

Preizkusi anaerobnega lepila za izdelavo vakuumskih komponent

Testing of an Anaerobic Glue for Making Vacuum Tight Joints

Pregelj A¹, M. Drab, IEVT Ljubljana
J. Slokan, KEMIS Radomlje
A. Paulin, Tehnična fakulteta Maribor

Pri razvoju ohišja visokovakuumskega ventila iz Al-legure smo skušali vpeljati čim cenejšo tehnologijo izdelave; glavni zahtevi pri tem sta nam bili: zagotoviti dovoljšno trdnost za uporabo in doseči za vakuumske zahteve potrebno tesnost. Z ekonomskega gledišča sta standardni varianti varjenje in spajkanje razmeroma dragi in pričeli smo se ukvarjati z načrtovanjem lepljenih spojev. Prvi vzorci - elementi za interno uporabo (ventili, fittingi) - so se dobro obnesli. Da bi globlje spoznali vezivne materiale in kvaliteto spojev za vakuumske namene, smo z lepilom domačega proizvajalca izdelali večje število eksperimentalnih vakuumskih komponent ter jih preizkusili na trdnost in puščanje. Prispevek opisuje pripravo vzorcev in nekatere rezultate.

Ključne besede: tehnologija spajanja, lepila, razplinjanje, vakuumska tehnika

Developing a new type of high vacuum aluminium valve we were looking for a simple and reliable technology ensuring the firmness and vacuum tightness of various constituent parts. From the economical point of view it can be seen that besides welding and brazing also the use of adhesives becomes interesting for making vacuum elements. Our first experiments - samples for internal use (fittings and valves) - gave good results. Attempting to recognize better the properties of the sticking materials and the joining quality for vacuum purposes we made many experimental nondemountable joints with a glue paste of a Slovene producer. The contribution represents some typical construction solutions and the results of testing the samples made by described joining technology.

Key words: joining technology, adhesives, degassing, vacuum technique

1. Uvod

Z razvojem novih lepil postaja poleg vakuumskega trdega spajkanja in varjenja tudi lepljenje pomembna tehnologija spajanja v vakuumski tehniki. Pri tem postopku predmeta ni potrebno segreti, reakcije potekajo pri sobni temperaturi, glede na vrsto lepila ob prisotnosti kisika oz. zraka ali brez njega. Že nekaj desetletij so znane izvedbe lepljenih spojev pri električnih prevodnicah za tesnjenje stikov kovine s steklom oz. s keramiko (npr. Piranijev senzor). V naši praksi smo to tehniko pogosto uporabili pri izdelavi vakuumskih elementov, kot so npr. ventili, fittingi, manjše komore itd. Preprost lepljeni spoj dveh ravnih ploskev sicer nima večjih trdnostnih kvalitiet, toda s primernim oblikovanjem soležja je možno ustvariti tako zvezo, ki lahko zelo uspešno prenaša upogibne in strižne obremenitve. Poglavitni vzroki za uveljavitev lepljenja v sodobnih konstrukcijah so:

- možnost spajanja kovin in nekovin
- zmanjšanje stroškov izdelave
- možnost popraviljanja oblikovnih in površinskih defektov
- ugoden potek mehanskih napetosti v spoju
- ni oslabilve osnovnih materialov
- majhna masa konstrukcije.

Nova in boljša lepila počasi vendar neustavljivo odpravljajo dvome in površne ocene o kvaliteti tovrstne tehnologije spajanja; kljub napredku pa so nekateri pomisleki še vedno upravičeni in preverjanja še potrebna (toplotna občutljivost, vpliv atmosfere, kemikalij in staranja).

Zaradi konstrukcijskih in drugih ugodnosti postajajo lepljeni spoji zanimivi tudi v vakuumski tehniki pri gradnji sestavnih delov, ki niso podvrženi pregrevanju. Pri tem so najpomembnejši ocenjevalni parametri naslednji: trdnost, puščanje, permeacija in staranje. Za interne potrebe smo na inštitutu že večkrat izdelali nekatere komponente vakuumskih sistemov s tehnologijo lepljenja. Največkrat smo uporabljali lepilo tovarne Kemis, Radomlje in dosegli dobre rezultate. Ker moramo s stališča

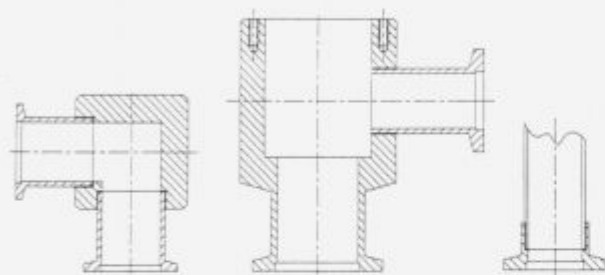
¹ mag. Andrej PREGELJ, dipl. inž. stroj.
Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko
Testova 30, 61000 Ljubljana

proizvajalca dobro poznati kvaliteto svojih izdelkov, smo v ta namen opravili nekatere preizkuse.

2. Priprava vzorcev za lepljenje

Površine spojnih mest za lepljenje (slika 1) smo vedno izdelali s finim struženjem; pomembna navodila, ki so nam omogočila realizirati kvalitetne spoje, so:

- širina reže 0,05 do 0,08 mm
- hrapavost površin pred lepljenjem: $Ra = 0,5 - 1 \mu m$
- lepilo enokomponentno anaerobno, na osnovi metakrilatov, ki se strjujejo v odsotnosti zraka, proizvajalec Kemis, Radomlje, oznaka "VS-653", sicer namenjeno za varovanje in pritrjevanje strojnih elementov, dopušča segrevanje do 100 oz. 120°C



Slika 1: Primeri zlepljenih vakuumskih elementov
Figure 1: Samples of stucked vacuum elements

- nanašanje lepila: s paličico ali čopičem
- material lepljencev: jeklo, aluminij, baker, keramika, steklo
- dolžina naseda: 30-60 % premera
- priprava površine: običajno razmaščevalno čiščenje (benzin, detergent, UZ, izpiranje, sušenje); pri steklu in keramiki je potrebno aktiviranje površine s kemikalijo proizvajalca lepila.

Za izvedbo poskusov smo si izdelali večje število vzorcev, t.j. vakuumskih povezavnih elementov velikosti KF25 iz nerjavnega jekla, aluminija in bakra ter vložke iz keramike in stekla. Po premazu je pomembno pazljivo vstavljanje notranjega kosa v izvrtino (s sukanjem naprej in nazaj) zato, da se v nastajajoči plasti lepila ne pojavijo prekinitev ali zračni mehurčki. Tako pripravljene kose pustimo na sobni temperaturi cca 24 ur.

3. Preizkusi in rezultati

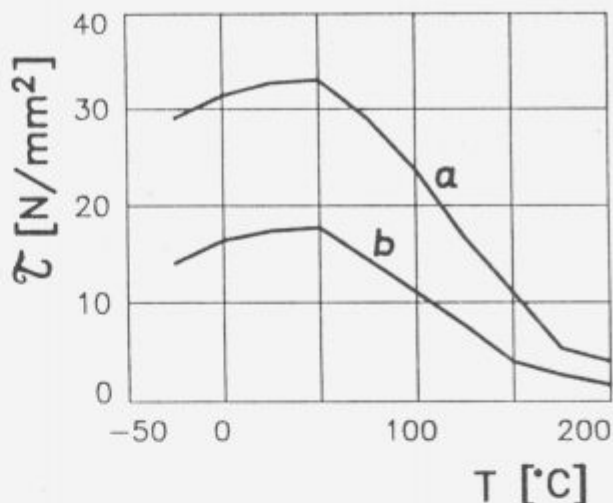
a) Trdnost

Za osnovni preizkus mehanskih trdnosti spojev smo izbrali meritev strižne trdnosti, ki je za praktično vzdržljivost spoja najpomembnejša. Kovinski valj, zalepljen v izvrtino učvrščenega zunanega dela, smo pri različnih temperaturah obremenjevali s torzijskimi momenti do porušitve. Iz izmerjenih velikosti ročic ter površine lepila smo izračunali porušne strižne napetosti. Rezultati merenj za vzorce iz jekla in aluminija so prikazani na sliki 2.

b) Tesnost

Na tesnost smo vzorce preizkušali z metodo naraščanja tlaka in s He leak-detektorjem.

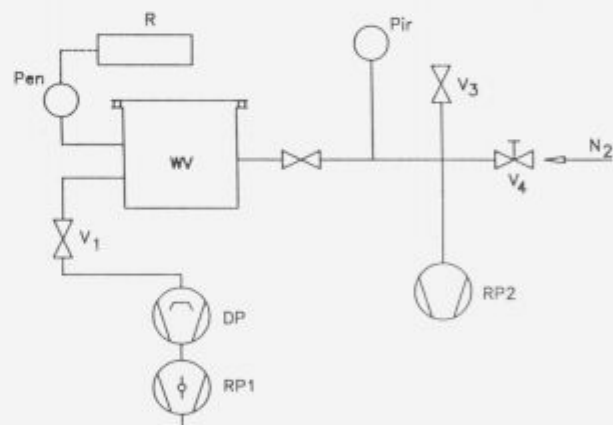
Testiranja so pokazala, da je puščanje v 92% primerov manjše od 10^{-6} mbar l/s, kar je bila zmogljivost uporabljenega instrumenta (LH, UL-200). Podatek je bil zanimiv tudi za izdelovalca lepila.



Slika 2: Strižna trdnost lepljenega spoja pri različnih temperaturah a) za lepljenje iz jekla, b) za lepljenje iz aluminija
Figure 2: Shear stresses of experimental adhesive films (a-for stainless steel, b-for aluminium) at different temperatures

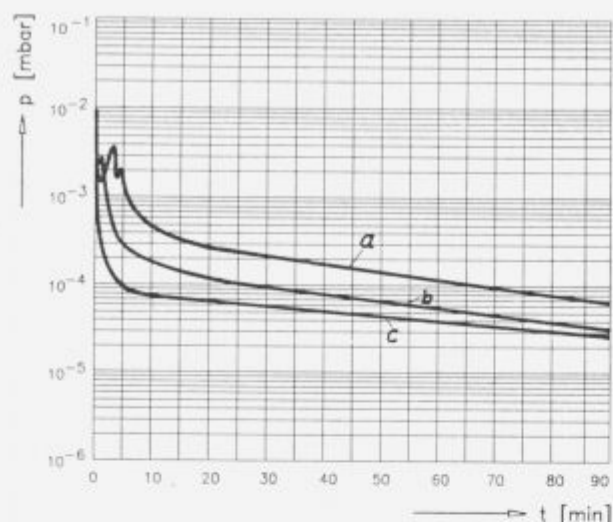
c) Razplinjevanje

Da bi dosegli lastnosti lepila v vakuumskih razmerah, smo izdelali mali eksperimentalni visokovakuumski sistem, ki ga shematsko prikazuje slika 3. Podatki o glavnih sestavnih elementih so:



Slika 3: Črpalni sistem za preizkus razplinjevanja zlepljenih vzorcev
WV - recipient iz nerjavnega jekla
DP - difuzijska črpalka
RP1 - rotacijska črpalka za DP
RP2 - rotacijska črpalka za evakuacijo WV po menjavi vzorca
V1-V4 - vakuumski ventili
Pen - Peningov merilnik
Pir - Piranijev merilnik
R - pisalnik

Figure 3: Pumping system for testing degasation of stucked samples
W - working vessel
DP - diffusion pump
RP1 - rotary pump for backing
RP2 - rotary pump for evacuation after changing the samples
V - vacuum valves (1-4)
Pen - Penning gauge
Pir - Pirani gauge
R - recorder



Slika 4: Časovni potek tlaka pri črpanju prazne posode (krivulja c) in iste posode, v kateri so vzorci s 120 cm² površine strjenega lepila (a-normalno lepljenje, b-spoj naknadno pregrevan pri temperaturi 100°C)

Figure 4: Pressure-time dependence at pumping the vessel filled with samples of 120 cm² hardened adhesive (a - cool procedure, b - thermally treated, c - empty vessel)

difuzijska črpalka IEVT DP100, 300 l/s, $p < 1 \cdot 10^{-6}$ mbar; rotacijska črpalka LH tip 030, 20 m³/h, $p < 0,01$ mbar; merilnik Pening IEVT PNG 10 in Pirani IEVT PRG 40. Recipient, osnovno ploščo in cevi smo izdelali iz nerjavnega jekla. Ventili so bili ročni visokovakuumski z mehomo in tesnilke vitonske. Sistem smo lokalno pregreli na 50±100°C. V delovni komori smo po 3 urah črpanja dosegli tlak $2 \cdot 10^{-5}$ mbar. Naš namen je bil ugotoviti razliko med črpanjem suhega praznega recipienta in črpanjem sistema tedaj, ko je v recipientu lepljen vzorec. Ker pri vlaganju

uporabnih vzorcev (vakuumskih elementov) ni bilo zaznati razlike, smo si to razložili s premajhno površino lepila izpostavljeno vakuumu. Zato smo pripravili posebne vzorce pločevine 4×10 cm, jih zleplili ploskovno in jih po posušitvi raztrgali po zlepljeni ploskvi. Te porušene vzorce s cca 120 cm² proste površine lepila, ki je sedaj bila najmanj 5000 krat večja od siceršnje špranje, smo vstavili v delovno komoro in ponovili poskuse. Testirali smo tudi enake vzorce, ki smo jih naknadno termično obdelali (pregrevanje spoja pol ure na zraku pri cca 100°C). Rezultati so prikazani z diagrami na **sliki 4**.

4. Sklep

Opravljeni poskusi potrjujejo smotnost uporabe lepljenja v vakuumski tehniki. Tovrstni spoji so primerni predvsem za srednji in grobi vakuum, pa tudi za dinamično črpanje VV sisteme. Manjši vakuumski elementi, izdelani po tej tehnologiji, ustrezajo zahtevam po trdnosti in tesnosti, niso pa primerni za pregrevanja nad 130°C. Če zlepljenec termično obdelamo (tempramo), se kvaliteta spoja izboljša tako trdnostno kot tudi glede razplinjavanja. Rezultati so zanimivi za dopolnitev karakteristik lepil in za optimizacijo postopkov lepljenja.

5. Literatura

- ¹ C. Cagle: Adhesive bonding, New York, McGraw Hill, 1968
- ² F. Sass, C. Bouche, A. Leitner: Dubbels Taschenbuch für den Maschinenbau - 1.Band, Springer Verlag, 1966
- ³ E. Kansky: Hermetologija stičnih ploskev in spojev, predavanja za podiplomski študij vakuumistike, Maribor, 1987
- ⁴ G. S. Monch: Neues und Bewährtes aus der Hoch Vakuumtechnik, VEB Berlin, 1961
- ⁵ J. Bertonec: Lepljenje kovin, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, 1973
- ⁶ B. Stariba: Karakterizacija elastomernih tesnil za uporabo v vakuumski tehniki, Zbornik referatov 11. jug. vak. kongresa v Gozd Martuljku, 1990, Bilten JUVAK 24