

Margarita Cekov  
DOS, Beograd

## **TEHNIČKI I BEZBEDNOSNI ZAHTEVI ZA SKLADIŠTENJEM ELEKTRIČNIH IZVORA SVETLOSTI**

### **1. UVOD**

Proizvođači izvora svetlosti obično ne navode podatke o optimalnom vremenu skladištenja sijalica, kao ni o uslovima pod kojima se sijalice moraju čuvati pre ugradnje i eksploatacije. Za većinu sijalica za opštu upotrebu ti podaci nisu od naročitog značaja, jer interesi proizvođača i distributera su što je moguće brža realizacija tih proizvoda, a ne držanje istih u magacinu. Međutim, sijalice posebnih namena obično se izrađuju tokom nekog ograničenog perioda radi optimizacije proizvodne serije, što ima za posledicu duže vreme skladištenja. Distributeri nabavljaju takve sijalice u količinama potrebnim za održavanje asortimanske ponude, što opet ima za posledicu produženo vreme skladištenja izvora svetlosti.

Neodgovarajući uslovi skladištenja mogu izazvati razne defekte sijalice, što sijalicu može učiniti tehnički neispravnom, a u nekim slučajevima i potencijalno opasnom po korisnike ili opremu.

Tokom dužeg skladištenja pod neodgovarajućim uslovima mogu nastati sledeći defekti:

- rekristalizacija stakla,
- rekristalizacija fluorescentnog praha,
- gubitak hermetičnosti,
- starenje sokla gita,
- korozija podnožaka,
- degradacija kondenzatora u starterima.

Da bi skladištenje bilo uspešno, potrebno je uspostaviti u magacinskom poslovanju:

- tehničke uslove i/ili interne standarde skladištenja,
- kontrolu uskladištene robe.

### **2. REKRISTALIZACIJA STAKLA**

Tokom dužeg stajanja pod neodgovarajućim uslovima, može doći do pojave rekristalizacije (odstakljivanja) staklenih delova sijalice. Staklo, po svojoj prirodi smatra se amorfnom supstancijom, međutim ono ipak na nivou nekoliko molekula pokazuje kristaliničnost. S obzirom na to da se staklo za industriju sijalica masovno proizvodi, nije ga moguće izraditi idealno, bez mestimično krupnijih molekulskih agregata kristalne forme ili mikrouključaka koji predstavljaju jezgra kristalizacije. Na temperaturama oko standardne sobne (25 °C ili 298 K) proces rekristalizacije stakla je spor, ali na povišenim temperaturama proces se znatno ubrzava, na svakih 10 K porasta temperature reakcija rekristalizacije ubrzava se približno tri puta. To znači da ukoliko je temperatura u neklimatizovanom skladištu 55 °C rekristalizacija će biti brža devet puta nego na 25 °C.

Kinetika procesa kristalizacije odnosno rekristalizacije je kao i svaka druga hemijska reakcija opisana Arrheniusovom jednačinom:

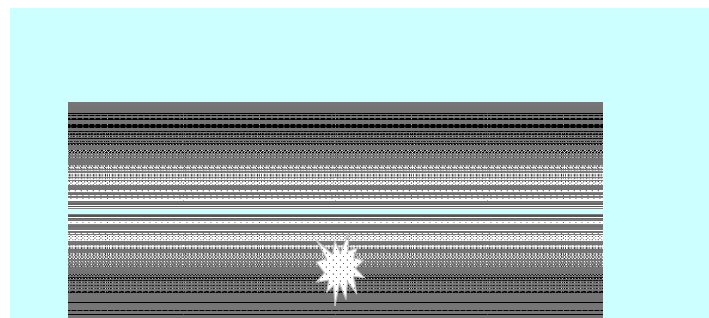
$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

gde su:

- k** – konstanta brzine reakcije,
- A** – predeksponencijalni faktor koji zavisi od tipa reakcije,
- E<sub>a</sub>** – energija aktivacije procesa,
- R** – univerzalna gasna konstanta,
- T** – termodinamička temperatura.

Pri optimalnim uslovima skladištenja ( 298 K, vlažnost vazduha do 40 % ), do prvih vidljivih promena u strukturi stakla može doći tek nakon 6 meseci. Vlažnost vazduha do 40 % retko ima za posledicu kondenzaciju vode na staklu, pa praktično i nema uticaja na kinetiku kristalizacije, ali povišena vlažnost uzrokuje vlaženje stakla kondenzatom. Relativna vlažnost vazduha iznad 40 % ubrzaće pojavu kristala u staklu za nekoliko redova veličine usled kondenzacije vode na površini stakla, pa do promena može doći i u roku kraćem od 6 meseci.

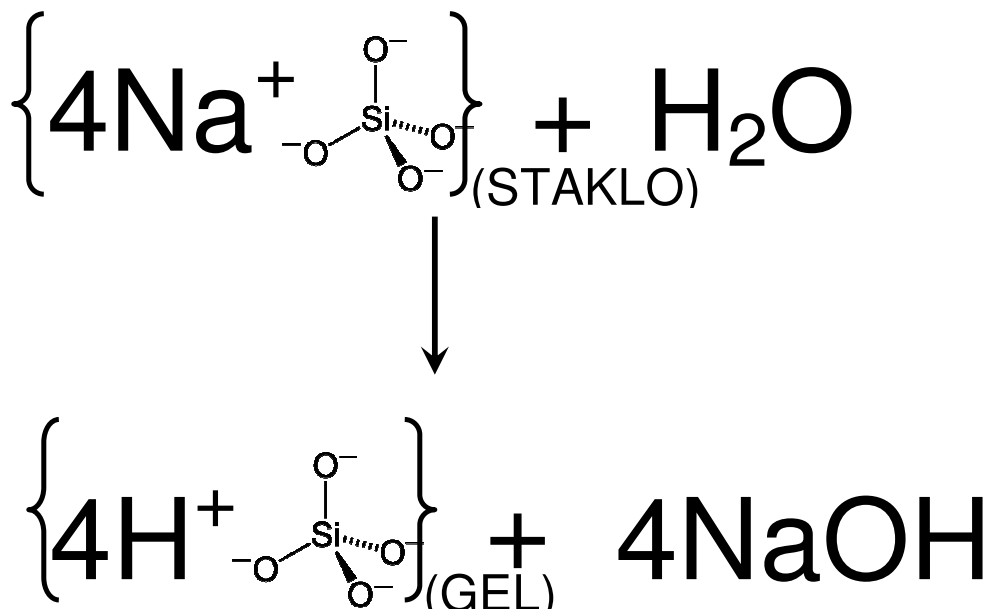
Osim bržeg odstakjivanja, pod dejstvom vlage iz okoline na staklenoj površini dolazi do hidratacije, a vremenom i do hidrolize stakla. Kao rezultat hidrolize na površini stakla obrazuju se natrijum hidroksid i gel silicijumove kiseline, pri čemu koloidni film silicijum dioksida ostaje na površini stakla. Mogu se uočiti bele mrlje na površini staklenog balona koje podsećaju na bele pahuljice kristalnih oblika, kako je prikazano slikom 1. Vizuelno, produkti rekristalizacije i hidrolize su skoro isti, sa istim posledicama po karakteristike stakla.



**Slika 1.** Izgled pahuljastih mrlja na balonu sijalice i na cevi. Mrlje su nesrazmerno uvećane kako bi se prikazao njihov oblik.

Hidrolizom se pod dejstvom vode alkalni silikati iz stakla razlažu na alkalne hidrokside i kristalni silicijum dioksid. U zavisnosti od uslova sredine, alkalni hidroksid se vremenom nagomilava, što dovodi do zamaglivanja balona i smanjenja njegove svetlosne propustljivosti. Površina stakla obogaćuje se slobodnim silicijum dioksidom.

Proces hidrolize prikazan je sledećom jednačinom:



iz koje se vidi da se u  $\{\text{SiO}_4\}^{4-}$ -tetraedru alkalni metal (natrijum) zamenjuje vodonikom iz vode. Ako se vlažnost vazduha smanji, gel otpušta vodu i nastaje kristalni silicijum dioksid:

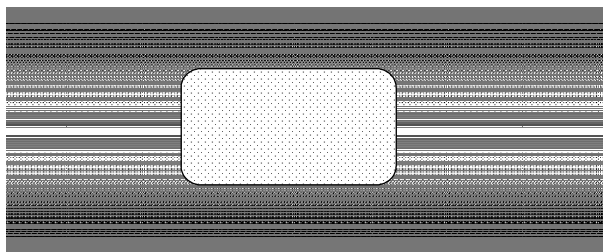


Navedene promene u strukturi stakla po pravilu nisu izrazito vidljive, osim ako su temperatura i vlažnost pri skladištenju ekstremno nepovoljni. Ali ako se kristali i produkti hidrolize nađu na kritičnim mestima sijalice, kao što su npr. zavareni spoj balona i nožice ili mali radijusi krivina balona, velika je verovatnoća da će pri radu ili uključivanju sijalice doći do pucanja stakla, ili čak i eksplozije sijalice.

### 3. REKRISTALIZACIJA FLUORESCENTNOG PRAHA

Rekristalizacijom fluorescentnog praha dolazi do formiranja krupnijih agregata umesto sitnokristaliničnog oblika praha. Time se umanjuje stepen konverzije ultraljubičastog zračenja u vidljivu svetlost, a samim tim i efikasnost izvora svetlosti. Ova pojava se retko dešava, jer bez pojave aktivnih mesta na kristalu u sadejstvu sa atomima žive i aktivnog mesta na osnovi na koju je nanesen prah nije moguća rekristalizacija. Aktivno mesto osnove je kristalizovano staklo, koje predstavlja jezgro kristalizacije praha, a atomi žive tada propagiraju proces rekristalizacije.

Mnogo češće dešava se da kao posledica inicijalne greške u strukturi stakla, koje je najčešća osnova na koju se nanosi fluorescentni prah, tokom termičke obrade u proizvodnji sijalice nastane klica rekristalizacije i na tom mestu tokom dužeg stajanja sijalice mogu nastati defekti, takozvani prozori koji izgledaju kao da na tom mestu nema praha. Oni su relativno pravilnog oblika i znatno krupniji od pahuljastih mrlja nastalih samo rekristalizacijom stakla, kako se vidi na slici 2.



**Slika 2.** Izgled «prozora» na balonu fluorescentne sijalice.

«Prozor» koji predstavlja prah izmenjene strukture po pravilu je providan za ultraljubičasto zračenje i kao takav je zabranjen.

#### **4. GUBITAK HERMETIČNOSTI**

Posledica procesa rekristalizacija opisanih u tačkama 2. i 3. može biti gubitak hermetičnosti sijalice. Prva rekristalizacija, ako je nastala na zavarenom spoju sigurno će izazvati puštanje vazduha u sijalicu, a time i prevremen otkaz iste. Druga rekristalizacija može u retkim slučajevima izazvati gubitak hermetičnosti, ali ne treba ni tu mogućnost sasvim isključiti. Da li će doći samo do otkaza sijalice ili do pucanja sa i bez eksplozije zavisi od mnogo činilaca čija je kontrola praktično nemoguća. Do gubitka hermetičnosti može nastupiti tokom rada sijalice sa navedenim greškama, ali do njega može doći i prilikom ugradnje sijalice kada je ista podvrgnuta izvesnom naponu na torziju (oko 3 Nm). Eventualno prisustvo vazduha u sijalici nakon dužeg skladištenja, može se utvrditi merenjem napona jonizacije atmosfere u sijalici ili «Tesla» aparatom u samom skladištu, bez vezivanja sijalice u električno kolo.

#### **5. STARENJE SOKL – GITA**

Kod većine sijalica veza podnožak – radno telo ostvarena je vezivom, tzv. sokl – gitom koji je složena mešavina mineralnih i organskih komponenti, sa ulogom da obezbedi čvrstu i pouzdanu vezu radnog tela sijalice od stakla i metalnog podnoška i zato mora izdržati potreban obrtni moment koji se javlja pri ugradnji ili uklanjanju sijalice. Neke vrednosti obrtnih momenata u zavisnosti od tipa podnoška prikazane su narednom tabelom:

**Tabela: Vrednost obrtnog momenta za kontrolu nekorišćenih sijalica**

<b>Tip podnoška</b>	<b>Obrtni moment /Nm</b>
<b>B15d</b>	<b>1,15</b>
<b>B22d</b>	<b>3,00</b>
<b>E12</b>	<b>0,80</b>
<b>E14</b>	<b>1,15</b>
<b>E17</b>	<b>1,50</b>
<b>E26,E27,E27-51x39</b>	<b>3,00</b>

**Ako se za soklovanje koristi neki drugi način vezivanja umesto sokl – gitom, relativno pomeranje podnoška u odnosu na radno telo ne sme da prekorači 10 °.**

Sokl – git izložen dejstvu okoline – nepovoljnih uslova u skladištu, tokom vremena podleže starenju i umanjenju ili čak gubitku vezivosti čineći sijalicu neupotrebljivom. Starenje sokl – gita je skup procesa rekristalizacije, hidrolize i razlaganja komponenti od kojih je sačinjen.

## 6. KOROZIJA PODNOŽAKA

Podnošci svetlosnih izvora, ukoliko su izloženi agresivnom delovanju sredine tokom dužeg vremena skladištenja podležu koroziji. Po pravilu podnošci su izrađeni od materijala otpornih na koroziju, kao što su aluminijum, mesing ili nikl, a retko od materijala na bazi gvožđa. Njihova otpornost na koroziju potiče od prisustva čvrstog oksidnog filma na površini metala, omogućavajući konstrukcionom materijalu podnoška pasivnost.

Međutim, povišena vlažnost vazduha tokom vremena oštećuje zaštitni oksidni film i dovodi do degradacije materijala. Korozija najčešće započinje u blizini spoja uvodnika (elektrode) i podnoška. Elektroda, koja je obično od bakra, monela ili nikla je plemenitiji metal u odnosu na aluminijum ili mesing, a bakar je plemenitiji u odnosu na nikl, pa se u prisustvu vlage na dodiru elektroda – podnožak stvara mikrogalvanski spreg koji inicira korozione procese.

Mesing, koji je metastabilna legura bakra i cinka na povišenim temperaturama tokom vremena podleže «termičkom taloženju» na granicama kristalnih zrna što rezultira pucanjem podnoška na mestima napona u materijalu zaostalih pri izradi podnoška deformacionim postupcima. Pojava je poznata pod nazvom interkristalna korozija. Izgled napuklog podnoška prikazan je slikom 3.



**Slika 3.** Izgled napuklog mesinganog podnoška usled interkristalne korozije.

Korozioni produkti povećavaju električnu otpornost spoja grlo – sijalica, što dovodi do dodatnog i ponekad opasnog pregrevanja podnoška i grla tokom rada sijalice kojoj je podnožak korodirao. Oštećeni podnožak je vrlo opasan kako po korisnika, tako i po opremu.

## 7. DEGRADACIJA KONDENZATORA U STARTERIMA

Pod uticajem vlage može doći do degradacije kondenzatora. Kondenzator u starteru je obično načinjen od anodno oksidisane aluminijumske folije. Pod uticajem vlage dolazi do formiranja gela po sledećem sumarnom procesu:



Za razliku od kristalnog aluminijum oksida, gel aluminijum hidroksida je elektroprovodan, tako da ceo starter gubi funkciju u kolu, s obzirom na to da su kondenzator i tinjalica u paralelnoj vezi.

## 8. KONTROLA USKLADIŠTENE ROBE

Kako bi se tokom skladištenja održao zahtevani kvalitet proizvoda, potrebno je obezbediti optimalne uslove skladištenja:

temperatura: 25 °C ± 10 °C  
vlažnost vazduha: do 45 %

Ukoliko je proizvod uskladišten 6 meseci ili više, pre prodaje korisniku potrebno ga je proveriti po sledećim stavkama:

- rekristalizacija stakla,
- rekristalizacija fluorescentnog praha,
- gubitak hermetičnosti,
- starenje sokl gita,
- korozija podnožaka,
- degradacija kondenzatora u starterima,

kako bi se obezbedilo da korisnik dobije ispravan proizvod kako bi se izbegle ili bar umanjile neprijatnosti oko reklamacija.

## 9. ZAKLUČAK

Skladištenje je postupak koji može dovesti do degradacije upotrebne vrednosti proizvoda, naročito ako se obavlja pod nekontrolisanim uslovima. Da bi se umanjile posledice zbog isporuke neispravnih proizvoda, potrebno je uspostaviti sisteme upravljanja kvalitetom skladištenja i naknadne kontrole kvaliteta skladištenih proizvoda.

## 10. ABSTRACTS

The quality degradation of lamps and starters due to the inappropriate stocking conditions and necessity of rechecking of products after 6 months shelf time is shown. The quality management must be introduced in stocking business.

## 11. LITERATURA

1. Tehnički uslovi za ispitivanje materijala F/S «TESLA» Pannčevo,
2. Interni standardi za ispitivanje gotovih proizvoda F/S «TESLA» Pannčevo,
3. Tehnologije izrade sijalca i startera F/S «TESLA» Pannčevo,
4. IEC standardi serije TC34,
5. JUS standardi za sijalice i startere.