

# PRIMJENA LJEPILA U TEHNOLOGIJI POVRŠINSKE MONTAŽE

Olga Mardešić

KLJUČNE RIJEČI: Ljepila, tehnološke osobine, izbor ljepila, primjena ljepila, doziranje ljepila, otvrdnjavanje ljepila, tehnologija, površinska montaža

SAŽETAK: Lijepljenje je dio tehnologije površinske montaže elemenata. Obzirom na specifične zahtjeve razvijena je posebna grupa ljepila za ovu primjenu, kao i oprema za doziranje i otvrdnjavanje ljepila.

## APPLICATION OF ADHESIVES IN SURFACE MOUNT TECHNOLOGY

KEY WORDS: adhesives, technological properties, adhesives selection, application of adhesives, adhesives dispenser, adhesives curing, technology, surface mounting

ABSTRACT: Adhesion is a part of surface mounting technology. To meet the specific requirements, it was developed a special group of adhesives for this application, together with particular dispensing and curing equipment.

### UVOD

Klasični i dosad najčešće primjenjivani postupci spajanja materijala u strojarstvu i elektrostrojarstvu su spajanje vijcima, zakivanje, lemljenje i zavarivanje.

U novije vrijeme se na mnogim područjima, pa tako i na području elektrotehnike a posebno elektronike, kao jedna od tehnika odnosno tehnologija spajanja, primjenjuje lijepljenje. Radi niza prednosti tehnologija spajanja lijepljenjem nalazi sve veći udio u procesima proizvodnje, bilo kao dopuna drugih postupka, bilo kao zamjena za druge postupke ili kao isključivo moguće rješenje tamo gdje su teško primjenjivi ili potpuno neprimjenjivi drugi postupci spajanja.

Danas se može reći da kemijska industrija može proizvesti ljepilo za svaku primjenu "po mjeri". Gotovo u svakoj grani industrije upotrebljavaju se ljepila, kako za serijsku proizvodnju, tako i za rješavanje nekih specifičnih problema. Činjenica je da se danas u svijetu proizvodnja novih ljepila odvija brže od mogućnosti svestranih ispitivanja njihovih tehničkih svojstava, naročito u pogledu određivanja postojanosti čvrstoće lijepljenih spojeva, koji su tokom upotrebe izloženi osim mehaničkim, također i fizikalnim i kemijskim opterećenjima.

Nazalost, u Jugoslaviji su ljepila, kao konstrukcijski materijali, neopravdano zapostavljeni. To je djelomično radi nedovoljne obaviještenosti stručnjaka o mogućnostima ovih materijala, a dobrim dijelom i radi toga što domaća industrija, kao i na mnogim područjima, uvelike zaostaje u razvoju, proizvodnji i primjeni ovih materijala.

Lijepljenje kao tehnologija također sporo prodire u naše pogone jer je to "zahtjevna" tehnologija - traži veliku

radnu i tehnološku disciplinu, što se još uvijek kod nas, pa i uz primjenu najsuvremenije opreme, teško postiže.

Jedno vrlo specifično područje primjene ljepila i tehnologije lijepljenja je elektronika. Tri glavna područja primjene ljepila u elektronici su:

1. površinska montaža elektroničkih elemenata
2. klasična montaža elemenata
3. proizvodnja laminata za štampane pločice

### TEHNOLOGIJA POVRŠINSKE MONTAŽE

Ovdje će biti govora o primjeni ljepila u suvremenim tehnologijama površinske montaže elektroničkih elemenata. Ova se tehnologija u posljednjih nekoliko godina razvila i primjenjuje se širom svijeta, a lijepljenje je jedan od osnovnih i nezaobilaznih procesa ove tehnologije.

Proizvodnja PM sklopova ima niz prednosti u usporedbi s montažom uobičajenih klasičnih ožičenih elemenata:

- prostor koji zauzimaju ugradbene grupe je znatno manji
- otpadaju postupci savijanja i rezanja žičanih priključaka
- otpada bušenje štampanih pločica
- postoji mogućnost potpune automatizacije proizvodnog procesa
- ugradbene mogućnosti kompjuterski upravljanih uređaja su vrlo visoke (nekoliko stotina tisuća elemenata na sat)
- visoki stupanj automatizacije i racionalizacije smanjuje ukupne troškove proizvodnog procesa

Radne operacije	Vrsta elemenata i njihov raspored na ploči			
	jednostrano postavljene EPM		mješoviti elementi EPM i ožičeni	
	moгуćnost 1	moгуćnost 2	EPM jednostrano	EPM dvostrano
1.	nanošenje ljepila	nanošenje lemne legure	umetanje ožičenih elemenata	nanošenje lemne legure
2.	postavljanje EPM	postavljanje EPM	okretanje ploče	postavljanje EPM
3.	otvrdnjavanje ljepila	pretaljivanje	nanošenje ljepila	pretaljivanje
4.	okretanje ploča		postavljanje EPM	umetanje ožičenih elemenata
5.	valno lemljenje		otvrdnjavanje ljepila	okretanje ploče
6.			valno lemljenje	nanošenje ljepila
7.				postavljanje EPM
8.				otvrdnjavanje ljepila
9.				okretanje ploče
10.				valno lemljenje

\*EPM - elementi površinske montaže  
 \*mješoviti - EPM i ožičeni elementi (klasični)

Tablica 1: Redoslijed radnih operacija obzirom na vrstu i raspored elemenata

U praksi je još uvijek najčešće da se kombinira tehnologija površinske montaže elemenata s montažom klasičnih elemenata umetanjem, jer su sklopovi najčešće sastavljeni od jednih i drugih elemenata.

Osnovni tehnološki postupci koji se primjenjuju u proizvodnji PM sklopova su:

1. nanošenje lemne paste
2. nanošenje ljepila
3. pozicioniranje EPM
4. otvrdnjavanje ljepila
5. priprema klasičnih elemenata
6. umetanje klasičnih elemenata
7. lemljenje pretaljivanjem
8. lemljenje na valu
9. čišćenje
10. ispitivanje

Koje će operacije doći u obzir i redoslijed operacija ovisi o vrsti EPM-a.

U praksi je najčešći slučaj da je potrebno primijeniti i lemljenje na valu i pretaljivanje. Ručno lemljenje se u TPM primjenjuje samo kod reparature. Kod mješovite montaže ožičenih elemenata i EPM-a preporučuje se lemljenje na valu. Pritom štampana pločica prolazi kroz dva lemna vala - prvi donosi lemnu leguru na kontaktna mjesta, a drugi odvodi suvišak legure. Kod čiste površinske montaže primjenjuje se lemljenje pretaljivanjem. Prije toga je potrebno na kontaktna mjesta na pločicama sitotiskom nanijeti lemnu pastu, a potom postaviti elemente.

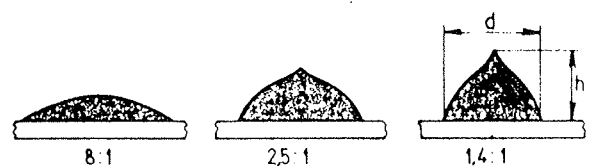
Kako je prije lemljenja potrebno elemente fiksirati na pločicu, razvijen je cijeli niz ljepila upravo za ovu primjenu kako bi bili zadovoljeni specifični zahtjevi za TPM.

### SMD LJEPILA

Ova su ljepila posebno grupirana i prepoznatljiva kao SMD ljepila. Ta su ljepila uglavnom na bazi akrilnih ili epoksidnih smola, u posljednje vrijeme iz praktičnih razloga prevladavaju jednokomponentni sistemi. Odlika im je da brzo polimeriziraju (otvrdnjavaju) pod utjecajem topline ili UV zračenja. Kako je njihova primjena specifična, specifični su i zahtjevi koji se na SMD ljepila postavljaju, a u vezi s tim i kriteriji za njihovo vrednovanje.

Osnovna svojstva i kriteriji za vrednovanje SMD ljepila su (1) relativna visina kapljice i (2) oblik kapljice.

### Kriterij relativne visine kapljice



Slika 1: Kriterij relativne visine kapljice SMD ljepila

Kriterij relativne visine kapljice se bazira na odnosu promjena osnovne površine kapljice ljepila (d) i visine

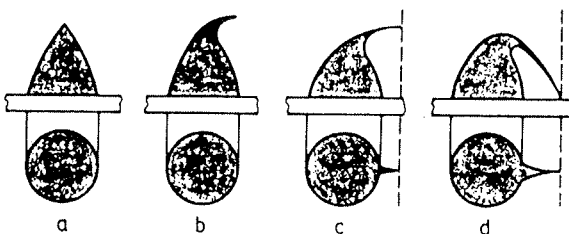
kapljice ljepila (h). Odnos d/h je funkcija tiksotropnosti ljepila. Što je manji odnos d/h to je ljepilo bolje. Upotrebljavaju se ljepila koja imaju odnos d/h od 1,5 do 1, što su izvanredne vrijednosti za montažu minijaturnih komponenata. Kod postupka pozicioniranja na EPM se dozira kapljica ljepila. Pritom mora biti pouzdano da će razmak između elemenata i ploče biti premošten. Taj zazor može biti do 0,2, a dodirna površina (kod npr.: MINI-MELF ili MELF) je velika.

Kod mikroelemenata na raspolaganju je vrlo malo površina. Odlučujući kriterij prema tome ne može biti samo visina kapljice, nego i njezin odnos s osnovnom površinom.

### Kriterij oblika kapljice

Kod doziranja ljepila i njegovog nanošenja na površinu pločice važno je:

1. da ljepilo ne oteče prije nego otvrdne
2. da se ne razvlači kod doziranja ("vlaknanje")



Slika 2: Oblik kapljice ljepila

- a) optimalan oblik kapljice
- b) dobar oblik - vrh kapljice ostaje unutar cilindričnog prostora iznad površine na koju je nanosena
- c) i d) problematičan oblik - vrh kapljice je izvan dozvoljenog prostora, posljedica je da će kod nanošenja prekriti spojna mjesta

Ljepilo koje se uz pomoć dozirnog uređaja može nanijeti na željenu površinu čisto i bez "razvlačenja", tj. kojemu vrh kapljice ostaje unutar cilindričnog prostora koji obuhvaća bazu kapljice, osigurava siguran rad, bez opasnosti nanošenja na spojne površine. Do neželjenog kvašenja spojnih površina može doći i onda ako je viskozitet ljepila ovisan o promjenama temperatura. Takvom se ljepilu, ovisno o temperaturi, mijenja odnos d/h i pri povišenoj temperaturi ono počne "teći".

## OSTALA SVOJSTVA ZNAČAJNA ZA IZBOR SMD LJEPILA

### Čvrstoća mokrog ljepila

Ljepilo fiksira elemente na predviđenim pozicijama na pločici i potrebno je da oni sigurno i bez pomaka ostanu fiksirani (često i dvostrano) prije nego ljepilo polimerizira, a u međuvremenu je potrebno izvršiti jednu od sljedećih operacija:

- automatizirani transport
- ručno prenošenje pločica
- automatski procesi kod kojih se ne giba glava uređaja nego pločica

Da ne bi za vrijeme provođenja ovih postupaka došlo do pomaka elemenata, ljepilo mora imati visoku tzv. "mokrku" čvrstoću - odgovarajući viskozitet i visoki stupanj adhezije na substrat.

### Stabilnost viskoziteta

U praksi se montaža elemenata ne vrši u klimatiziranim prostorijama, što znači da temperatura okoline ovisi o dobu dana i godišnjem dobu.

Ukoliko bi se upotrijebilo ljepilo viskozitet kojeg bi varirao ovisno o temperaturi, bilo bi potrebno da dozirnim uređaju (bez temperirane glave) mijenjati parametre također ovisno o temperaturi, jer bi u protivnom dobivali kapljice različitih veličina (površina). Radi toga je potrebno odabrati ljepilo s minimalnim kolebanjem viskoziteta, kako bi samo iznimno bilo potrebno mijenjati podešene i provjerene parametre na dozirnog uređaju.

### Otvrdnjavanje

SMD ljepila otvrdnjavaju (polimeriziraju) uz pomoć topline ili UV zračenja.

Ako se za otvrdnjavanje ljepila primjenjuje toplina, brzina otvrdnjavanja će ovisiti o temperaturi. Pri temperaturi 120°C, računajući od momenta kada se ploča zagrije na tu temperaturu, potrebno je 3...5 min za većinu ljepila da potpuno polimeriziraju. Vrijeme zagrijavanja ploče može iznositi i do 15 min, ovisno o tipu uređaja za polimerizaciju, odnosno o načinu zagrijavanja.

Za polimerizaciju se može koristiti, uz toplinu, i UV zračenje. Time se postiže vrlo brzo fiksiranje i veća otpornost na vibracije i udarce, što je prednost kod cilindričnih komponenata. Potrebna je UV svjetlost intenziteta 100mW/cm<sup>2</sup> u trajanju 10...45 sek.

Budući su mnogi proizvođači već opremljeni s IR tunnelnim pećima za druge postupke i proizvodnju, mogu ovu peć upotrijebiti i za otvrdnjavanje ljepila. Kod otvrdnja-

vanja pod utjecajem infracrvenog zračenja može se vrijeme zagrijavanja pločica bitno skratiti, te na taj način pločica bitno ubrzati postupak polimerizacije, što je naročito važno pri velikim serijama.

### E-korozija

SMD ljepila je potrebno testirati na elektrolitičku koroziju prema DIN 53489. Ljepila kod kojih je test pozitivan prouzročit će štetu na uređajima u koje su ugrađeni sklopovi, jer će naročito u vlažnim uvjetima okoline doći do elektrolitičke korozije između komponenata i podloge.

Osnovna svojstva za dva različita tipa SMD ljepila prikazana su u tablici 2.

SMD ljepilo Svojstvo	1	2
Baza ljepila	metakrilatester	epoksid
Režim polimerizacije	toplina i UV	toplina
80°C	-	30 min
120°C	3...5 min	5...7 min
150°C	1...2 min	2 min
UV (100mW/cm <sup>2</sup> )	10 sek	-
Dielektrična konstanta		
1000 Hz	3,63	3,65
10 kHz	3,51	3,61
Faktor gubitaka		
1000 Hz	0,01	< 0,01
10 kHz	0,02	< 0,01
Specifični volumni otpor Ω cm	5.10 <sup>14</sup>	3.10 <sup>15</sup>
Specifični površinski otpor Ω cm	3.10 <sup>14</sup>	4.10 <sup>15</sup>

Tablica 2: Svojstva SMD ljepila

### OPREMA

U cijelom procesu površinske montaže elemenata važno je postići veliku brzinu, veliku preciznost i veliku gustoću elemenata.

Ovi zahtjevi se postavljaju na proizvodnu opremu za svaku fazu tehnološkog procesa, pa tako i na opremu za doziranje i otvrdnjavanje ljepila.

### Uređaji za doziranje ljepila

Suvremeni uređaji za doziranje ljepila su potpuno automatizirani, kompjuterski upravljani.

Svi parametri doziranja se programiraju, ovisno o svojstvima ljepila. Pozicioniranje kapljice se također programira.

Glava dozirnog uređaja ima tri različite dozirne dize za ispušt ljepila, tako da je doziranje optimalno i uvijek prilagođeno dimenzijama elemenata. Uređaj može dozirati ljepilo na štampane pločice svih dimenzija od onih 15 x 0,8 do SOP, a najsloženiji uređaji koncipirani su tako da simultano doziraju ljepilo na dvije pločice.

Na dozirnoj glavi uređaja moguće je podešavanje i stalno održavanje temperature u vrlo uskim granicama, tako da su podešene dimenzije kapljica (količine ljepila) i viskozitet konstantni. Rezervoar s ljepilom se može brzo i jednostavno zamijeniti, tako da je zagaraniran kontinuirani rad i visoka produktivnost.

Standardne karakteristike takvog uređaja su slijedeće:

1. smjerovi nanošenja -85° ≈ +90°  
(36 smjerova, 5" razmak)
2. takt nanošenja približno 0,28 sek
3. dimenzije pločica maks. 330 x 220 min. 50 x 50
4. mogućnost programiranja 8 programa  
8 smjerova
5. snaga priključaka 100 V  
1,5 kVA
6. priključak zraka 5 kg/cm<sup>2</sup>  
80 NI/min

### Uređaj za otvrdnjavanje ljepila

Otvrdnjavanje ljepila provodi se u uređaju u kojem se ujedno vrši i pretaljanje. Uređaj je također kompjuterski upravljani. Najsloženiji uređaji su opremljeni ultraljubičastim (UV) i infracrvenim (IR) izvorima svjetlosti, te vrućim zrakom. Kombinacijom UV zračenja za brzu polimerizaciju i IR zračenje za brzo zagrijavanje pločica, proces otvrdnjavanja se odvija vrlo brzo i to jednostrano i dvostrano. Proces se odvija kontinuirano, jednim prolazom transportera kroz uređaj.

Uređaji su podijeljeni u tri zone:

1. zona predgrijavanja u kojoj su s gornje i donje strane transportera IR grijači
2. zona predgrijavanja u kojoj su s gornje strane IR grijači u kombinaciji s vrućim zrakom
3. zona za pretaljanje s IR grijačima i vrućim zrakom

Na samom početku linije prije ulaza u 1. zonu je UV lampa. Kombinacijom UV i IR zračenja ljepilo brzo i kvalitetno otvrdnjava već u 1. zoni uređaja.

Tehničke karakteristike:

1. dimenzije pločica	maks. 508 x 250 min 50 x 50
2. brzina transportera standardna	0,5...2 m/min 0,8 m/min
3. predgrijavanje UV lampe	3,2 kW
1. zona IR gore	3,3 kW
IR dolje	3,3 kW
2. zona IR gore	3 kW
grijač zraka	5 kW
4. pretaljivanje	
3. zona IR gore	3,3 kW
IR dolje	3,3 kW
grijač zraka	5 kW

U praksi se primjenjuju i drugi tehnološki postupci nanošenja ljepila - nanošenje šiljkom ili sitotiskom, ali u velikoserijskoj proizvodnji se proces nanošenja pomoću visokoprogramiranih disperzionih uređaja pokazao kao najpouzdaniji i najekonomičniji. Postoji cijeli niz proizvođača ovih uređaja ("Dynapert", "Excellon", "Fuji", "Panasonic" i dr.) koji surađuju s proizvođačima SMD ljepila i oni testiraju tipove ljepila na svojim uređajima.

## ZAKLJUČAK

Jugoslovenska elektronička industrija zaostaje s primjenom tehnologije površinske montaže za industrijski razvijenim zemljama u kojim je TPM na zavidnom tehnološkom nivou.

Nadam se da je ovaj informativni članak skroman doprinos poticaju razvoja ove tehnologije.

## LITERATURA

1. J. Shields: Adhesives Handbook, Butterworths, London 1985
2. A. H. Landrock: Adhesives Technology Handbook, Noyes Publications 1985
3. E. W. Flick: Adhesive and Sealant Compound Formulations, Noyes Publications 1984
4. M. Turina: Površinska montaža elektroničkih elemenata, Elektrotehničko društvo, Zagreb 1988
5. O. Mardešić: Istraživanje mogućnosti primjene tehnologije lijepljenja u elektrotehničkim proizvodima, "Rade Končar" - ETI, Zagreb 1987
6. Prospekti i tehničke informacije proizvođača ("Loctite", "Peters", "Panasonic", "Toshiba", "Fuji" i dr.)

*Olga Mardešić, dipl. inž.  
SP "RADE KONČAR" - RO Elektrotehnički institut  
Zavod za izolacijske sisteme, nemetale i AKZ  
Baštijanova bb, 41001 Zagreb*

*Prispelo: 17. 5. 1990 Sprejeto: 3. 9. 1990*