

OSNOVE LEMLJENJA ZA ELEKTRONIČARE HOBISTE

Žuto naznačeni dijelovi teksta su Internet poveznice na konkretnu temu, na koju se može "KLIKNUTI S MIŠEM"

Za povezivanje dijelova u elektronici primjenjuje se postupak **mekog lemljenja**. Time se bave uglavnom profesionalci. No, ova sažeta uputa namijenjena je **hobistima**. Kreće se s odabirom lemilice, materijala i pribora, a u nastavku su objašnjenja kako kvalitetno lemiti na siguran način. Za hobiste, na tržištu postoje i elektronički **kitovi** za samogradnju, koji se dovršavaju lemljenjem. Uputa je popraćena prilozima s Interneta.

Osnovni alat i potrošni materijal

Za hobističko lemljenje u elektronici osnovni alat je **ručna lemilica**. Potrošni materijal je lemljiva žica - **tinol**.



Lemilica
(Ručna štapna lemilica za elektroniku)



Tinol
(Lemna žica za elektroniku)

Dodatni pribor



Čistač vrha lemilice



Stalak



Držač - "treća ruka"



Usisna pumpica



Kolofoonij



Zaštitne naočale



Pinceta



Sječice

Prikazana garnitura služi **samo za elektroniku**. Lemi se na nižim temperaturama u odnosu na lemljenja kod elektromehaničara, vodoinstalatera ili limara. Lemni spojevi najčešće imaju malu površinu od samo nekoliko mm².

Galerija različitih lemilica za elektroniku - ne koriste se za ostale vrste lemljenja ili termičkih obrada (npr. za nakit, limariju, plastiku, graviranje, i sl.), jer bi im se vrh oštetio.



ŠTAPNA 230V



LEMNA STANICA 230/24V **BRZA LEMILICA „PIŠTOLJ“ 230V** **BATERIJSKA (PROFESSIONALCI)**



12V ZA AUTO



USB LEMILICA 5V



PLINSKA LEMILICA



PUHALJKA ZA VRUĆI ZRAK

Pravi odabir za hobistu je zeleno uokvirena **štapna lemilica**, pogodna i za lemljenja na **tiskanim pločicama**. Modeli bez regulatora temperature imaju snagu 25 - 40W, a ako imaju regulator temperature snaga je najčešće oko 60W. Najbolje mjesto kupnje je **specijalizirana prodavaonica za elektroniku**. Osim lemilica, tu se mogu kupiti i tinoli, dodatni pribor za lemljenje, uređaji u kitu, mjerni instrumenti, alati, dijelovi i ostale razne potrepštine za elektroničare.

Štapna lemilica za elektroniku nije namijenjena za lemljenja debljih vodova (npr. 2,5mm² i više). Za takvu potrebu treba kupiti dodatnu električarsku štapnu lemilicu snage 60 - 150W. Hobistu će dugo trajati i jeftiniji model (cca.15 EUR).

Na drugoj slici u galeriji je primjer profesionalne lemne stanice za elektroniku 230/24V vrhunske kvalitete. Takve lemilice su za hobističke potrebe preskupe.

U ostatku galerije prikazani su i različiti drugi modeli lemilica za elektroniku, koje se kupuju kao dodatne lemilice za specifične situacije, a hobi elektroničarima rijetko mogu biti potrebne.

Vrh lemilice za elektroniku - uz pravilno korištenje može dugo trajati, ali nepravilnim korištenjem brzo se uništava

Bakreni vrhovi Do prije petnaestak godina, sve jeftinije lemilice za elektroniku imale su vrhove od **bakra**, koji na višoj temperaturi jače oksidira. Oksidirani sloj smeta kod lemljenja, te se povremeno treba na hladno pošmirglati, pa čak i poturpijati. Zato se bakreni vrhovi brzo troše, a nisu niti dovoljno precizni za rad s današnjom minijaturiziranom elektronikom. Bakreni vrhovi su kod profesionalaca odavno prevaziđeni, ali dio hobista još ih ima, uglavnom kao ostatak iz prošlosti.

Višeslojni vrhovi U današnje vrijeme, i na jeftinijim lemilicama za elektroniku vrhovi su načinjeni iz više slojeva različitih metala. U pravilu su i lako izmjenjivi. Kod takvih vrhova šmirganje ili turpijanje ne dolazi u obzir. Hobisti uglavnom koriste vrhove u obliku konusa (šiljka) ili u obliku dlijeta. Oba oblika primjenjivi su i za rad na tiskanim pločicama s prolaznim rupama, s kakvima hobisti najčešće rade.



ILUSTRACIJA PRESJEKA VRHA S VIŠE SLOJEVA METALA



PRIMJER LEMILICE S LAKO IZMJENJIVIM VRHOM



Konusni vrh



Vrh u obliku dlijeta

Ne šmirglati ili turpijati, ne lemiti i ne čistiti s kiselinama ili kiselim pastama!

Kod novih vrhova, prije prvog korištenja, na prvih desetak mm treba formirati sloj rastaljenog tinola. Jedan od načina kako to učiniti prikazan je na snimci (tinol se prvo obmotava oko hladnog vrha, a nakon toga uključuje se zagrijavanje).

Čišćenje vrha lemilice - poslije svakih nekoliko (cca. 5-10) lemljenja, preko vrha se stvaraju višak tinola i sagorjeli ostaci kolofonija. Kada se to dogodi, (zagrijani) vrh treba očistiti i na njega opet dodati tanki sloj svježeg tinola debljine oko 0,5 mm.



Spužvica za čišćenje vrha



Žičana vuna



Salmijak



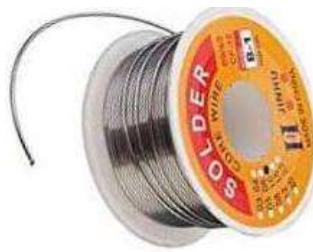
Pasta za čišćenje vrha

Spužvica za čišćenje vrha proizvodi se baš za tu namjenu. Treba biti navlažena s destiliranom ili demineraliziranom vodom. Alternativa vlažnoj spužvici je žičana vuna, koja vrh manje hlađi, a daje i bolje rezultate kod bezolovnih tinola. Salmijak se koristi kod većih onečišćenja i to u kombinaciji s vlažnom spužvicom ([video](#)) ili žičanom vunom. U prodaji su i posebne paste za temeljita čišćenja vrhova. Dosta su skupe, ali im je upitan bolji rezultat i isplativost u odnosu na salmijak.

TINOL je u trgovačkim katalozima i među korisnicima popularni kraći naziv i sinonim za lemnu žicu za elektroniku. Elektroničke komponente, naročito poluvodiči, osjetljivi su na previsoku temperaturu. Zato se za lemne žice u elektronici koriste slitine s najvećim udjelom **kositra** (engl. **TIN**), s niskim talištem (najčešće 183 - 190°C). Ove žice su mekane i lako savitljive.



Tuba 17 grama



Kolut 100 grama

TIN je engleski naziv za hrv. **KOSITAR**, lat. **STANNUM (Sn)**, njem. **ZINN**, tur. **KALAY**. Naziv **TINOL** je zaštićena robna marka, pa na tržištu lemne žice za elektroniku nose i drugačije nazive. U najširoj primjeni su tinoli od **60% kositra i 40% olova** (60/40), promjera 0,4 - 1,5 mm. Oovo je nezdrav metal. Zato postoje i bezolovni tinoli, koji sadrže cca. 99% kositra, ali talište im je između 217 i 230°C.



Tinoli u sebi sadrže između 1% i 3,5% (najčešće oko 2%) smolastog kolofonija (flux), kao dezoksidans koji pospješuje lemljenje. Kada je u tinolu više fluxa, kod lemljenja ima i više dima, a vrh lemilice i sam spoj se više prljaju.

Odabir promjera tinola zasniva se na iskustvu, time da se za male lemne površine koriste tanji tinoli (0,4 - 0,7mm), a za veće površine deblji, npr. 1,0 ili 1,5mm.

Za početak, preporuka je tinol 60/40, promjera 1,0 mm, s 2,5% fluxa, tuba 17gr.

Stalak za lemilicu - jeftin, ali bitan sigurnosni dodatak za štapnu lemilicu



Stalak je spretno "parkirno" mjesto za štapnu lemilicu i zaštita od opasno vrućeg vrha.

Držač – „treća ruka“



Držač zamjenjuje jednu ruku. Korisno, nije skupo, dugo traje.

Ustisna pumpica



Metalna

"Antistatik"

S vlastitim grijajućem

Ustisna pumpica (video) koristi se kod odlemljivanja dijelova s tiskane pločice. Za istu namjenu služi i žičana traka za odlemljivanje (video) koja na sebe privlači rastaljeni tinol.

Kolofonij i paste za lemljenje - ne brkati kolofonij za lemljenje u elektronici s kiselim pastama koje za lemljenje koriste vodoinstalateri i limari



Kolofonij (engl. rosin) je neotrovna, slabo kisela, mješavina borove smole, ulja i drugih dodataka. Pospješuje lemljenje (dezoksidans), a da pri tome ne ošteće vrh lemilice, niti komponentu koja se lemi (ali ih malo prlja). Na temperaturi lemljenja najvećim dijelom isparava, a ostaje "troska". Kolofonij se već nalazi u fluxu unutar tinola. Može se kupiti i zasebno, u krutom stanju, kao pasta ili otopina u bočici ili flomasteru. **Napomena:** na tiskanim pločicama s prolaznim rupama, ako ih se dobro ispolira, ili ako su unaprijed polemljene, u postupku lemljenja dovoljan je samo tinol, koji u sebi već sadrži kolofonij, bez dodatnog kolofonija sa strane.

Postoje i paste za pospješivanje drugih vrsta lemljenja, koja nemaju nikakvu vezu s elektronikom, npr. za lemove na bazi cinka. Takve paste koriste limari i vodoinstalateri, koji leme s plinskim plamenicima - brenerima. Temperatura isparavanja tih pasti znatno je viša od tališta tinola, puno su kiselije i u pravilu sadrže otrovne dodatke. Laicima

nerijetko "padne na pamet" da ih primjenjuju i za lemljenja u elektronici i to čak pokazuju na YouTube-u. **To je potpuno pogrešno**. Radi veće kiselosti, takve paste kod lemilica za elektroniku brzo uništavaju vrh. Osim toga, ne isparavaju, nego ostaju oko mesta lemljenja i svojom kiselošću oštećuju bakrene vodiče i folije na tiskanim pločicama. Za razliku od kolofonija, imaju i električnu provodljivost, što je nepoželjno.



Postoje i mješavine za pospješivanje lemljenja u vidu pasti i tekućina koje jesu za elektroniku, ali na ambalaži imaju upozorenje da su **otrovne, zapaljive, opasne za udisanje, oči, kožu**. Takva sredstva su za profesionalnu uporabu, a hobistima je **stroga preporuka** da kupuju i koriste samo kolofonij bez pobrojanih opasnosti.



Primjer korištenja zaštitnih naočala, rukavica i ventilatora za odvođenje lemnih para u profesionalnom elektroničkom laboratoriju.

Za uspješnost postupka lemljenja bitno je da površine vodiča koje se lemi budu čiste i neoksidirane. **Tada su za lemljenje, u pravilu, dovoljni samo lemilica i tinol, koji u sebi već sadrži flux s kolofonijem.**

Dodatni kolofonij iz zasebne kutijice treba koristiti samo u slučaju kada se pokaže da flux iz tinola nije dovoljan za postizanje kvalitetnog spoja.

Ostale opasnosti kod lemljenja

Lemilica je sama po sebi izvor mnogih opasnosti, a bitan *faktor sigurnosti* je osoba koja s njom rukuje. Hobist, naročito početnik, često lemi na različitim improviziranim

mjestima. To može biti stol za pisanje, kuhinjski stol ili neka druga improvizirana pozicija. Već iz toga može svašta proizaći. Pri tome treba imati u vidu:

- strujni udar, kod lemilica koje rade na 230V,
- opeklne i štete, čak i požar od vruće lemilice. Najčešće se lemi pri temperaturi vrha podešenoj u rasponu između 250 i 350°C. Vrući vrh lemilice može slučajnim dodirom rastopiti izolaciju na vlastitom ili nekom drugom kabelu koji je pod mrežnim naponom. Vruća lemilica u neželjenom dodiru može oštetiti i mjerni instrument ili alat i pribor na stolu. Garderoba od sintetike se u dodiru s vrućom lemilicom ošteće trenutno. Članove obitelji mora se unaprijed upozoriti da ne diraju lemilicu, jer može biti opasno vruća. Kod lemilica bez prekidača i lampice lako se dogodi da se nakon uporabe zaborave isključiti iz struje - moguće opasne posljedice teško je pobrojati.
- prilikom lemljenja, oči su udaljene samo 20 - 30 cm od opasno vruće lemilice. Na radnim mjestima i u školama, propisane su **zaštitne naočale**. Trebali bi ih koristiti i svi hobisti. Nisu skupe. Dioptrijske naočale štite u određenoj mjeri, ali ne potpuno,
- pri lemljenju nastaju lemne pare, čije učestalo udisanje može biti štetno po zdravlje (veći postotak kolofonija u tinolu = više dima). Zato profesionalci koriste ventilatore za odvođenje lemnih para. Hobisti rjeđe leme, pa su po tom pitanju manje ugroženi. Kod povremenog lemljenja nije problem te pare jednostavno otpuhivati,
- većina vrsta tinola je od nezdravog materijala (sadrže oovo). Otrvne tvari mogu biti i iz neispravnih elektroničkih dijelova. Poslije lemljenja pranje ruku je obavezno.

Lemilica i pribor su kupljeni - treba ih početi koristiti

Lemljenje elektroničkih spojeva radi izrade ili popravaka uređaja je vještina koja zahtjeva razmišljanje, koncentraciju i preciznu koordinaciju pokreta. U slučaju samo jednog pogrešnog lemnog spoja najčešće čitav uredaj neće proraditi. Početnik treba krenuti s jednostavnim *projektima*, pa tek onda postupno ići na složenije konstrukcije.

Slijedi nekoliko osnovnih smjernica:

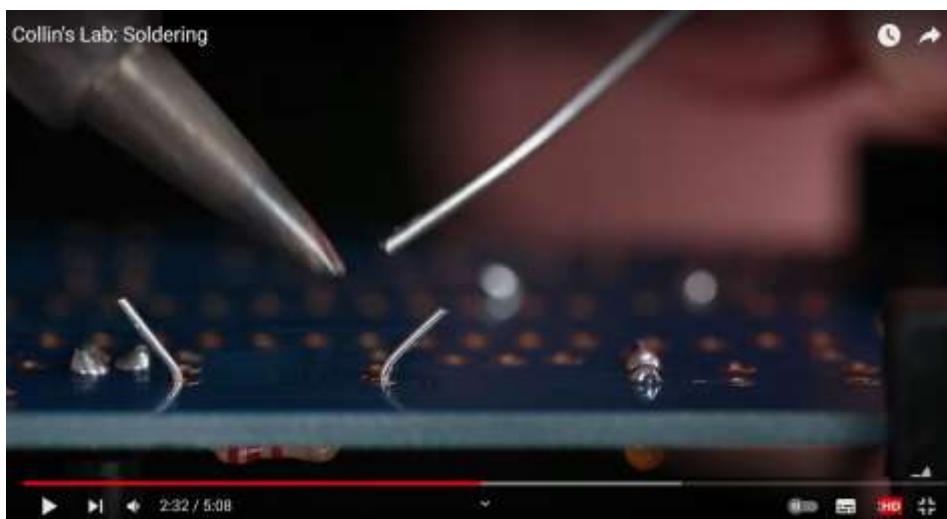
- za lemljenje je potrebno dobro osvjetljenje,
- ako lemilica ima ugrađen regulator temperature, kod prvih lemljenja podesiti na 300°C. Kasnije se temperatura podešava u skladu sa stečenim iskustvima u različitim situacijama.
- **temeljni princip** pravilnog lemljenja je da se vodiči na mjestu spajanja moraju zagrijati na višu temperaturu od temperature talenja tinola, a to je najmanje 200 - 250°C. To se postiže na način da se s **vrhom lemilice lemno mjesto zagrije s jedne strane, a nakon toga tinol žica se dozira s druge strane lemnog mjesta**, kao na svim priloženim foto i video primjerima lemljenja. Pogrešno je tinol žicu s lemilicom taliti preko nedovoljno zagrijanog lemnog mjesta, jer tada nastaje tzv. "**hladni lem**". U tom slučaju lejni spoj je mehanički slab, a električna provodljivost je smanjena, povremeno se prekida, ili je uopće nema.
- već je napisano da sve površine koje se leme trebaju biti čiste. Kod tiskanih pločica, prije lemljenja, vodove treba ispolirati (**amaterski video** - autor lemi sa starijom lemilicom i manje preciznim bakrenim vrhom). Ako su vodovi na pločici samo malo oksidirali, za čišćenje pločice može se koristiti i obična gumica za brisanje,

Najjednostavnija vježba: polemljivanje licne

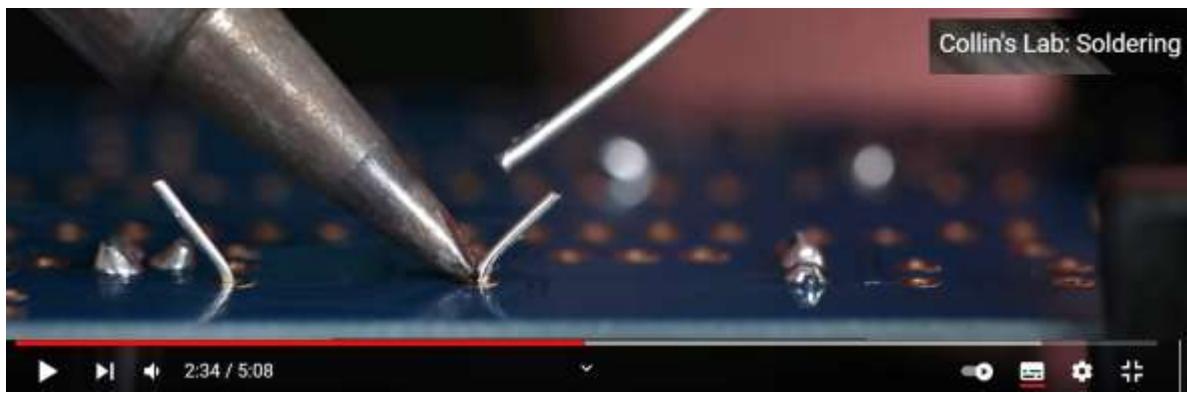


Slike prikazuju polemljivanje kraja finožičanog bakrenog vodiča (licne). Plastična (PVC) izolacija s kraja licne skida se neposredno prije postupka. Goli snop žičica prstima se dodatno zakrene da budu zajedno. S lemilicom zagrijana licna rastaljuje tinol koji se upija među tanke žičice. Nakon hlađenja, tretirani kraj licne postaje krut i lako se spaja na mehaničke stezaljke. Polemiti se mogu i ostale bakrene površine (npr. krute žice, ušice spojnih točaka i sl.). Početnik će brzo spoznati da se prethodno polemljene bakrene površine i međusobno lakše zameđuju. Polemljivanje (i lemljenje) neće uspjeti na nečistim ili oksidiranim vodičima, kao i na vodičima s premalim sadržajem bakra.

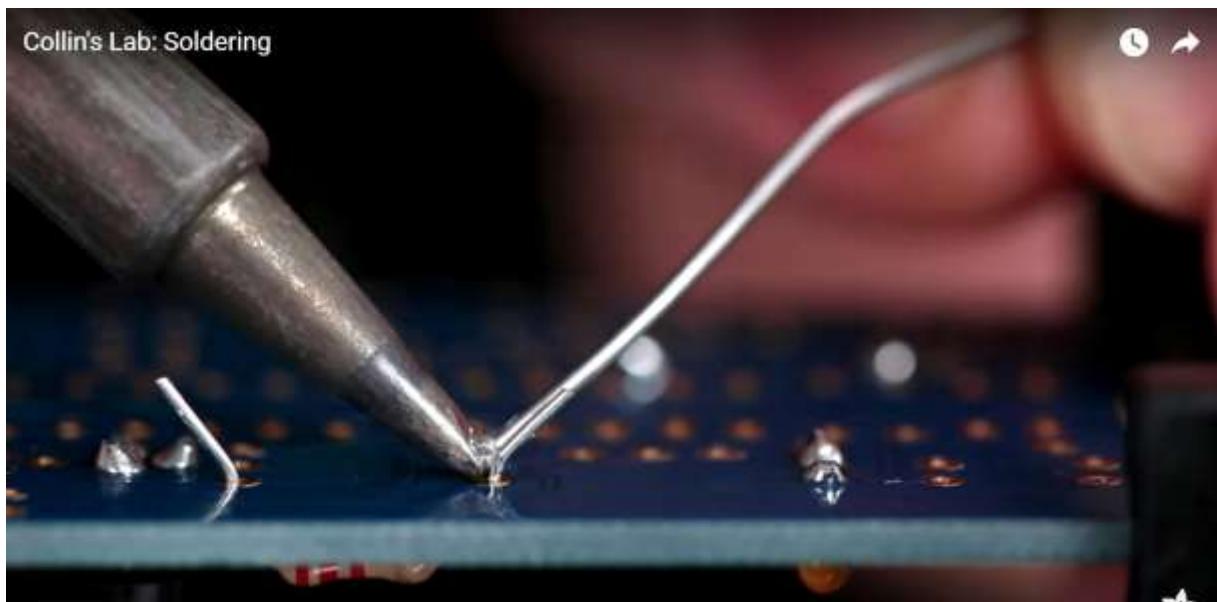
Lemljenje otpornika sa žičanim izvodima na tiskanu pločicu



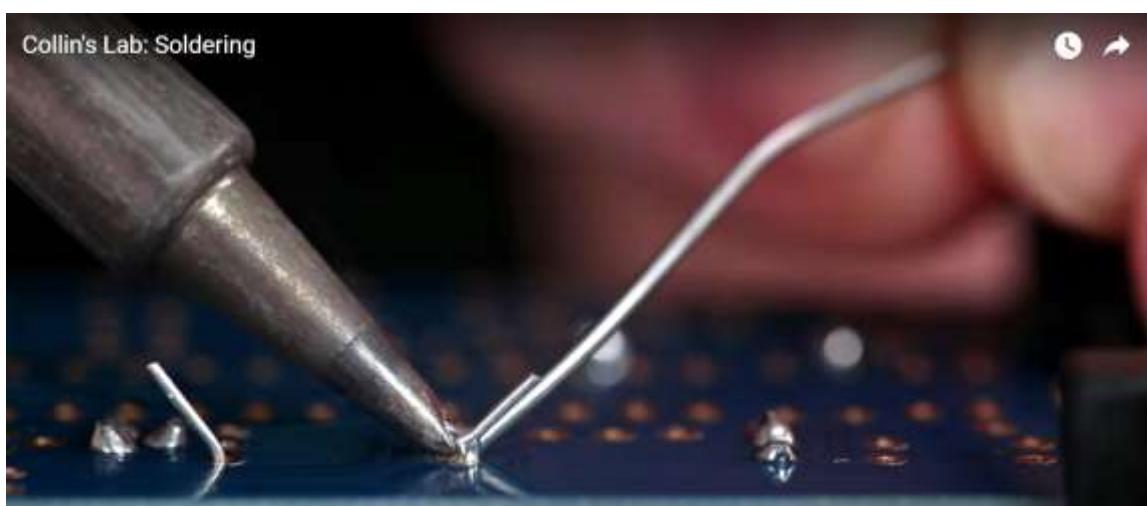
1. Početni položaj. Žičani izvodi otpornika provučeni su na mjesto spajanja i malo zakrivljeni da se ne izvlače. Vrh lemilice je zagrijan, čist i presvučen tankim slojem tinola.



2. Vrh lemilice pozicionira se na mjesto spajanja, koje se zagrijava na višu temperaturu od temperature talenja tinola. Ova radnja na tiskanim pločicama traje cca. 0,5 sekunde. Kut lemilice u odnosu na tiskanu pločicu treba biti između 30 i 45°.



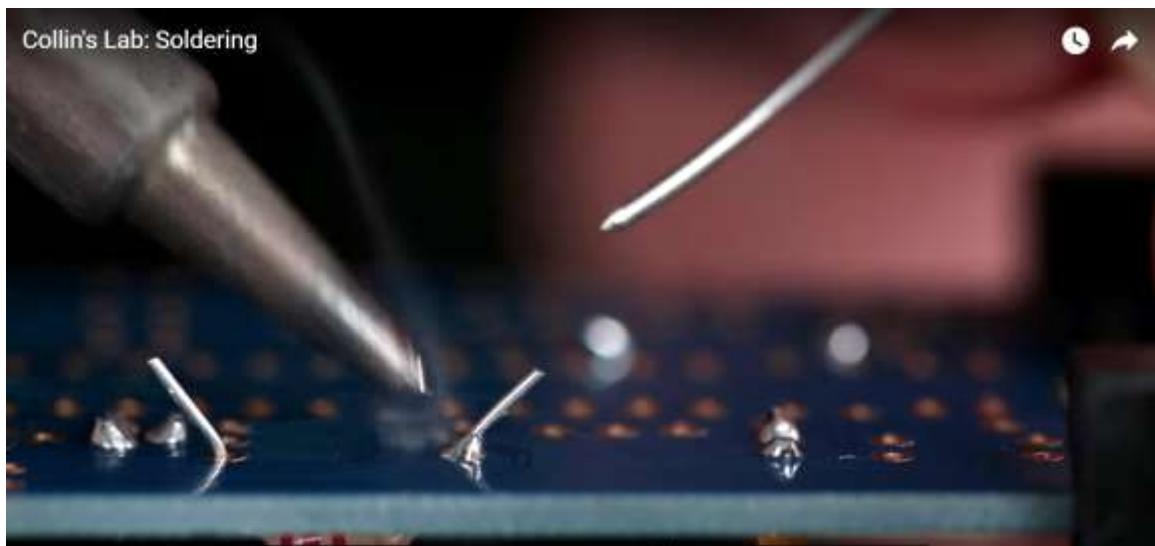
3. Na zagrijano mjesto spajanja prislanja se početak tinol žice. Kreće se od "tromede" između vrha lemilice, žičanog izvoda otpornika i bakrene folije na tiskanoj pločici.



4. Čim se tinol počne taliti, treba ga lagano vući prema poziciji na spoju suprotnoj od vrha lemilice.



5. Kada na spoju ima dovoljno rastaljenog tinola (u pravilu utrošak 1 - 3mm dužine tinol žice), njegovo doziranje treba završiti, na način da se tinol žica odvoji od spoja. Vrh lemilice drži se još kratko vrijeme na spoju (1 do 2 sekunde), dok se rastaljeni tinol ne razlije preko čitavog spoja i poprimi konkavni oblik. U međuvremenu, i flux iz rastaljenog tinola će izdimiti.

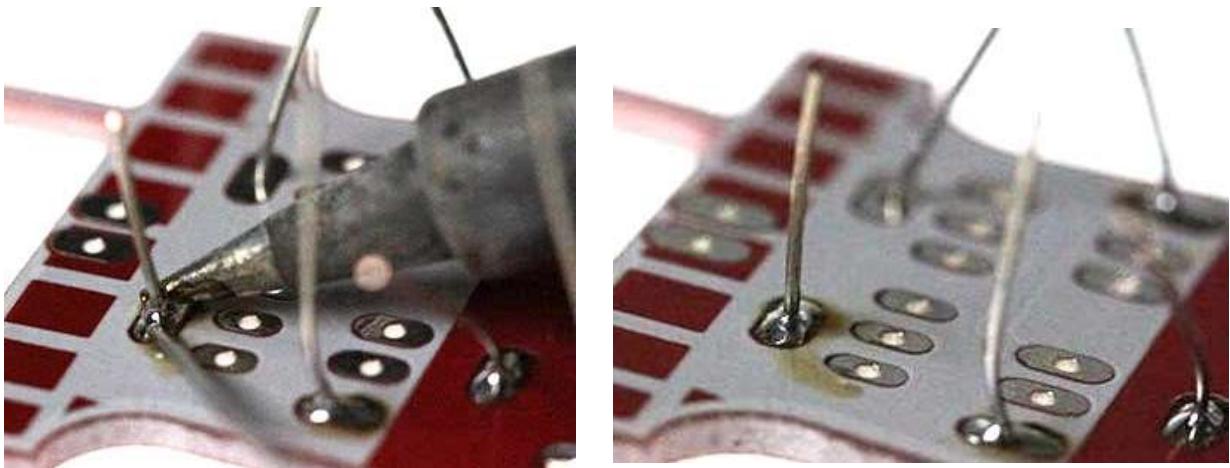


6. Na kraju, i vrh lemilice se odvaja od mjesta spajanja. Spoj se ne smije dirati još nekoliko sekundi, dok se ne ohladi tj. dok se rastaljeni tinol ne vrati iz tekućeg u kruto stanje.

Prethodne (uvećane) slike prikazuju ključne trenutke lemljenja otpornika sa žičanim izvodima, a "skinute" su iz isječka [video \(između 2:30 i 3:00 min\)](#). Ovaj isječak dobro je pogledati više puta. U konkretnom primjeru, vrh lemilice ima oblik dlijeta.

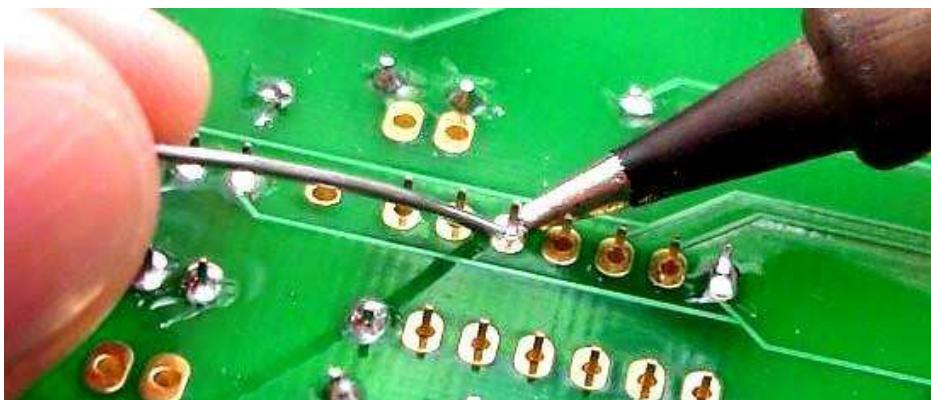
Poslije lemljenja, višak žičica **skraćuje se sjećicama**. Moguće je da žičica koja se siječe poleti kao mali *projektil*. To je dodatni razlog zašto je kod lemljenja dobro imati zaštitne naočale.

Lemljenje s konusnim vrhom



Kod lemilica za elektroniku, konusni vrh je u najširoj primjeni. Proizvođači ga u pravilu postavljaju na nove lemilice. Dodatni vrhovi drugačijih oblika obično su priloženi u pakovanju od lemilice, ili se prodaju kao zasebni artikl. S konusnim vrhom lemi se površinom sa strane vrha, a ne "ubadanjem sa špicom".

Na gornjim slikama vidljivi su i ostaci kolofonija. Mogu se [očistiti](#) alkoholom i malim kistom ili četkicom za zube (iz alata) i obrisati vatom ili krpicom.



Primjer primjene konusnog vrha kod lemljenja integriranog kola (chip-a) na pločici s prolaznim rupama. Praktično je prvo zalemiti dvije dijagonalno suprotne nožice.

Završne napomene

Vještina ručnog lemljenja usavršava se vježbom i iskustvom. Lemni spoj ne treba imati niti previše niti premalo tinola. Spoj treba zagrijavati dovoljno dugo da se tinol rastali i sjedini s vodičima koji se spajaju, a kolofonij izdimi. Međutim, lemljenje ne smije trajati niti predugo (u pravilu ne duže od dvije sekunde), jer će se tiskana pločica ili neki drugi dio prepržiti. Slike primjera dobrih i loših rezultata lemljenja mogu se pronaći na [Internetu](#).

9A3AL 12/2014
REV. 12/2017.
REV. 06/2019.
REV. 05/2022

Poveznice:

- [Lemiti je lako - STRIP](#) - za početnike, lemljenje na tiskanim pločicama s prolaznim rupama (THT)
- [SMD tehnologija \(PDF, Škola J. Dobrla - Pazin\)](#) - upoznavanje s preciznim ručnim lemljenjem tehnologijom površinske montaže - za profesionalce i naprednije hobiste

DODATAK

Obrnuto od lemljenja, postoji i (još složenija) vještina odlemljivanja komponenti iz uređaja **bez da ih se ošteći**, kao besplatni izvor dijelova. Za stjecanje ove vještine dobro će poslužiti rashodovana elektronika (furda) - odbačeni radio aparati, televizori, kompjuteri i ostala elektronika. Na tu temu dosta priloga ima na [YouTube-u](#). Na električkoj furdi može se vidjeti i kako izgledaju profesionalna tvornička lemljenja.

Statički elektricitet - potrebno je znati

U elektronici se dosta koriste i aktivne komponente koje prilikom lemljenja mogu biti uništene djelovanjem statičkog elektriciteta ([CMOS](#), [MOSFET](#)). Kod kvalitetnih ESD (electrostatic discharge safe) lemlnih stanica ovog problema nema. Međutim, hobist u pravilu radi s jeftinijom lemilicom, koja nije **ESD**. Problem se može riješiti korištenjem pripadajućih [podnožja](#), u koja se osjetljive komponente utiskuju nakon lemljenja. Postoji i mogućnost amaterskog snalaženja. Neposredno prije, i za vrijeme lemljenja kritične komponente, zagrijana lemilica se na kratko iskopča iz struje.

Pozitivni učinci bavljenja hobi elektronikom i lemljenjem

Iskusna znanstvenica iz oblasti psihoterapije, Dr. Kristi Pikiewicz, u praktičnom radu s osobama različitih dobnih skupina, pa i s djecom, došla je do spoznaje da upravo lemljenje iz hobija daje iznenađujuće dobre rezultate. Djeluje opuštajuće te poboljšava pribranost i usredotočenost, razvija intelekt ([LINK](#)).



Članstvo u udružama koje se bave nekim područjem hobi elektronike

Pravo mjesto gdje hobi električari mogu unaprijediti svoj rad su udruge (klubovi) iz oblasti tehničke kulture koje se bave nekim područjem elektronike. Članovi, uz međusobno druženje u prostorijama udruge ili preko Interneta, razmjenjuju iskustva i savjete. Među navedenim udružama su i radioklubovi. Za područje Republike Hrvatske, popis radioklubova i odgovor na pitanje kako postati radioamater, najbolje je potražiti na službenoj stranici [Hrvatskog radioamaterskog saveza](#) (HRS).