

# MOČ PLAZME

► Inès A. Melamies

🔗 Značilnost plazemske tehnologije je nevtralna plazma pri atmosferskem tlaku. (Vir: Plasmatreat)

Vse od mobilnih telefonskih aparatov do zvitkov aluminijaste pločevine, od sestavnih delov za avtomobile do sestavnih delov za medicinske naprave, od zloženok do sončnih panelov – seznam izdelkov je videti neskončen. Vsestranskost uporabe inovativne, okolju prijazne tehnologije priprave površin s plazmo v sklopu proizvodnih procesov ‘in-line’ in v normalnih atmosferskih razmerah skoraj nima meja.

**N**AJPOMEMBNEJŠI USMERITVI ZA PRIHODNOSTI sta ohranjanje virov in energetska učinkovitost. Nove tehnologije prinašajo velike prednosti le takrat, ko njihova uporaba omogoča učinkovito, okolju prijazno proizvodnjo in zmanjšanje stroškov.

Za močne in trajne adhezivne spoje materialov ter za trajen oprijem barv na lakiranih ali potiskanih izdelkih je bistvenega pomena dobra priprava plastičnih, kovinskih, steklenih ali keramičnih površin izdelkov. Ker imajo npr. plastike pogosto nepolarno površino in so zelo slabo omočljive, je treba površine takih materialov aktivirati, še preden se nanje nanesejo lepila ali barve, ki so pogosto na vodni osnovi. V ta namen je na voljo več različnih procesov, med katerimi je najverjetneje najbolj razširjena uporaba kemičnih sredstev za vezavo, t. i. prajmerjev

(angl. primer), ki vsebujejo agresivna organska topila. Obstajajo pa tudi načini aktiviranja površin, ki ne obremenjujejo narave. Priprava površin s plazmo, proizvedeno v atmosferskih razmerah, je zelo učinkovita visoko tehnološka metoda priprave površin brez organskih topil. Ključna tehnologija priprave površin, ki je razširjena v skoraj vseh vejah industrije po vsem svetu, temelji na nevtralni plazmi, proizvedeni v atmosferskih razmerah, tj. pri atmosferskem tlaku.

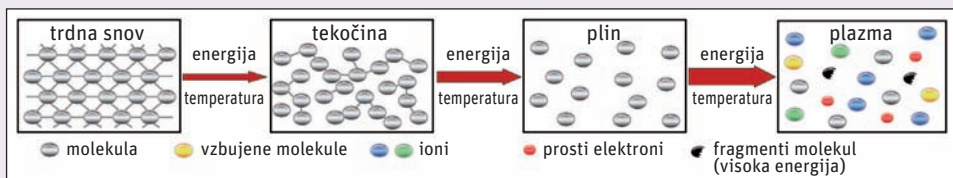
Do pred 20 leti plazme v industriji v normalnih atmosferskih razmerah zaradi njene nestabilnosti ni bilo mogoče uporabljati. V tem času sta bila na voljo postopek priprave površin s korono (električni oblok) in s plazmo v vakuumu (nizkotlačna plazma). Metoda priprave površin s plazmo v vakuumu je sicer učinkovita,

## Kaj je plazma

⤿ Plazma – 'četrto agregatno stanje'  
(Vir: Plasmatreteat)

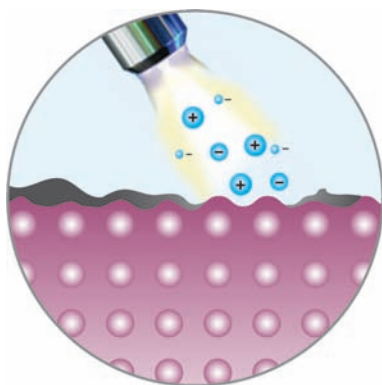
Plazemska tehnologija, pri kateri se ustvarja tehnična plazma (ŽIT 2012/1, str. 38), temelji na naravnem pojavu razelektritev v atmosferi. Fizikalni princip ustvarjanja plazme pa je preprost. Agregatno stanje snovi se spremeni z dodajanjem energije: trdna snov postane tekočina in ta se pretvo-

ri v plin. Če plinu dodamo energijo, le-ta ionizira; elektroni dobijo večjo kinetično energijo in zapustijo svoje orbite. Nastanejo prosti elektroni, ioni in fragmenti molekul; plin se pretvori v plazmo kot naslednje agregatno stanje, znano tudi kot 'četrto agregatno stanje'.



kovita, zahteva pa vakuumsko komoro, ki s svojo prostornino omejuje število in velikost izdelkov, ki jih je mogoče obdelati v enem koraku. Zato je treba proizvodne procese pri tej tehnologiji vedno znova prekiniti in sestavljanje izdelkov po pripravi površine se odvija ločeno. Nove možnosti uporabe plazme so se odprle, ko je nemško podjetje Plasmatreteat GmbH iz Steinhagna leta 1995 razvilo in patentiralo postopek ustvarjanja plazme v atmosferskih razmerah, t. i. Openair plasma process. Z izumom posebnih šob za

plazmo mu je uspelo snov tega agregatnega stanja vključiti v obsežne, popolnoma avtomatizirane zvezne proizvodne procese v atmosferskih razmerah. Ta patentiran način ustvarjanja plazme v atmosferskih razmerah spremeni lastnosti površine izdelkov, saj nanje učinkuje na tri načine: s selektivno oksidacijo površine aktivira, jih razelektri in z njih odstrani fine nečistoče do te mere, da ni potrebno čiščenje s kemikalijami ali mehansko čiščenje. Odstranjevanje prahu ali sredstev za ločevanje izdelkov iz orodij s površin polimernih materialov je s tem plazemskim postopkom v primerjavi s konvencionalnimi metodami znatno racionalnejše. Navadno je dvig temperature izdelka med obdelavo po tem postopku  $\Delta T < 30$  °C. S plazmo se lahko očistijo tudi kovine do zelo visoke stopnje. Organske nečistoče, kot so masti ali olja, s površin izparijo, se razgradijo in delno oksidirajo v ogljikov dioksid in vodo.



⤿ Čiščenje s plazmo poteka tako, da ioni in prosti elektroni v plazemskem pramenu razgradijo nečistoče. Organske nečistoče se oksidirajo in se v glavnem pretvorijo v vodo in ogljikov dioksid. (Vir: Plasmatreteat)

Proces je prijazen do okolja. Za napajanje šob, iz katerih izhaja pra-

men plazme, sta potrebna le visoka napetost in zrak. Posebnost tehnologije je, da je nastali pramen plazme električno nevtralen, kar znatno razširi polje mogočih aplikacij in poenostavi uporabo. Jakost pramena te plazme je tako velika, da se lahko doseže hitrost več 100 m/min. Ob sistemih z eno šobo so za pripravo

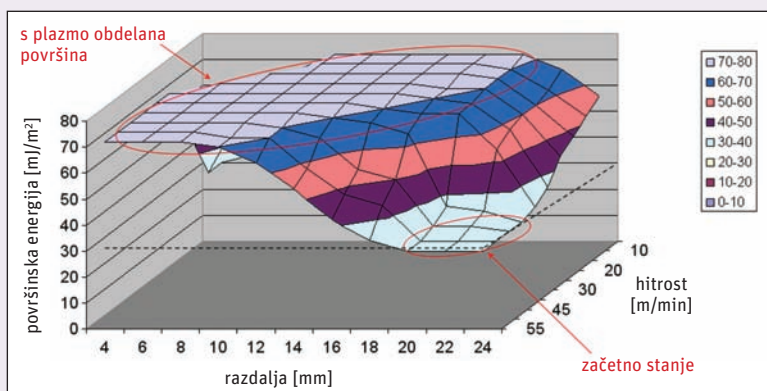
relativno večjih površin na voljo seti več rotirajočih šob. Te se vrtijo okoli svoje osi z veliko hitrostjo. Število šob v enem sistemu je odvisno od aplikacije. Z enim prehodom se lahko obdelava površina v širini do 3000 mm. Sistem šob se lahko umesti v novo ali v obstoječo proizvodno linijo.

## Povečanje energije na površino

Energija na površino trdne snovi ( $\text{mJ}/\text{m}^2$ ) ali površinska napetost pri kapljevinah ( $\text{mN}/\text{m}$ ) sta ključna pojma pri obravnavi visokokakovostnih procesov priprave površin. Površinska energija je velikost energije na površino snovi, ki je potrebna za razbitje kemijskih vezi pri tvorbi novih površin materialov. Je najpomembnejše merilo za oceno jakosti adhezije na adhezivnih plasteh ali prekritjih površin. Splošno velja, da imajo plastike površinsko energijo  $38\text{--}40 \text{ mJ}/\text{m}^2$ , izkušnje pa kažejo, da je za dobro adhezijo potrebna površinska

energija nad  $38\text{--}42 \text{ mJ}/\text{m}^2$ . Pri plazemski obdelavi površin materialov se lahko površinska energija poveča zaradi oblikovanja polarnih skupin, kot so hidroksilne funkcionalne skupine. Ta proces se imenuje *aktivacija*. Površina materiala postane znatno bolj omočljiva za nekatera lepila ali adhezivne snovi, mogoča pa je tudi tvorba zelo stabilne kovalentne atomske vezi. Zanesljiva adhezija nanosov je odvisna od površinske energije trdnega materiala, ki mora biti večja od površinske napetosti tekočih adhezivov ali barve.

➔ Na grafu je prikazano stanje površine plastike, obdelane s plazmo, glede na oddaljenost šobe od površine in relativno hitrost. Po obdelavi s plazmo postane površina plastike polarna in njena površinska energija naraste na  $>72 \text{ mJ}/\text{m}^2$ . (Vir: Plasmatreat)



Temperatura površine plastičnih materialov se med plazemsko obdelavo dvigne za manj kot  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Pri Plasmatreatu so dokazali, da je mogoče doseči površinsko energijo nad  $72 \text{ mJ}/\text{m}^2$  pri obdelavi s plazmo pri atmosfer-

skem tlaku. To pomeni, da ni mogoče samo spajanje materialov, ki veljajo za nezdružljive, ampak celo spajanje adhezivov na vodni osnovi tudi na tako neugodnih površinah, kot so nepolarne smole.

▶ **MOŽNOSTI UPORABE**

▶ *Lakiranje plastike*

Kakovostni standardi za ohišja mobilnih telefonov so zelo visoki. Lakirana površina mobilnega telefona mora biti po videzu povsem brez napak in na celotni površini ne sme biti niti ene same pike nečistoče. Celo zelo droben prašni delec se na površini lakiranega ohišja vidi kot majhna izboklina, kar je za večino kupcev nesprejemljivo. Glavni vzrok za prisotnost prašnih delcev na ohišjih je statična elektrika. Znani proizvajalci mobilnih telefonov s Kitajske, iz Južne Koreje in s Finske so se na to že zelo zgodaj odzvali. Plasmatreat je pri številnih podjetjih uspešno namestil naprave za zelo učinkovito čiščenje ohišij mobilnih telefonov s plazmo. Več rotirajočih šob, iz katerih izhaja plazma, je že umeščenih v proizvodne linije in površine ohišij tik pred lakiranjem zelo učinkovito očistijo. Tako so glavni proizvajalci ohišij mobilnih telefonov delež slabih izdelkov zmanjšali z 12 % na manj kot 5 %.

⦿ **Obdelava površin s plazmo pri atmosferskem tlaku zagotavlja brezhibno lakiranje plastičnih površin.**  
(Vir: Plasmatreat)



▶ *Tiskana vezja*

Novotechnik OHG iz Nemčije je vodilni proizvajalec visokokakovostnih potenciometričnih pozicijskih transduktorjev in rotacijskih senzorjev (merilnikov kota zasuka). Ti izdelki se uporabljajo v glavnem v avtomobilski industriji in procesni strojegradnji. Novotech že od konca leta 2000 v svoji proizvodni liniji uporablja plazmo pri atmosferskem tlaku in v brezprašnem okolju za aktivacijo plošč tiskanih vezij pred prekrivanjem. Na tiskana vezja se v tehniki sitotiska nanaša elektroprevodna barva. Aktivacija s plazmo zagotavlja dober oprijem uporovne paste na osnovni material tiskanega vezja, pa tudi dober oprijem zaščitnega laka po vsej površini tiskanega vezja. Od kar je ta proizvajalec v proizvodnjo vpeljal Plasmatreatovo tehnologijo, med več kot 50 milijoni proizvedenih izdelkov še ni bilo primera slabega oprijema laka.



⦿ **Ventil z loputo z vgrajenim aktuatorjem in senzorjem; s plazmo pri atmosferskem tlaku se izvaja mikrofino čiščenje tiskanih vezij v notranjosti izdelka.**  
(Vir: Novotechnik)



### ► *Tesnila EPDM*

Tesnila lahko v vozilih najdemo na številnih mestih: v predelu motorja, pri vratih, oknih, akumulatorju, v prtljažniku in še marsikje. V podjetju Hutchinson z uporabo 12 Plasmatreatovih enot aktivirajo površine okoli 100 tipov EPDM različnih oblik. Povečanje površinske energije tesnil EPDM je nujno potrebno za lakiranje z vodnimi laki ali za flokiranje. Aktivacija s plazmo je povsem nadomestila predhodni tehnologiji oslojevanja z aktivatorji površin in brušenja. Izmet se je zmanjšal na minimum, zaradi opustitve uporabe topil pa je bila prvič mogoča stalna zaščita okolja. Oboje je mogoče kljub stalnem povečevanju obsega proizvodnje. S tako plazmo se vsako leto aktivira okoli 20 milijonov metrov tesnilnih materialov.



⦿ Povečanje površinske energije pri obdelavi profilov EPDM je nujno potrebno za prekrivanje z laki na vodni osnovi ali za flokiranje tesnil. (Vir: Plasmatreat)

### ► *Plazemsko prekrivanje aluminija*

Do nedavnega je bil proces plazemske polimerizacije izvedljiv le v vakuumu. Plasmatreat je v tesnem sodelovanju z inštitutom Fraunhofer IFAM prvi na svetu razvil in patentiral novo tehnologijo, imenovano PlasmaPlus, ki je namenjena za nanometrsko prekrivanje površin materialov pri atmosferskem tlaku. Pri tej metodi se organosilikonska zmes s plazmo pri atmosferskem tlaku nanese na površine v zelo tanki plasti. Zmes dobi v plazmi zelo veliko energije, se fragmentira in se zaradi tega nanese na obdelovano površino kot zelo tanka, prosojna plast. Pri podjetju TRW Automotive, ki je v svetu vodilno v razvoju varnostnih sistemov za avtomobilsko industrijo, uporabljajo proces PlasmaPlus od leta 2007. Tanke plasti nanodebelin nanašajo na aluminijaste ulitke ohišij črpalk za motorje in s tem preprečijo nastanek korozije aluminija. Te enote so bistven sestavni del servovolanskih sistemov

⦿ Plazemska polimerizacija zagotavlja največjo mogočo stopnjo zaščite aluminija pred korozijo. (Vir: Plasmatreat)



⇒ Da bi dosegli izjemno močno adhezijo in nepredušne spoje, stranice prikolic Schmitz Cargobull pred lepljenjem obdelajo s plazmo pri atmosferskem tlaku. (Vir: Schmitz Cargobull)



številnih vozil in morajo biti zato zelo zanesljive. Plazemska polimerizacija zagotavlja največjo mogočo stopnje zaščite pred vdorom vlage.

#### ▶ Adhezivno spajanje

Schmitz Cargobull AG, vodilni evropski proizvajalec kamionskih prikolic, že od leta 2003 s plazmo pri atmosferskem tlaku izvaja lepljenje stičnih robov vseh stranic pri več kot 15.000 izdelanih hladilnih polprikolicah na leto. Hladilne polprikolice so samostojne, sestavljene iz modularnih elementov in povsem brez kovic. Stene in strop polprikolic so iz elementov, sestavljenih iz plinotesne plošče, dveh plasti jekla, prekritega s plastično maso, in z jedrom iz trdega poliuretana visoke gostote. Polprikolice so samostojne zato, ker so plošče na osnovno strukturo iz aluminijastih profilov zalepljene.

Površine spojev se pred lepljenjem obdelajo s plazmo pri atmosferskem tlaku, kar zagotavlja izjemno močne in nepredušne spoje.

Jeklene plošče stranic polprikolic so v glavnem prekrte z duroplasti, ki jih aktivacija s plazmo naredi primerne za lepljenje.

#### ▶ POVZETEK

Navedeni zgledi uporabe jasno kažejo vsestranskost uporabe plazme. Plazemski sistemi so združljivi z roboti in jih je mogoče brez omejitev vgraditi v proizvodne linije. Poglavitna prednost atmosferskih plazemskih sistemov je v zanesljivosti njihovega učinkovanja in v tem, da zagotavljajo visoko kakovost proizvodnih procesov. Vključitev v proizvodne postopke je nezahtevna, učinkovitost pa je v primerjavi s tradicionalnimi metodami veliko večja. Oboje gre skladno z izjemnim ujemanjem z varovanjem narave.

#### SPLETNI NASLOVI

- ▶ <http://www.plasmatreat.de/>
- ▶ <http://www.plasma.org/>
- ▶ [http://www.bmbf.de/pub/plasma\\_technology.pdf](http://www.bmbf.de/pub/plasma_technology.pdf)