

Nový spôsob hermetického spájania ultratenkej kovovej fólie s vákuovou prírubou

HAVAR® je tepelne spracovateľná zliatina na báze kobaltu, ktorá má veľmi vysokú pevnosť, vynikajúcu odolnosť proti korózii a je nemagnetická. Aplikáčne použitie Havar-u zahŕňa tlakové membrány, silové pružiny, vymedzovacie vložky v magnetických hlavách, biokompatibilné lekárske implantáty a okná pre zväzky častíc v jadrovej fyzike. Niektoré aplikácie vyžadujú pevné spojenie, napríklad pomocou tavného zvarovania, s inými konštrukčnými prvkami (napr. vákuová príruha). Zvariteľnosť Havar-u je ovplyvnená možnou prítomnosťou krehkých štruktúrnych fáz, čo má za následok vznik trhlín. Najjednoduchším spôsobom je priame zvarovanie. Je však veľmi pravdepodobné, že výsledok bude znehodnotený chybami a trhlinami pozdĺž povrchu spoja. Pokiaľ je fólia extrémne tenká, zóna medzi povrchom spoja a príhlou fóliou bude obsahovať veľa náhodných trhlín a podobných diskontinuit. Tieto chyby by vylúčili daný výsledok pre aplikáciu v prostrediach vákuu.

Ďalšie spôsoby hermetického spájania ultratenkých kovových fólií a vákuovej príruby používané v súčasnosti sú spájkovanie, lepenie, prípadne spoje prítlakom pomocou vákuových tesniacich krúžkov a prítlačných svoriek. Ich nevýhody sú nasledovné:

- použitie epoxidových lepidiel pre podmienky ultra-vysokého vákuu (UHV): vo všeobecnosti, epoxidy, prípadne iné typy lepidiel, nie sú odporúčané pre UHV použitie z dôvodu veľkého množstva uvoľňovaného plynu pri UHV podmienkach, čo je pre UHV nepoužiteľné. Ďalšou nevýhodou je, že epoxidy sú náchylné na praskanie pri tepelnom zaťažení.
- spájkovanie: materiály sú navzájom spájané „prídavným materiálom - spájkou“, ktorá vyplní stykové plochy prostredníctvom kapilárnych síl. Mäkké spájky sú nevhodné pre UHV podmienky, kvôli obsahu prvkov ako Pb, Sn, Bi, Zn, ktoré majú vysokú úroveň tlaku nasýtených pár. Rovnako, problém nastáva pri vyhrievaní vákuových aparátúr, kde sa bežne dosahujú teploty vyššie ako sú teploty tavenia spájkovacích zliatin. Zvyšky spájkovacích tavív často zostávajú na spojoch a nepriaznivo ovplyvňujú dlho-



Zväčšený detail zvaru na povrchu krycieho krúžku
(1 - krycí krúžok, 2 - zvar, 3 - fólia HAVAR®)
Zdroj: Ing. Jaroslav Bruncko, PhD.

dobú stabilitu takto vyrobených vákuových dielov.

- spôsoby spájania, ktoré sú založené na prítlačnom princípe pomocou vákuových tesniacich krúžkov, prinášajú veľkú mieru rizika z hľadiska (mechanického) poškodenia fólie a náhodného narušenia vákuu.¹ Nevýhody vyššie uvedených metód rieši nový spôsob hermetického spájania ultratenkej kovovej fólie s vákuovou prírubou vyvinutý tímom pôvodcov z Fyzikálneho ústavu SAV a Medzinárodného laserového centra. Nové riešenie je založené na nepriamom laserovom zvaraní, kde sú ultra-tenké kovové fólie zvarované s vákuovou prírubou laserovým zväzkom nepriamo prostredníctvom krycieho krúžku, ktorý je podstatne hrubší ako ultra-tenká kovová fólia. Hrúbka krycieho krúžku musí byť dostatočná na poskytnutie potrebnej tuhosti a súčasne nesmie presiahnuť hĺbku prieniku laserového zväzku.

Vákuová príruha je vyrobená z bežnej austenitickej ocele a ultra-tenké kovové fólie sú vyrobené z kobaltovej zliatiny s hrúbkou rádovo v jednotkách mikrometrov.

Po použití laserového zvarovania na vákuovú prírubu a ultra-tenkú kovovú fóliu je vytvorený výsledný výrobok, ktorý predstavuje samostatný vákuový komponent. S výsledným výrobkom je jednoduchá manipulácia a môže byť ľahko odmontovaný, prípadne umiestnený späť počas údržby zariadenia, alebo inej podobnej operácie. Výsledný výrobok má spoľahlivé a reprodukovateľné spojenie častí, ktoré sú vyrobené z materiálov, ktoré sa líšia nielen svojimi rozmermi, ale aj zložením.

Hlavná výhoda laserového zvarovania spočíva v presnom ovládaní laserového zväzku. Navyše, laserové zvarovanie poskytuje ďalšie výhody v porovnaní s inými spôsobmi hermetického spájania ultra-tenkých kovových fólií na vákuovú prírubu:

- **pevnosť zvaru:** laserový zvar je úzky s výhodným pomerom hĺbky voči šírke a vyššou pevnosťou,
- **tepelné ovplyvnená zóna:** tepelne ovplyvnená zóna je obmedzená a vďaka rýchlemu ochladeniu nie je okolitý materiál vyžihávaný,
- **kovy:** pomocou lasera sa dajú úspešne zvarovať uhlíkové ocele, vysokopevné ocele, nehrdzavejúce ocele, titán, hliník, vzácne kovy ako aj rôzne kombinácie materiálov,
- **presnosť použitia:** malé rozmery a presná manipulácia so skoncentrovaným laserovým zväzkom umožňuje presné zvarovanie miniatúrnych výrobkov,
- **deformácie:** výrobky majú minimálne deformácie,
- **bezkontaktnosť:** nedochádza k žiadnemu kontaktu medzi materiálom a zdrojom lasera,
- **jedno-stranové zvarovanie:** laserové zvarovanie dokáže nahradiť bodové odporové zvarovanie, pričom mu stačí prístup ku zvaru z jednej strany,
- **odpad:** laserové zvarovanie je ľahko riaditeľné a produkuje minimálny odpad.

Súčiastky vyrobené spájaním ultra-tenkých kovových fólií s hrúbkou rádovo v jednotkách mikrometrov s masívnymi kovovými základňami môžu byť využívané vo výrobe jemných lekárskeho nástrojov a implantátov, pri výrobe elektronických komponentov so špeciálnymi magnetickými vlastnosťami, prvkov tlakových detektorov, terčov v jadrovej fyzike a v ďalších príbuzných oblastiach. Vákuový komponent, ktorý spája štandardnú vákuovú prírubu s ultra-tenkou kovovou fóliou z materiálu HAVAR, môže byť využitý aj ako okno deutériového plynového terča pre emisiu neutrónov v časticovom urýchľovači.

Na predstavený nový spôsob hermetického spájania ultratenkej kovovej fólie s vákuovou prírubou je podaná národná (SK) prihláška úžitkového vzoru číslo PUV 50033-2019. www.ktt.sav.sk

¹ Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky: Spôsob na hermetické spájanie ultratenkej kovovej fólie s vákuovou prírubou a výrobok. Prihlasovateľ: Fyzikálny ústav SAV, Medzinárodné laserové centrum. Pôvodcovia: Prajapati Pareshkumar Manharbhai, Venhart Martin, Bruncko Jaroslav. Slovenská republika. Prihláška úžitkového vzoru PUV 50033-2019. 07.01.2020.