

# Eksperimentalna naprava za VF obdelavo kovin v vakuumu in zaščitni atmosferi

Andrej Pregelj in France Brecelj, Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 61111 Ljubljana

## 1. Uvod

Moderne tehnologije obdelave materialov vse pogosteje temeljijo na čistih postopkih. Naprave, v katerih potekajo procesi, morajo biti zgrajene iz materialov, ki so odporni proti koroziji in povišani temperaturi. Zah-teva, pred katero smo postavljeni, pa je tudi kako preprečiti oksidacijo in druge kemijske reakcije na površini obdelovanca. To še zlasti velja pri termični obdelavi kovin, kjer so reakcije na površini zelo burne. Težavam te vrste se v veliki meri izognemo, če jih pregrevamo v inertni atmosferi, ki ji po potrebi dodamo redukativni plin. Kadar pa želimo površino obdelovanca razpliniti in iz slepih rokavov izčrpati zrak, moramo postopek obdelave opraviti v vakuumu.

Med pomembnejše načine segrevanja kovin uvrščamo visokofrekvenčno (VF) tehniko. Odlikuje se z naslednjimi prednostmi:

- toploto generiramo samo v obdelovancu
- koncentracija energije v obdelovancu je velika
- naprava je fleksibilna
- možno je lokalno segrevanje
- avtomatizacija postopka je enostavna.

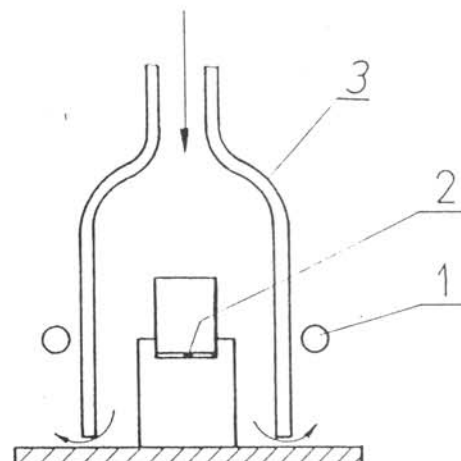
VF segrevanje na zraku najpogosteje uporabljamo za:

- lokalno kaljenje
- trdo spajkanje
- taljenje.

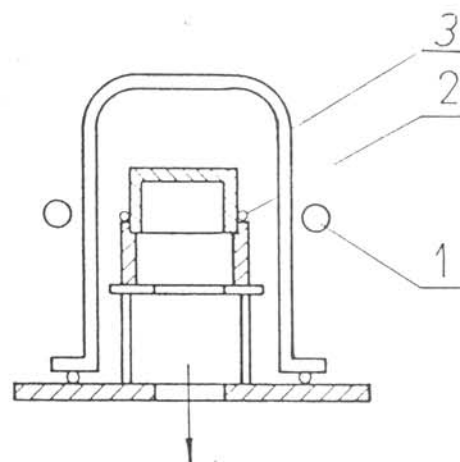
Če pregrevamo obdelovanec v zaščitni atmosferi ali v vakuumu, se področje uporabnosti VF segrevanja razširi na:

- trdo spajkanje brez talila
- razplinjevanje
- taljenje in izdelavo specialnih zlitin
- kaljenje
- izdelavo vakuumsko tesnih spojev kovina-kerami-ka, steklo-keramika in steklo-kovina
- izdelavo katod
- sintranje
- consko pretaljevanje in vlečenje kristalov
- difuzijsko varjenje
- nanos sekundarnega materiala.

Vrsto let smo na našem inštitutu uporabljali za nekatere od naštetih postopkov improvizirane naprave podobne tisti, ki jo prikazuje slika 1. Pred kratkim pa smo zgradili novo, ki jo podrobneje opisujemo v nadaljevanju.



a)



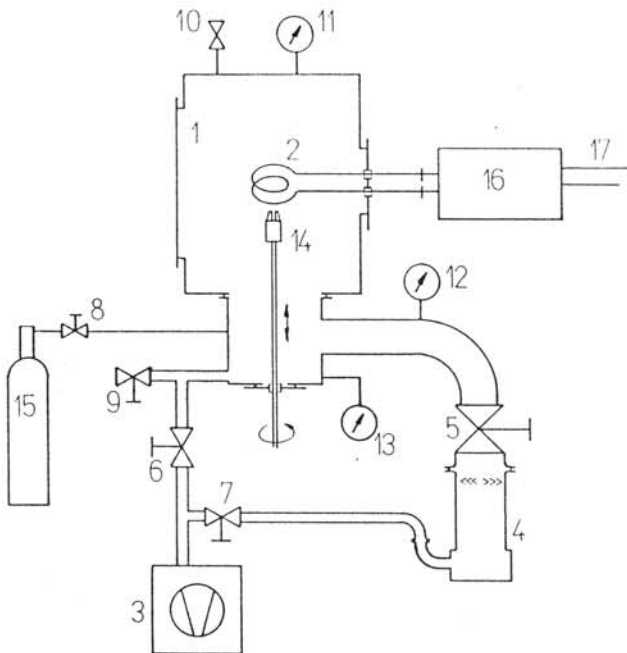
b)

Slika 1: Trdo spajkanje z VF generatorjem (1 - induktor, 2 - spajka, 3 - steklen zvon) v zaščitni atmosferi (a) in v vakuumu (b).

## 2. Opis naprave

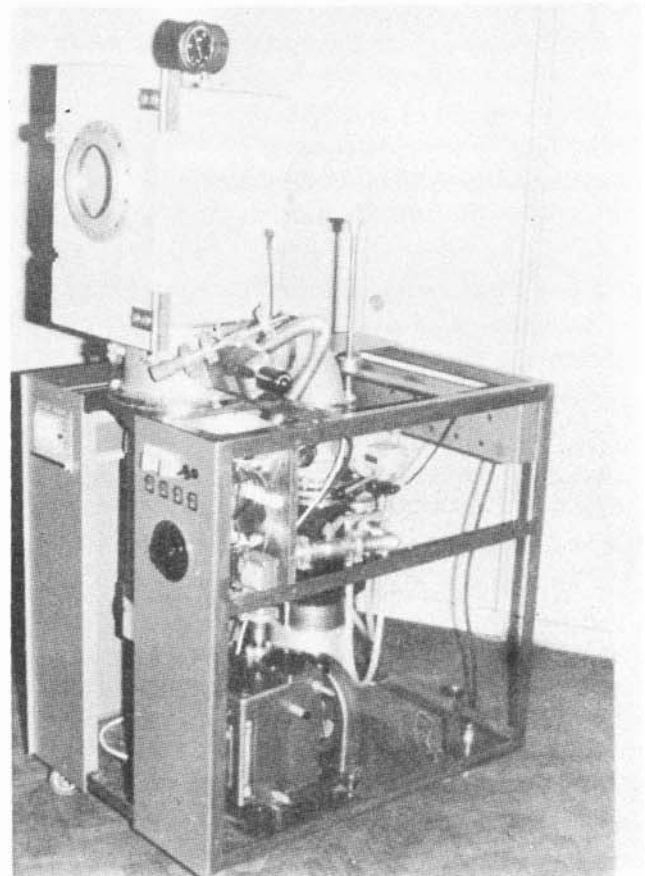
Naprava za VF obdelavo materialov v zaščitni atmosferi in v vakuumu (sliki 2 in 3) ima vgrajen visokovakuumski črpalni sistem. Le-ta je sestavljen iz dvostopenjske rotacijske črpalke (ED 300, Edwards), ki ima črpalno hitrost  $20\text{m}^3/\text{h}$  in oljne difuzijske črpalke (ODF 600, IEVT), ki ima črpalno hitrost 600 l/s. Visokovakuumski ventil in obtočni ("by pass") cevovod

rabi za obhodno črpanje po menjavanju obdelovanca. Sistem ima vgrajen manometer (za merjenje tlakov v območju od 0 do 1.5 bara) in vakuumski merilnik, ki meri tlake v območju od  $10^3$  do  $10^{-6}$  mbar. Vakuumska posoda zagotavlja priročno menjavanje obdelovanca in nastavljanje VF induktorja.



Slika 2: Shema naprave za VF obdelavo v inertni atmosferi in v vakuumu (1 - vakuumska posoda z vrati, 2 - VF induktor, 3 - rotacijska vakuumska črpalka, 4 - oljna difuzijska črpalka, 5 - visokovakuumski ventil  $\phi = 100$  mm, 6 - visokovakuumski obtočni ventil  $\phi = 32$  mm, 7 - ventil za difuzijsko črpalko, 8 - ventil za vpust plina, 9 - ventil za vpust zraka, 10 - varnostni ventil, 11 - merilnik tlaka (Bourdon), 12 - merilnik vakuuma (Pirani), 13 - merilnik vakuuma (Penning), 14 - prijemna čeljust za transport obdelovanca, 15 - jeklenka z zaščitnim plinom, 16 - VF adapter, 17 - priključek na VF generator.

Obdelovanec lahko premikamo z vrtljivo in po višini premično prijemno glavo. Vakuumska posoda je izdelana iz kvalitetnega odlitka zlitine AlZn10. Vrata posode, okno za opazovanje, skoziniki za induktor, nosilna os in različne priključne cevi so tesnjeni s tesnili iz perbunana. Obdelovanec dvigamo, spuščamo in rotiramo z motornim pogonom, hladimo pa ga s curkom inertnega plina, ki ga usmerimo nanj z nastavljivo cevko. Razen visokovakuumskega ventila so vsi drugi sestavni deli črpalnega sistema (spojni kosi in ventili) domače izdelave. Dimenzionirani so za velike črpalne hitrosti (premer odprtin je večji od  $\phi = 25$  mm). Pri plinski napeljavi so pretočni preseki med 6 in 10 mm. Pri preizkusih celotnega sistema je bil dosežen tlak  $3 \times 10^{-5}$  mbar.



Slika 3: Eksperimentalna naprava za VF obdelavo kovin v vakuumu in zaščitni atmosferi

V napravo smo vgradili aperiodičen 25 kW VF generator (proizvajalec: GENER iz Ljubljane), ki ima gibljiv priključek za induktor. Napravo lahko uporabljamo za segrevanje v inertni atmosferi in segrevanje v vakuumu.

### 3. Razvoj in uporaba naprav za VF segrevanje v atmosferi brez kisika

VF segrevalna tehnika se uporablja vse bolj pogosto na najrazličnejših področjih. V nadaljevanju bomo opisali nekatere pomembnejše izkušnje, ki smo si jih pridobili pri eksperimentalnem delu z VF obdelavo materialov.

- Kot zaščitni plin najpogosteje uporabljamo dušik in argon, ali rahlo reduktivno mešanico dušika in vodika oz. argona in vodika (od 3 do 8 % vodika v obeh primerih). Vodik reducira morebitne okside. Mešanica s prevelikim odstotkom vodika je eksplozivna. Ogljikov dioksid in vodik razogličujeta segreto jeklo, medtem ko ogljikov monoksid in višji ogljikovodiki ob primernih pogojih jeklo naogličijo.
- Pri VF segrevanju v vakuumu ne smemo pozabiti, da nastane v vakuumski posodi zaradi visoke frekvence generatorja v območju tlaka od 1 do  $10^{-3}$  mbar razelektritev (prižge se plazma). Temu pojavu

- se izognemo, če uporabimo za segrevanje frekvenco nižjo od 10 kHz, ali če tlak v vakuumski posodi spremenimo tako, da je zunaj navedenega območja.
- c) Pri zelo nizkih tlakih (pod  $10^{-3}$  mbar) in pri visokih temperaturah (tj. blizu tališča) prično kovine prekomerno odparevati. Pri dragih kovinah se temu izognemo tako, da jih talimo v grobem vakuumu ali v inertni atmosferi.
- d) Preden predmet, ki smo ga toplotno obdelovali, izpostavimo zraku, ga moramo ohladiti na temperaturo  $<150^{\circ}\text{C}$ . V proizvodnji skrajšamo čas ohlajanja tako, da vakuumsko posodo, ki jo hladimo z vodo, napolnimo s inertnim plinom, ali pa tako, da obdelovanec prestavimo v posebno komoro (napolnjeno z inertnim plinom), ki je ločena od glavne vakuumske posode s primernimi vrati.
- e) Kaljenje večjih obdelovancev zahteva intenzivnejše hlajenje, kar lahko realiziramo z nadtlačnim ventilatorjem, s posebnim hlajenjem zaščitnega plina, ali pa tako, da obdelovanec potopimo v olje, ki se nahaja v sosednji komori.
- f) Pri tehnološkem in konstrukcijskem iskanju primer- nih rešitev moramo v praksi upoštevati naslednje: dimenzije in obliko predmeta, vrsto tehnološke operacije (kaljenje, spajkanje, itd.), velikost serije, željeno stopnjo avtomatizacije, razpoložljivi čas obdelave, delovno frekvenco generatorja, primeren inertni plin in način transporta. Včasih je potrebno celo narediti konstrukcijske spremembe izdelka (seveda v mejah ohranitve funkcionalnosti), da bi se prilagodili zahtevam VF tehnologije in preprečili dostop kisika.
- g) V velikoserijski proizvodnji, kjer je pomemben faktor nizka cena izdelka, mora konstruktor zagotoviti čimbolj enostavno gibanje obdelovanca, da so mrtvi časi čim krajši. V napravo je smiselno vgraditi elektromagnetne ventile in urediti računalniško vodenje postopka.

- h) Predmete, kot so trakovi ali žice, lahko med obdelavo kontinuirano premikamo skozi vakuumsko posodo, seveda pod pogojem da poskrbimo za primerno tesnjenje. V velikoserijski proizvodnji, pri kateri grejemo predmete posamično, je postopek zahtevnejši, saj med drugim potrebujemo predkomore in VF generatorje z dvojnimi izhodom za izmenično delo.

#### 4. Zaključek

V prispevku smo predstavili eksperimentalno napravo za vakuumsko VF segrevanje materialov, ki jo uporabljamo v eksperimentalne namene in za pilotno proizvodnjo. Opisali smo naše dosedanje izkušnje na tem področju in našeli zahteve VF tehnike segrevanja materialov v vakuumu in inertni atmosferi, s katerimi se morajo seznaniti vsi, ki želijo uporabiti to tehniko obdelave materialov.

#### 5. Uporabljena literatura

- /1/ H. Bollinger, W. Teubner, Industrielle Vakuumtechnik, VEB Deutscher Verlag für Grundindustrie, Leipzig 1980,
- /2/ G. Benkowsky, Induktions Erwärmung, VEB Verlag Technik, Berlin 1990
- /3/ J. Kranjc, Avtomatizacija VF indukcijskega segrevanja, Nova proizvodnja, **24**, 1-3, 1978
- /4/ J. Gasperič, Uvajanje vakuuma in VF taljenja zlitin v dentalno protetiko, poročilo IEVT, 1980
- /5/ V. Leskovšek, Predstavitev enokomorne vakuum- ske peči Ipsen VTC 324-R s homogenim plinskim hlajenjem pod visokim tlakom, Vakuumist **14**, 1987



# biro m

ekonomske, tržne, organizacijske, poslovne, tehnološke  
in tehnične storitve, grafična dejavnost - d.o.o.  
LJUBLJANA Žibertova 1, tel. 310-671

#### Nudimo vam storitve z grafičnega področja:

- Vnos in stavek besedil ter priprava za tisk
- Tisk knjig, brošur, učbenikov, časopisov, glasil, plakatov, barvni tisk
- Vezavo publikacij

SKRATKA VSE OD ROKOPISA DO KONČNEGA IZDELKA PO IZREDNO KONKURENČNIH CENAH!