

Plazemska kemija omogoča gospodarnejšo, ekološko sprejemljivejšo in kvalitetnejšo pripravo nekaterih kemijskih snovi. Plazma v splošnem pospeši, pogosto pa sploh omogoči nekatere kemijske reakcije. Tako lahko neravnotežno plazmo uporabimo za aktiviranje kemijskih reaktanov pri nanašanju tankih plasti s kemijsko depozicijo iz parne faze. Na ta način lahko pripravimo tanke plasti refraktornih materialov pri relativno nizkih temperaturah podlage (npr. TiN, TiC, Si₃N₄, BN). Tudi amorfni silicij, ki se uporablja pri izdelavi amorfnih silicijevih sončnih celic, pripravimo v plazmi. Nanos poteka iz plazme silana (SiH₄) in nekaterih drugih plinov, pri temperaturi 200 do 300 °C. Razelektrivni procesi, ki omogočijo rast silicija, so zelo kompleksni in še ne dovolj pojasnjeni. V praksi se široko uporabljajo tudi različni procesi plazemskega nitriranja, boriranja in karbiranja. Obdelovanec je navadno katoda pri razelektritvi v ustrezni mešanici plinov. Pri obstreljevanju obdelovanca (orodno jeklo, strojni deli) s ioni iz plazme nastanejo v površinskih plasteh različni nitridi oziroma karbidi ali boridi, ki znatno utrdijo površino. Proces poteka pri temperaturi obdelovanca 350 do 580 °C; segrevajo ga ioni iz plazme. Del energije ionov pa se porabi za potek kemijske reakcije.

f) Modifikacija površin z ionsko implantacijo /5/

Vpadli ioni se vgrajujejo v plast, hkrati pa na svoji poti izbijajo atome iz njihovih mrežnih mest. Tako pride do mešanja atomov v vseh smereh. Pri večjih dozah ionov se spremeni površinska sestava, struktura in kemijska vezavna stanja atomov na površini. Dobra stran kaskadnega mešanja atomov je možnost priprave zlitin in spreminjanja (površinskih) lastnosti materialov. Prenasičene trdne raztopine dobimo z atomskim mešanjem tudi v nekaterih primerih (npr. kombinacija zlato-kobalt), ko ne pričakujemo, da bi lahko prišlo do tvorbe zlitine glede na Hume-Rotheryjeva pravila /6/.

g) Plazma kot izvir svetlobe (npr. plinski laserji)

h) Površinske in globinske profilne analize /7/

Emisijski procesi, ki spremljajo obstreljevanje z ioni, so lahko osnova za površinsko analizo (npr. SIMS-sekundarna ionska masna spektroskopija), saj je vsak izbit delec nosilec informacije o sestavi in strukturi (površine) trdne snovi. Sestavo po globini merimo s površinskimi analiznimi metodami tako, da vrhno plast odstranjujemo z ionskim obstreljevanjem.

3. Zaključek

Plazemske tehnologije se uporabljajo v čedalje širšem obsegu. Danes so osnova mikroelektronike, integrirane optike, razvoja novih materialov in tehnologij površin. Po študiji ameriškega ministrstva za trgovino sodijo našeta področja tudi med ključne tehnologije, ki bodo dominirale v 21. stoletju (tabela 1). Razširjenost plazemskih tehnologij pri nas je na žalost daleč za ravnim svetom.

4. Literatura

- /1/ M.Venugopalan, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B23 (1987) 405-417
- /2/ Brian Chapman, Glow Discharge Processes, John Wiley & Sons, New York, (1980)
- /3/ P.Panjan, B.Navinšek in A.Žabkar, Zbornik X jugoslovskega vakuumskega kongresa, urednik T.Nenadović, stran 118, Beograd (1986)
- /4/ P.Panjan, A.Žabkar in B.Navinšek, Vakuunist št.16,(1988), stran 4
- /5/ O.Auciello and R.Kelly, Ion Bombardment Modification of Surfaces, Elsevier, Amsterdam, (1984)
- /6/ W.Hume-Rothery et al, Inst. of Metals, London (1969)
- /7/ O.Brümmer, J.Heydenreich, K.H.Krebs und H.G.Schneider (ed.), Festkörperanalyse mit Elektronen, Ionen und Röntgenstrahlen, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin (1980)

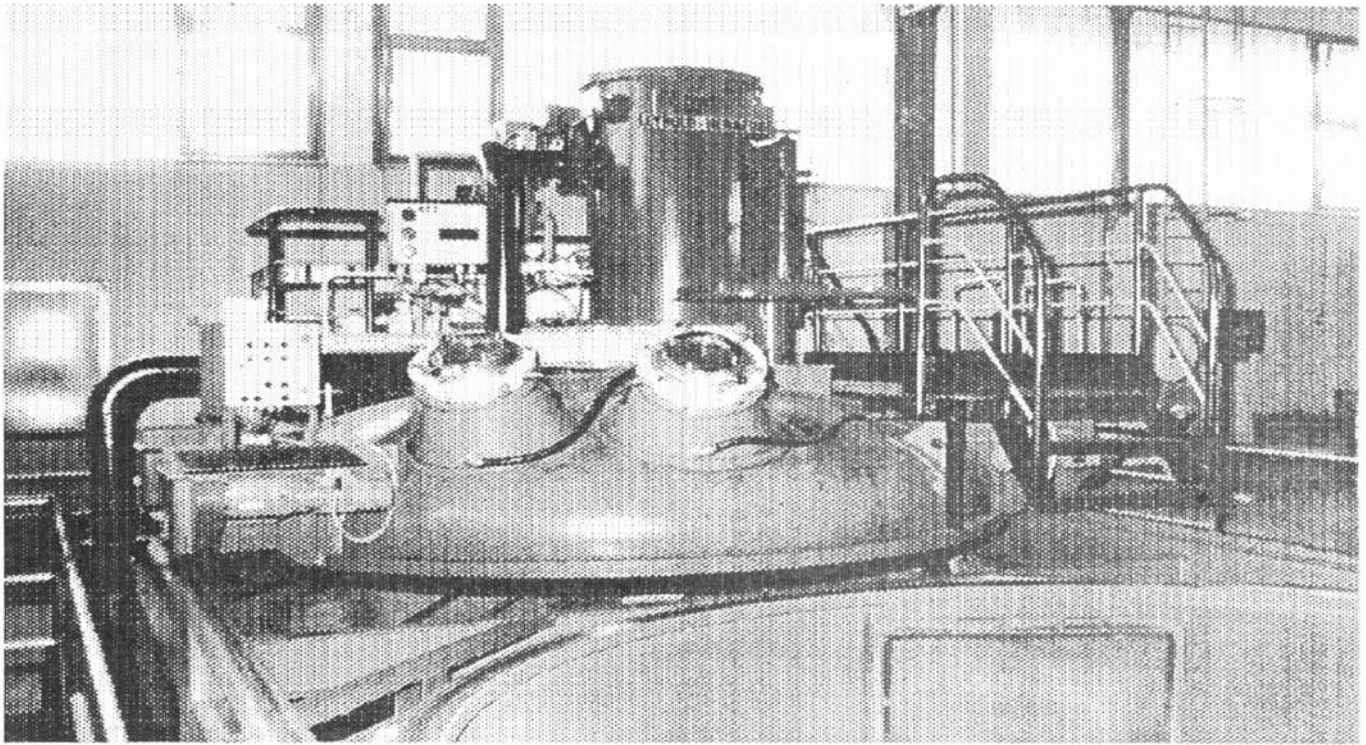
Peter Panjan, dipl.ing.
 Institut Jožef Stefan
 61000 Ljubljana, Jamova 39

TALJENJE IN LITJE ZLITIN NIZKOLEGIRANEGA BAKRA V ELEKTROINDUKCIJSKI VAKUUMSKI PEČI

Mariborska livarna se ukvarja z izdelavo in predelavo zlitin nizkolegiranega bakra že približno 25 let. Do nedavnega smo talili take zlitine v 500 kg lončni elektroindukcijski peči. Talina je bila pri taljenju in litju izpostavljena vplivu zunanjega okolja, kar se je močno odražalo na kvaliteti dobljenega materiala; ekonomski kazalci takšne proizvodnje so bili neugodni. Zlitine nizkolegiranega bakra so legirane s Cr, Zr, Be, Ni, Si, Mn, Ti, Te, Co, Cd, itd. Vsi ti elementi imajo visoko afiniteto do kisika in so se nam pri taljenju in litju v veliki meri oksidirali. Veliko oksidnih vključkov v ulitem materialu pa pomeni poslabšanje mehanskih in fizikalnih lastnosti zlitine in s tem zmanjšanje življenjske dobe materiala v

industrijski uporabi. Zaradi neposrednega vpliva okolja pri taljenju in litju je prišlo velikokrat tudi do naplinjenja taline; odliti material je bil porozen, celo toliko, da smo morali celotno šaržo zavreči in jo pretopiti kot cenen vložek. V splošnem je bila kvaliteta našega materiala precej pod nivojem identičnih uvoženih materialov, kar se je odražalo tudi na slabši prodaji.

Zaradi vedno večjega povpraševanja po specialnih zlitinah nizkolegiranega bakra z visoko zahtevnimi mehanskimi in fizikalnimi lastnostmi na eni strani in zaradi nekvalitetnega postopka na drugi strani, smo se odločili za nakup elektroindukcijske vakuumske peči tip ISG 150 V2 pri Leybold Heraeus iz ZRN. Osnovni princip



vakuumske tehnologije je, da taljenje in litje zlitin poteka v vakuumu - brez prisotnosti kisika. V našem primeru dosežemo vakuum 10^{-2} mbar. Vložek za taljenje je sestavljen iz elektrolitskega bakra, povratnega materiala in legiranih elementov. Legirni elementi so lahko pripravljene kot ustrezne predzlitine (naprimer za krom uporabljamo predzlitino CuCr, katera vsebuje do 10% Cr) ali pa v obliki čistih kovin (Si, Ni, Mn). Pomembno je, da je vložek čist, popolnoma suh in brez maščobnih delcev.

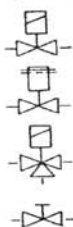
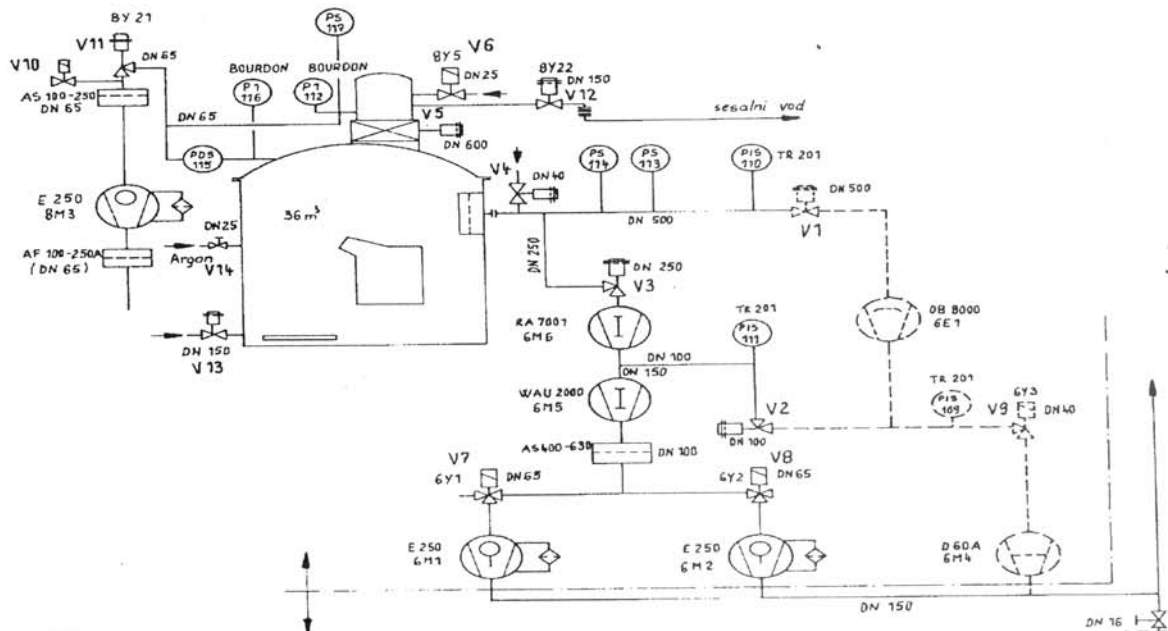
Glavni del vakuumske peči je talilna komora premera 3600 mm in višine 2100 mm; na vrhu ima pokrov, ki ga lahko mehansko premikamo. Nad pokrovom talilne komore se nahaja posebna šaržirna komora. Le-ta omogoča dodajanje materiala (ob polnitvi se namreč talino komoro založi samo 80%) in legiranih elementov, merjenje temperature in jemanje vzorcev za kemično analizo. Vse te operacije se izvršijo, ne da bi prekinili črpanje in tako celotni proces taljenja in litja poteka ves čas v vakuumu. V talilni komori je talilni agregat, katerega osnova je nagibna jeklena konstrukcija z električnim navitjem in elektrografitni lonec s kapaciteto do 1000 kg Cu zlitine.

V talilni komori se nahaja še vrtljiva livna miza, na kateri je pet kokil v katere se odlije talina. Med procesom taljenja se v peč po potrebi uvaja argon in to v primeru, da pride do močnejšega brizganja taline iz lonca. Argon se uporablja tudi med litjem, da dosežemo mirno litje taline v kokile. Po končanem litju se talilna komora ohlaja eno uro, nato se odpre ter dvigne iz nje kokile z odlitimi bloki. Po slačenju kokil dobimo bloke, katerim odrežemo peto in glavo (ta material se vrača ponovno v proces taljenja); preostanek pa razžagamo na manjše kose, ki jih kasneje oblikujemo s hidravlično stiskalnico. Dimenzije odlitega bloka so približno $\phi 196 \times 700$ mm, teža pa je okrog 180 kg. S toplim stiskanjem kosov iz nizkolegirane bakra dobimo palice okroglega, kvadratnega ali pravokotnega preseka. Sledi termična obdelava

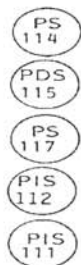
in na koncu hladna deformacija, ki nam da polproizvode željenih dimenzij ter odgovarjajočih mehanskih in fizikalnih lastnosti. Iz teh polproizvodov se kasneje izdelujejo različne oblike elektrodnega materiala za elektrouporovno varjenje (ravne in ukrivljene elektrode, držala, konice elektrod in koluti). Lahko rečemo, da se približno 80% našega nizkolegirane bakra uporablja kot elektrodni material pri elektrouporovnem varjenju v avtomobilski industriji, beli tehniki pri proizvodnji verig itd. Velik porabnik nizkolegirane bakra je tudi elektronska industrija, omemba vredna pa je tudi uporaba pri izdelavi batov za tlačno litje Al in Zn zlitin.

Elektro indukcijsko vakuumsko peč tip ISG 150 V2 sestavljajo naslednji glavni deli in naprave:

- * Vakuumska talilna in livna komora z notranjim premerom 3600 mm in višino 2100 mm.
- * Pokrov talilne komore s hidravliko za spuščanje in dvigovanje.
- * Dvigalna in prevozna naprava za pokrov.
- * Vrtljiva livna miza za kokile z električnim pogonom (1 obrat/min).
- * Elektro indukcijska talilna peč, ki se sestoji iz induktorja, dovodnih kablov za električni tok, dovodne plošče nagibnega ogrodja in hidravlične naprave, ki skrbi za nagibanje celotne peči (kot nagiba je 100° v smeri litja in 10° v nasprotno smer.)
- * Dve okni ($\phi 200$ mm) na plašču talilne komore za opazovanje procesa taljenja in litja v komori.
- * Naprava za šaržiranje vložka, merjenje temperature in za jemanje vzorcev za kemično analizo. Vakuumski črpalni sistem, ki je sestavljen iz rotacijske črpalke tip RA 700I s kapaciteto $7470 \text{ m}^3/\text{h}$, iz rotacijske črpalke WAU 2000 s kapaciteto $2050 \text{ m}^3/\text{h}$ in iz treh batnih črpalok tipa E 250 s



Elektromagnetni ventil
 Elektro pnevmatski ventil
 SECUVAC - Varnostni ventil
 Ročni ventil



Tlačno stikalo
 Diferenčno - tlačno stikalo PS-111-A
 Podtlačno varnostno stikalo
 Bourdon - vzmetni vakuummeter
 Merna mesta

kapaciteto posamezne črpalke 290 m³/h. Sistem sestavljajo še elektropnevmatski ventili, filtri, elektromagnetni ventili, oljni filtri in Thermovac merilni instrument z merilnim območjem od 1000 do 10⁻³ mbar. Pred prašnatimi delci so vakuumske črpalke zavarovane s kasetnim filtrom (vložek iz steklastih vlaken dimenzije 1000 x 1000 mm), ki zadrži delce do 0,5 mikrona. Batne črpalke so zavarovane še z dodatnimi filtri (Raschig).

- * Električne napajalne naprave. Statični frekvenčni pretvornik pretvarja električno energijo iz trofazne mreže v enofazni izmenični tok višje frekvence; sestavljen je iz trofaznega visoko napetostnega transformatorja, trofaznega usmernika, stabilizatorja električnega toka, izmenjevalca za kondenzatorske baterije in kontrolne enote
- * Vodnohladilni sistem. Paralelno z glavno oskrbo tehnološke hladilne vode 30 m³/h je predvidena še zasilna oskrba iz vodovoda z min. dotokom 8 m³/h in tlakom 3,5 bara.
- * Hidravlični sistem. Hidravlični agregat se sestoji iz 100 litrskega rezervoarja, v katerem je fosfat-ester (negorljiv hidravlični medij). Kapaciteta agregata je 20 l/min pri max. tlaku 100 barov.
- * Za obratovanje po naši tehnologiji potrebujemo še inertni plin, in sicer argon; imamo plinsko rampo z jeklenkami in 1000 litrskim rezervoarjem. Kokile in livno korito ogrevamo pred uporabo z zemeljskim plinom. Plini in prah iz talilne komore se odsesavajo in filtrirajo.

Tehnični podatki peči

Kapaciteta peči: teža posamezne šarže je cca 1000 kg zlitine nizkolegiranega bakra z gostoto: 8,9 kg/dm³.
 Mere naprave: dolžina cca 11m, širina 7 m, višina nad nivojem tal 3 m, globina jame 3,2 m, dolžina jame 8,5 m, širina jame 5,5, m

Električni priključni podatki
 Priključna moč brez oskrbe za taljenje cca 130 kVA
 Priključna moč za taljenje cca 505 kVA; 3 x 10 KV; 50 Hz
 Izhodna nominalna moč 375 KW pri 600 V in 50 Hz
 Jalova moč 2400 kVA

Talilna komora: notranji premer 3600 mm
 notranja višina 3600 mm
 volumen talilne komore 35 m³

Talilni lonec: je iz: elektrografita
 -notranji premer lonca: 450 mm
 -notranja višina lonca: 1060 mm
 -višina metalne kopeli: 700 mm
 -koristni volumen lonca: 110 l

Priprava vakuuma:

- a) talilna komora ima 4 črpalke: 2x E250 (290 m³/h), 1x WAU 2000 (2050 m³/h), 1x RA 7001 (7470 m³/h)

S temi črpalkami se doseže v talilni komori v času 60 minut vakuum 3 x 10⁻² mbara.

- b) šaržirna komora ima eno batno črpalke E 250 (290 m³/h) in v času 10 minut doseže vakuum 1 x 10⁻¹ mbara.

Podani črpalni časi so dosegljivi le pri čisti, suhi talilni komori brez kokil, z induktorjem, brez obzidave lonca in brez filtra.

Branko Potočki dipl.ing
 Mariborska livarna; Maribor