

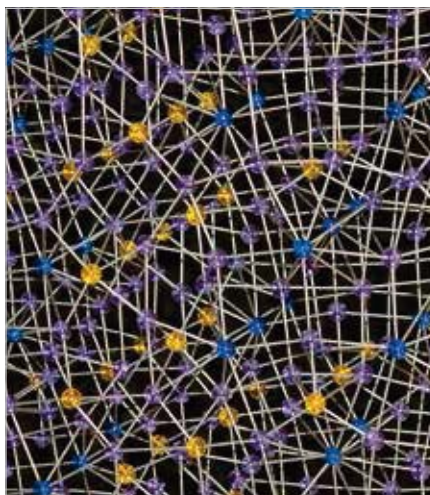
# Nový spôsob kontrolovaného legovania intermetalických zliatin $\gamma$ -TiAl uhlíkom

Intermetalické zliatiny na báze  $\gamma$ -TiAl patria k veľmi perspektívnym materiálom pre výrobu súčiastok pracujúcich v extrémnych podmienkach, predovšetkým v energetickom, automobilovom a leteckom priemysle, a to najmä z dôvodu ich nízkej hustoty, vysokej odolnosti voči tečeniu a dobrej koróznej odolnosti. Najväčším problémom pre širšie využitie týchto zliatin v praxi je problematická výroba súčiastok, ich vysoká cena a nízka pevnosť pri teplotách vyšších ako 800 °C. Presné odlievanie predstavuje nákladovo najefektívnejšiu metódu výroby súčiastok zo zliatin  $\gamma$ -TiAl. Na tavenie a odlievanie zliatin  $\gamma$ -TiAl sa spravidla používajú vákuové indukčné pece buď s keramickým téglikom, alebo so studeným téglikom chladeným vodou (ISM - Induction Skull Melting).

## Nevýhody súčasných riešení

V prípade ISM procesu ide o veľmi nákladnú technológiu, najmä z dôvodu vysokej obstarávacej ceny taviacej pece a jej neekonomickú prevádzku, nakoľko podstatná časť energie potrebnej na tavenie je prevedená na odpadové teplo do chladiacej vody. Navyše, chladné steny studených téglikov sú tepelne neefektívne a zabraňujú dosiahnuť požadovanú teplotu prehriatia taveniny, ktorá je potrebná na dokonalé vyplnenie zložitých foriem. Vplyvom nízkeho prehriatia taveniny sa zvyšuje zmätkovitosť odliatkov v priebehu ich výroby, čo výrazne prispieva k zvyšovaniu ceny súčiastok zo zliatin  $\gamma$ -TiAl.

Počas tavenia a odlievania v téglikoch (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>, CaO) dochádza k zvýšeniu obsahu kyslíka v zliatinách, ktorý má nepriaznivý vplyv na mechanické vlastnosti. Z hľadiska termodynamической stability sa ako najvhodnejšia oxidická keramika javí Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Táto keramika je však drahá, zvyšuje celkové náklady na výrobu odliatkov a navyše nie je úplne rezistentná voči taveninám  $\gamma$ -TiAl. Relatívne lacné grafitové tégliky nie sú odporúčané na tavenie zliatin  $\gamma$ -TiAl z dôvodu vysokej kontaminácie zliatiny uhlíkom a tvorby veľkých primárnych karbidických častíc, ktoré spôsobujú výrazný pokles hodnôt mechanických vlastností.



Na zvýšenie vysokoteplotnej pevnosti zliatin  $\gamma$ -TiAl sa v súčasnosti používa legovanie uhlíkom, ktoré vedie k tvorbe jemných karbidických precipitátov. Uhlík sa do zliatin pridáva v priebehu ich metalurgickej prípravy. Tavenie týchto zliatin sa potom realizuje buď metódou ISM alebo indukčným tavením v keramických téglikoch, po ktorom nasleduje spravidla odlievanie do keramických alebo trvalých foriem.

## Nové riešenie z SAV a VŠB-TUO

Timu pôvodcov z Ústavu materiálov a mechaniky strojov SAV (Ing. Juraj Lapin, DrSc.) a Vysoké školy báňské - Technická univerzita Ostrava (Ing. Tomáš Čegan, PhD., doc. Ing. Ivo Szurman, PhD. a prof. Ing. Miroslav Kursa, CSc.) sa podarilo vyššie uvedené nedostatky do značnej miery odstrániť novým spôsobom kontrolovaného legovania intermetalických zliatin na báze  $\gamma$ -TiAl uhlíkom v priebehu vákuového indukčného tavenia v grafitových téglikoch.

Z teoretického hľadiska je predmetné riešenie založené na termochemickej reakcii, ktorá prebieha medzi taveninou  $\gamma$ -TiAl a grafitovým téglikom v priebehu indukčného tavenia. Z praktického hľadiska je dané riešenie založené na vypracovaní technologického postupu a definovaní parametrov tohto postupu, ktoré ovplyvňujú termochemickú reakciu medzi taveninou a grafitovým téglikom.

Nový spôsob kontrolovaného legovania intermetalických zliatin  $\gamma$ -TiAl uhlíkom spočíva v tom, že daná zliatina sa tavi v tégliku z izostaticky lisovaného grafitu (s definovanou hustotou, otvorenou pórovitosťou a strednou zrnitosťou grafitových zŕn), pričom tavenie zliatiny sa uskutočňuje vo vákuovej indukčnej peci pomocou stredno-frekvenčného indukčného ohrevu so stredno-frekvenčným induktorom (s definovaným výkonom a frekvenciou) v ochrannej atmosfére argónu pri definovanom podtlaku vo vákuovej komore indukčnej pece.

## Výhody nového riešenia

Predstavené inovatívne riešenie sa vyznačuje predovšetkým nasledujúcimi konkurenčnými výhodami:

- nižšia výrobná cena produktu z dôvodu použitia grafitových téglikov, ktoré majú rádovo nižšiu obstarávaciu cenu ako Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tégliky,
- nižšia obstarávacía cena taviacej pece v porovnaní s ISM,
- vyššia teplota prehriatia taveniny umožňujúca lepšiu zabiehavosť pri odlievaní zložitých tenkostenných odliatkov,
- nízka kontaminácia kyslíkom počas tavenia v porovnaní s keramickými téglikmi,
- kontrolovateľné a reprodukovateľné legovanie uhlíkom počas tavenia a odlievania.

## Hľadá sa partner

Využitie technologického postupu indukčného tavenia kombinovaného s odstredivým odlievaním je možné vo výrobe presných odliatkov, napr. obežných kolies turbínových lopatiek alebo výfukových ventilov pre spaľovacie motory.

Na predstavený spôsob kontrolovaného legovania intermetalických zliatin  $\gamma$ -TiAl uhlíkom sú podané národná (SK) patentová prihláška PP 50031-2018 a medzinárodná prihláška PCT/SK2019/000002.

Pôvodcovia hľadajú priemyselných partnerov pre licencovanie danej technológie.

KTT SAV a Ing. Juraj Lapin, DrSc.

www.ktt.sav.sk ●