyjä metalleja ovat: rauta, nikkeli, wolframi, molybdeni sekä erinäiset, pääasiassa kohta ensin mainittua sisältävät seokset. Katodiputket ja suoraan hehkutettujen putkien hehkulangat tehdään, harvaa poikkeusta lukuunottamatta, nikkelistä. Puhdasta nikkeliä ei voida juuri missään käyttää, niinpä hilojen tukilankoina käytettävä aine sisältää hieman mangaania, joka tekee sen sitkeämmäksi. Tämä seos ei taas puolestaan ollenkaan sovi katodeihin; katodisydäminä käytettävän nikkelin täytyy sisältää promillen verran magnesiumia taikka pari prosenttia alumiinia. Vastaanottoputkien anodeina voidaan käyttää nikkeli- taikka rautanikkelilevyä (n. 15 % Ni). Myöskin rautalevyä käytetään. Anodilevyn hiilipitoisuuden tulee olla mahdollisimman pieni, koska levy kuumentuessaan muuten luovuttaa helposti kaasuja.

Punainen n. 4 mm pituinen langanpätkä jonka tehtävänä on johtaa sähkövirta putken ulkopuolelta lasijalan läpi kupuun, on sopivasti valittua rautanikkeliseosta, jonka lämpölaajenemiskerroin on sama kuin kysymykseen tulevan lasin. Lanka on kuparoitu ja kupari on päällystetty kuparioksidulikerroksella - tästä muuten johtuu läpivientilangan punainen värikin. Kuparioksiduli liukenee hyvin sulaan lasiin.

Molybdeeniä käytetään hilalangoiksi ja kuumana toimiviin jousiin joitten tehtävänä on esim. pitää suorana välittömästi hehkutettujen putkien hehkulankoja. Wolframia, taikka joskus molybdeni-wolframia, käytetään välillisesti hehkutettujen putkien hehkutuslangoiksi.



Kuva 2.  
Lasikuvun umpeenjuottaminen (kaavamaisesti)

Ohjaushilan tukilankojen tulee olla hyvin lämpöä johtavaa ainetta, kuparia taikka silisium-pronssia (Corson-metallia), ettei hila tulisi katodin säteilystä niin kuumaksi, että se

ryhtyisi emittoimaan; tämä tapahtuu varsin helposti, sillä katodista höyrystyy ohut bariumkerros hilalangoille. Jo 400 C lämpötilassa hilan emissio on näissä olosuhteissa muutamien kymmenien mikroamperien suuruusluokkaa. Hilan lämpötila on siis pidettävä tuntuvasti alempana. Lämmön poisjohtomiseksi ohjaushilasta ja joskus suojahilastakin kuparisten tukilankojen yläpäähän kiinnitetään jäähdytyssiivekkeet joista hilan lämpö säteilee pois. Alapäästä lämpö pääsee johtumaan läpivientilangan kautta putken ulkopuolelle.

Joskus taas tarvitaan metalliseosta, jonka lämmönjohtokyky on mahdollisimman pieni: epäsuorasti hehkutettujen putkien katodit yhdistetään läpivientilankoihin erikoisesta metalliseoksesta tehdyllä langalla, jonka lämmönjohtokyky on 40 kertaa pienempi kuin kuparin

Mita alussa sanoimme metallisten raaka-aineitten sopivaisuudesta radioputkien sisäosiin pätee miltei vielä paremmin epämetallisiin raaka-aineisiin nähden. Näitä käytetään radioputkissa sisäosien eristimiin ja niiltäkin vaaditaan, paitsi hyviä eristys- ja läpilyöntiominaisuuksia, ennenkaikkea, että niistä on valmistuksen aikana ja ennen sitä helppo poistaa kaikki kaasut. Tärkein näistä aineista on kiille. Radioputkien kiillesiltoihin sopii parhaiten ns. 'amberliitti', koska se luovuttaa kidevetensä ('kalsinoituu') vasta n. 800 C vaiheilla. Silloin se muuttuu hauraaksi ja menettää myöskin läpilyöntikestävyytensä.

Kiilteen sijasta käytetään usein, varsinkin lähetinputkissa, keraamisia eristysaineita. Nämä valmistetaan alumiinioksidista ( $Al_2O_3$ ) taikka magnesiumoksidista ( $MgO$ ) puristamalla. Puristamisen jälkeen osat on sint-rattava, so. kuumennettava pariintuhanteen asteeseen, jolloin aine 'sulahtaa' lujaksi kokonaisuudeksi.

Keraamisten eristyssiltojen etuna on ennenkaikkea, että ne kestävät varsin korkeitakin lämpötiloja kaasuja luovuttamatta ja ilman että niitten mekaaninen kestävyys liaksi huononee. Toinen etu on, että ne tulevat, suuremmissa määrin valmistettuna, halvemmiksi kuin kiillesillat. Varjopuolena on taas mainittava, että keraamiset osat kutistuvat sintrattaessa n. 10 %, ja vielä, että tämä kutistuminen vaihtelee eri kappaleilla ja vaikeuttaa siten vastaanottoputkissa tarvittavien tarkkuuksien aikaansaamista.

Hehkutuslongat eristetään katodiputkista myöskin alumiinioksidilla. Oksidi sintrataan edellämämainitulla tavalla lankoihin. Magnesiumoksidia ei voida käyttää vaikka sen sulamispiste on korkeampi ( $2800^{\circ}C$ ) kuin alumiinioksidin ( $2000^{\circ}C$ ), sillä wolfram pelkistää kuumuudessa magnesiumoksidia.

Lähetysputkissa käytetään eristysaineina lisäksi kvartseja, kovaporsliinia sekä magnesiumsilikaatteja (colit, steatit ym.)

Tarkeista epämetallisista raaka-aineista on vielä mainittava grafiitti, jota lähetysputkissa käytetään anodimateriaalina. Vastaanottoputkissa tyydytään anodit ainoastaan grafitoimaan. Tämän tarkoituksena on anodin lämmönsäteilykyvyn suurentaminen. Anodi joutuu tällä tavoin työskentelemään kylmempanä ja vältetään kaasujen

vapautumisen vaara. Grafitoimisesta on toinenkin etu: se alentaa tuntuvasti anodin sekundäriemissiota. – Anodi, samoin kuin muutkin putken sisäosat, päällystyvät aikaa myöten katodista höyrystyneellä bariumilla. Tämän aiheuttama sekundäriemission nousu on tuntuvasti pienempi, ellei barium jää metallin vaan grafitin taikka varsinkin hiilen (noen) päälle.

Jos katodista lähtevät ns. hajaelektronit pääsevät pommittamaan sellaista kohtaa lasikuvussa, joka on päällystynyt bariumilla, esim. getteripeiliä, saattaa syntyä erittäin haitallisia sekundäriemissiosta johtuvia värähtelyilmiöitä taikka distortiota. Tämä voidaan välttää, paitsi tietenkin rakentamalla putken sisäosat niin, että hajaelektronit eivät pääse lasikupuun asti myöskin siten, että lasikupu grafitoidaan sisäpuolelta. Useimmiten riittää, että ainoastaan putken alaosa johon getteripeili höyrystetään, grafitoidaan.

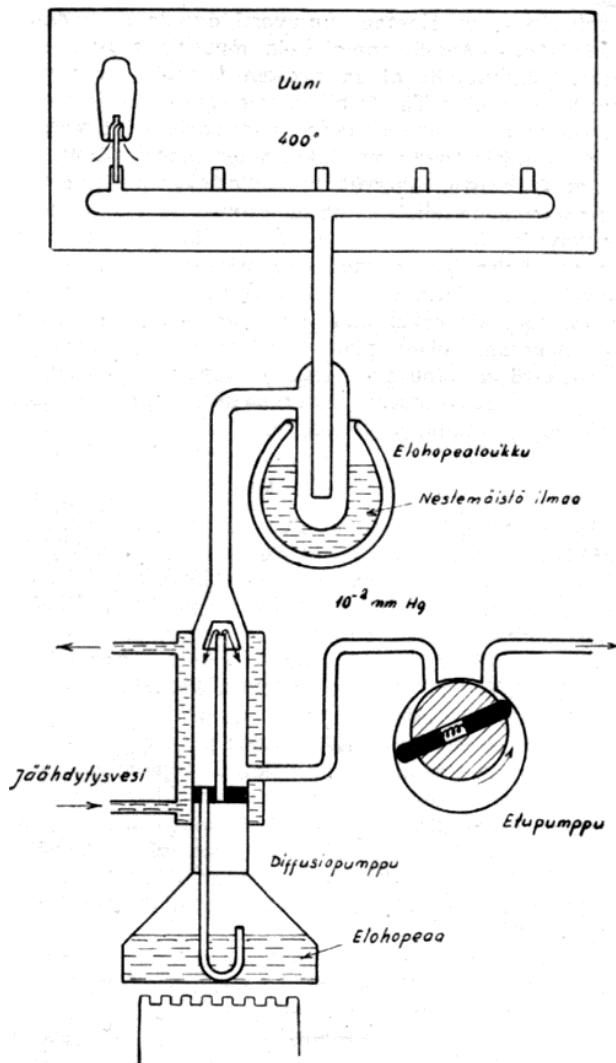
## Katodin valmistus

Katodi on epäilemättä radioputken tärkein osa. Ensimmäisissä vastaanottoputkissa käytettiin ja suurissa lähetysputkissa käytetään vieläkin wolfram katodeja. Tämä antaa n. 4 mA emission hehkutehon wattia kohden. Wolframlanka, jossa on prosentin verran thoriumoksidia, antaa 25 mA/W emission. Oksidikatodien emissio on n. 200 mA/W Pieni hehkuteho johtuu katodin matalasta työskentelylämpötilasta, joka on n.  $770..870^{\circ}C$  Tästä johtuu myöskin muita etuja; putket voidaan rakentaa hyvin pienimittaisiksi, katodien ja hilojen välit pieniksi, tällä tavoin saadaan putket hyvin jyrkiksi. Vastaanottoputkissa käytetään nykyään yksinomaan oksidikatodeja. Suurissa lähetinputkissa ei niitä voida käyttää, koska oksidikatodit antavat aina toimiessaan jonkin verran kaasuja, jotka aiheuttaisivat lähetinputkissa läpilyöntejä.

Välillisesti hehkutettujen oksidikatodien sydän on tavallisesti nikkeliä. Kupariakin on joskus koetettu, koska hehkuteho saataisiin sillä vielä alemmaksi. Suoraan hehkutettujen putkien hehkulangat tehdään joskus wolframista, varsinkin paristoputkissa, joissa on päästävä mahdollisimman pienellä hehkuvirralla, ja hehkulangon täytyy näinollen olla ohut, (25 mA hehkulangassa 0,01 mm.)

Katodimassa sisältää pääasiassa barium- ja strontiumoksidia ( $BaO$  ja  $SrO$ ), uudessa putkessa yhtä paljon kumpaakin. Mainitut oksidit ovat hyvin arkoja ilman kosteudelle ja hiilidioksidille. Tämän vuoksi katodimassa valmistetaan nykyisin barium- ja strontiumkarbonaattien seoksesta ( $BaCO_3$  ja  $SrCO_3$ ). Tämä hajotetaan oksideiksi vasta tyhjössä, putkea pumputtaessa. Kuumennetaan n.  $1000^{\circ}C$  asti. Karbonaatit luovuttavat hajotessaan hiilidioksidia, joka pumputaan sitä mukaa pois.

Katodimassa pannaan katodiputkien päälle joko ruiskumaalauksen tapaan taikka kataforeettisesti. Ensimmäisessä karbonaatit sekoitetaan sideaineisiin, asetoniin ym. Ruiskuttaminen suoritetaan samantapaisella pistoolilla kuin ruiskumaalauksin. Katodit kiinnitetään päällystämistä varten jonkinlaiseen telineeseen niin, että niltä voidaan päällystää paljon samalla kertaa.



Kuva 3. Yksinkertainen radioputkien pumppuamislaitte

Kataforettinen päällystystapa on uudenaikaisin. Sitä voidaan käyttää myöskin hehkutuslankojen päällystämiseen alumiinioksidilla. Päällystysaineet sekoitetaan tässä suspensioksi johonkin sopivaan nesteeseen. Päällystettävät katodit pannaan nesteeseen ja niihin yhdistetään tasavirtalähteen kohtio. Suspensiossa olevaan nikkelilevystä tehtyyn anodiin yhdistetään + napa. Sähkövirta kuljettaa suspensiossa olevat karbonaattiosaset katodiin, johon ne myöskin tarttuvat kunnin melko lujasti. Menetelmä muistuttaa tavallista galvanointia, mutta eroaa siitä oleellisesti sikäli, että päällystettävä aine ei ole tässä liuenneena nesteeseen, vaan uiskentelee nesteessä pieninä hiukkasina. Neste ei myöskään saa olla sähköä johtavaa, virran kulku nesteen läpi johtuu näin ollen yksinomaan hiukkasten katodiin tuomasta varauksesta. Käytettävä jännite on verrattain suuri, jopa satoja voltteja, virran voimakkuuden ollessa mikroamperien suuruusluokkaa päällystettävää kotodia kohti.

Kotoforeettisesti saadaan halutun vahvuiset ja erittäin tasaiset päällysteet. Se eroaa edullisesti ruiskutuksesta siinäkin, että katodiainetta ei mene ollenkaan hukkaan, myöskään ei tarvita mitään liima- taikka sideaineita, jotka usein sisältävät katodille haitallisia epäpuhtauksia.

## Kaasujen poistaminen putkesta

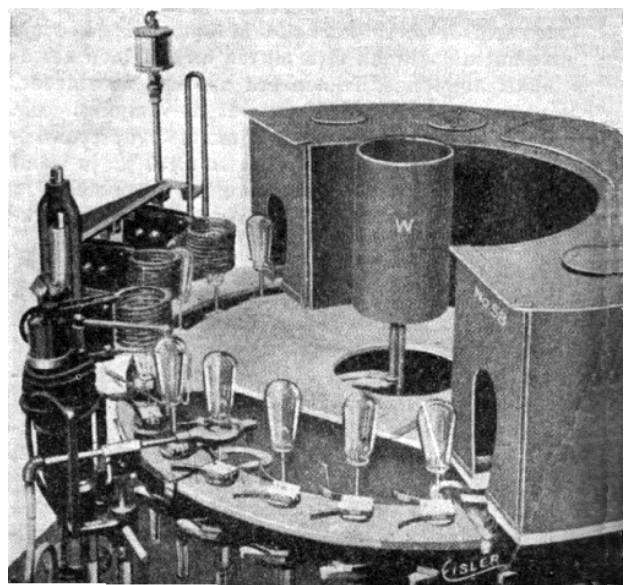
Kuva 3. esittää kaavamaisesti yksinkertaista radioputkien pumppuamisessa käytettävää laitetta ns. - pumppuamislaitetta, jollaista käytettiin lahetin- ja erikoisputkia valmistettaessa.

Tarvittava tyhjä saadaan aikaan pääasiassa elohopea-diffusiopumpulla. Elohopeahöyry nousee alhaalla olevasta kattilasta putkea pitkin ylöspäin. Putken päässä oleva hattumainen osa kääntää höyryvirran alaspäin. Virta kuljettaa ylhäältäpäin tulleet kaasumolekyylit alaspäin. Laite toimii siis jossakin määrin injektorin tavoin. Elohopeahöyry tiivistyy nesteeksi kohdatessan vedellä jäähdytetyt seinämät. Tiivistynyt elohopea valuu putkea pitkin takaisin kattilaan. Ettei elohopeahöyry pääsisi tätä putkea pitkin ylöspäin, on sen alapäässä ylöspäin käännetty mutka.

Diffusiopumppu ei voi toimia suoraan ulkoilman painetta vastaan. Tässä selostettu yksiväyhykkeinen pumppu tarvitsee vähintään n. 0,1 mm Hg etutyhjiön. Pumpulla aikaansaatu tyhjä on tällöin aina n. 10<sup>-6</sup> mm Hg. Päästään pienemmällä etutyhjiöllä, jos pannaan useampia suulakkeita sarjaan. Kolmiväyhykkeinen pumppu alkaa toimia jo n. 15 mm Hg etutyhjiöllä. Suurin saatava tyhjä on samaa suuruusluokkaa kuin yksiväyhykkeiselläkin.

Pumputtavien putkien ja elohopeapumpun välissä on nestemäisellä ilmalla jäähdytettävä elohopealoukku. Sen tehtävänä on estää elohopeahöyryn diffundoituminen pumputtaviin putkiin.

Diffusiopumpun vaatima etutyhjä saadaan kätevimmin aikaan ns. kapselipumpulla. Sellaisen toimintatapa käynee kuvastamme selville.



Kuva 4. Pumppuamisaunomaatti. Putket pannaan kohtaan W, josta ne menevät ensin oikealla olevaan uuniin

Kapselipumppu on vuotojen estämiseksi kokonaisuudessaan öljyssä. Yksiväyhykkeisellä kapselipumpulla saadaan n. 0,1 mm Hg tyhjä, jos pannaan kaksi kapselipumppua sarjaan saadaan n. 10<sup>-3</sup> mm Hg

tyhjö.

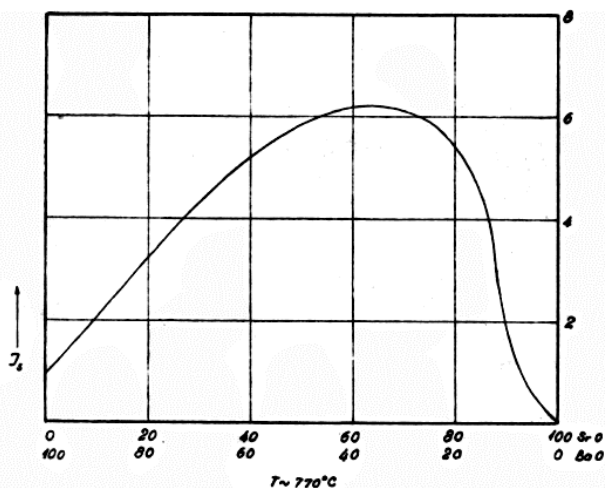
Putket on pumppauksen aikanaa kuumennettava ulkopuolelta ensin n. 400 C lämpötilaan. Tämä siksi, että kuvun seinämien sisältämät kaasut, pääasiassa vesihöyry, saataisiin varmuudella poistetuksi. Anodit, hiilat ja muut metalliosat on jo ennen kokoamista hehkutettu samasta syystä tyhjöuunissa. Putkea pumputtaessa sisäosat kuumennetaan suurjaksolla niihin tarttuneiden kaasumäärien irrottamiseksi.

Aikaisemmin jo mainittiin, että katodi hehkutetaan putkea pumputtaessa karbonoottien hajottamiseksi oksideiksi. Senjälkeen kuin nämä kaikki kolme toimenpidettä on suoritettu ja pumppu on vetänyt putkiin tarpeeksi hyvän tyhjön, getteri laukaistaan kuumentamalla getterikuppia suurjaksolla.

Getterin tehtävänä on sitoa putkeen vielä jääneet ja sinne vielä käytön aikana vapautuvat kaasut. Paras getteriaine on bariummetalli, koska sillä on voimakas affiniteetti kaikkiin muihin paitsi jalokaasuihin. Bariumia ei kuitenkaan voida sellaisenaan käsitellä, saati sitten säilyttää ilmassa. Senvuoksi getterinä käytetään tavallisimmin bariumin jo magnesiumin seosta. Bariumia saa olla korkeintaan n. 23 %. Kun tätä seosta kuumennetaan tyhjössä, magnesium höyrystyy ensin ja muodostaa kuvun alaosaan hopeankirkkaan peilin. Barium höyrystyy hetkistä myöhemmin magnesiumin päälle, putken sisäpuolelle.

Vastaanottoputkien pumppuamisen on tapahduttava nopeasti. Tämän vuoksi putkien lopputyhjö ei ole pumpusta lähtiessä paljonkaan parempi kuin 10 -3 mmhg Getteri parantaa kuitenkin putken tyhjön pumppauksen jälkeen aina 10 -7 mm asti. Tämä tyhjön parantaminen kestäisi normaalisesti muutamia viikkoja, mutta erinäisin keinoin se saadaan tapahtumaan (muutamissa) sekunneissa.

Vastaanottoputkia valmistettaessa käytetään ns. pumppuautomaatteja, jotka suorittavat täysin itsetoimivasti kaikki tässä mainitut kuumennukset ja hehkutukset. Kuva 4 esittää pumppuautomaatin oleellisimpia osia, istukoita, joihin putket kiinnitetään, suurjaksokuumennuskeloja ja unia, jossa putkien ulkokuumentaminen tapahtuu.



Kuva 5.  
Emission riippuvaisuus BaO/SrO seossuhteesta

## Putken aktivoiminen

Putki ei pumppauksen jälkeen anna täyttä emissiota. Pelkkä BaO-SrO seos emittoi vasta hyvin korkeassa lämpötilassa. Vasta kun oksidien joukossa on parin promillen verran metallista bariumia, katodi saavuttaa normaaliset ominaisuutensa. Tarvittava bariummäärä voitaisiin esim; höyrystll katodin päälle. Käytännössä barium saadaan kuitenkin mukavimmin katodiin pelkistämällä katodimassan bariumoksidia. Tätä sanotaan a k t i v o i m i s e k s i. Aktivoiminen tapahtuu suurin piirtein siten, että katodi hehkutetaan n. 1000 C lämpötilaan. Tällöin katodisydänmetallissa olevat aineet (Al tai Mg) pelkistävät hieman katodimassan bariumoksidia Aktivointia täydennetään vielä ottamalla katodista verrattain suuri virta n. puolen tunnin ajan.

Bariumin suuresta affiniteetista johtuu, että aktivoitu katodi myrkytty ja menettää varsin helposti emissionsa, jos katodissa on vieraita aineita. Putkea valmistettaessa on sentähden noudatettava mitä suurinta puhtautta. Kaikki putken sisäosat on perusteellisesti pestävä stanssauksen ja valmistuksen aikana niihin tarttuneista epäpuhtauksista. Pestyt ja tyhjöhehkutetut osat on säilytettävä tyhjössä, eikä niihin saa enää käsin koskea. Raaka-aineet on myöskin valittava huolella, niinpä ei katodisydämenä käytetty nikkeli saa sisältää mm. rautaa eikä magnesiumia, eikä muitakaan metalleja, jotka muodostavat lejeerinkejä bariumin kanssa. Näitäkin pahempia katodimyrkkyjä ovat: rikki, fosfori ja kloori sekä kaikki niitä sisältävät yhdistykset.

Kaasuista happi ja vesihöyry ovat katodin pahimmat viholliset. Jo 10-5 mm Hg happipaineessa katodi lakkaa toimimasta.

## Katodin toiminta putken käytön aikana

Bariumia haihtuu katodista aina katodin hehkuessa. Tämän takia putki menettäisi käytössä nopeasti emissionsa. Mutta anodivirta hajottaa koko ajan bariumoksidia elektrolyytisesti. Tällä tavoin syntyy uutta metallista bariumia Jja katodi pysyy aktiivisena. Getteri sitoo hajaantumisessa syntyvän hapen. Ellei getteriä olisi, putken jatkuva toiminta olisi mahdoton.

Katodissa tapahtuu siis putken toimiessa jatkuvasti kemiallisia muutoksia. Katodin bariummäärä jatkuvasti pienenee. Strontiummäärä pysyy samana, koska SrO hajaantuu vaikeammin kuin BaO.

Kuva 5. esittää BaO/SrO seossuhteen vaikutusta emissioon. Paras emissio saavutetaan, jos BaO määrä on jonkin verran suurempi kuin SrO määrä. Uudessa putkessa on kumpaakin yhtä paljon. Tästä seuraa, että katodi saavuttaa parhaan emissionsa muutaman sadan käyttötunnin jälkeen.

Jos hehkulämpötila on liian korkea taikka katodista otettava virta liian pieni, taikka kokonaan olematon, katodi voi joutua tilaan, jolloin bariumin haihtuminen on suurempi kuin uuden bariumin syntyminen. Putkien pitkäaikainen hehkuttaminen ilman andoijännitettä ei siis ole niiden eliniälle eduksi. Esim. liikennevastaanottimissa on edullista alentaa putkien hehkujännitettä odotusajaksi n. 20%

Alihehkuttaminen samalla kun katodista otetaan tuntuva virta on kuitenkin, varsinkin pääte- ja tasasuuntausputkien eliniälle moninverroin tuhoisampaa kuin hehkuttaminen. - Katodimassan vastus suurenee lampötilan laskiessa Jos alennamme hehkujännitettä seurauksena siitä, että anodivirta rupeaa hehkuttamaan katodimassaa. Pahinta tässä on, että tämä hehkuminen on kovin epästabiili. Anodivirtahan tällöin keskittyy katodin parhaiten emittoiviin kohtiin. Nämä kuumenevat ensin, kun taas muualta katodi jäähtyy. Siellä täällä näkyy valkoisena hehkuvia kirkkaita pisteitä. Barium haihtuu näistä kohdistat ja piste muuttuu poikkaa kunnes koko katodi on tuntuvasti huonontunut. Joskus voi tämä paikallinen ylikuumeneminen olla niin voimakasta, että bariumoksidi alkaa voimakkaasti hajoaa. Vapautuvat kaasut aikaansaavat valokaaren ja putki tuhoutuu hetkessä. Yleinen käsitys, että putket alihehkutettuina kestäisivät kauemmin, juontaa alkunsa niiltä ajoilta, jolloin radiossa käytettiin wolframkatodilla varustettuja putkia eli paremmin sanottuna "lamppuja".

Radiolaitteiden käyttäjät eivät tietenkään voi enää nuppeja kääntelemällä säädellä putkien hehkujännitettä, niinkuin radion alkuaikoina, vaikka radion voimakkuussäädintä vielä aivan yleisesti sanotaankin "hekkusäätimeksi". Lyhentävästi.

Yleisin putkien alihehkuttamistapa on se, että vastoonotin asetetaan väärälle verkkojännitteelle. Verkossa voi olla kymmenen prosentin alijännite, siis esim. m 200 V samalla kun jännitteenvaihtolevy näyttää 240 V Tämä jo vaikuttaa tuntuvasti pääte- ja tasasuuntausputken elinikää

## Radioputkien lopputarkastus

Valmiit radioputket mitataan aktivoinnin jälkeen. Mitauksessa tutkitaan ensin sisäiset vuodot ja oikosulut, sen jälkeen anodivirta, tyhiö ja hilaemissio, sekä jyrkkyys työskentelyalueella Pistokokeena mitataan lisäksi silloin tällöin katodin emissio eli sen antama suurin virta. Oksidikatodiputken emissio on mitattava hyvin lyhytaikaisella virtasysäyksellä, ettei katodimassa pääsisi poikkivirran vaikutuksesta liikaa kuumenemaan, jolloin emissio kasvaisi äärettömiin. Oksidikatodin emissio on monin verroin suurempi kuin suurin hetkellinen käytännössä esiintyvä anodivirta. Niinpä 6M6G-tyyppisen päätetrodin emissio on n. I A.

*Esitetty Helsingin Teollisuusteknikot Ry:n sähkökerhon luentosarjassa 18-22.11.1946*