



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0508

Vývoj PM súčiastok na báze Fe s vyššou únavovou pevnosťou.

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Martin Nosko, PhD.**

Príjemca **Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, v. v. i.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV Bratislava, Materiálovotechnologická fakulta STU Trnava a Miba Sinter Slovakia s.r.o.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Graz University of Technology, Institute of Materials Science pôsobil na 6 mesačnej stáži Ing. Prateek Prakash Srivastava pri vývoji simulačného modelu za odbornej pomoci Assoc.Prof. Dr.techn. M. C. Poletti

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

V rámci riešenia projektu neboli udelené patenty ani podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1- Microstructure Evolution during Accelerated Cooling Followed by Coiling of an Nb-Ti/HSLA Steel,

Journal of Materials Engineering and Performance, 2 Marec 2021, M. Rezayat, M.S. Mohebbi, M.H.

Parsa, L. Orovcik, and M Nosko, 7 strán

2- SRIVASTAVA, Prateek Prakash** - BERONSKÁ, Naďa - OROVČÍK, Ľubomír - NOSKO, Martin. Effect of sintering process on the microstructure and microhardness of the powder. In Book of Abstracts : 13th International Conference Structural Materials 2021, p. 19. ISBN 978-80-974076-0-5. Dostupné na internete: https://www.snmt.sk/_files/200000306-ddaa6ddaa8/Book%20of%20Abstracts%20_%20SM%202021.pdf?ph=68e6354492

3- SRIVASTAVA, Prateek Prakash - NOSKO, Martin - OROVČÍK, Ľubomír - DVORÁK, Tomáš - NAGY, Štefan. Development of the Fe based PM components with increased fatigue strength. In 2. strategický seminár na podporu spolupráce medzi akadémiou-univerzitami-priemyslom [elektronický zdroj]. - Bratislava, Slovensko : Spoločnosť pre nové materiály a technológie (SNMT), 2019, p. 23-24. ISBN 978-80-570-1324-2. Dostupné na internete: https://snmt.sk/_files/200000130-9ed6f9ed73/Zborn%C3%ADk%20pr%C3%ADspevkov%20_%202.%20strategick%C3%BD%20semin%C3%A1r%202019%20_%20final.pdf.

Uplatnenie výsledkov projektu

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Finálny výber komerčne dostupnej práškovej zmesi $\text{Fe}_{1,8\%}\text{Cr}_{2\%}\text{Ni}_{0,5\%}\text{C}$ bol realizovaný na základe priemyselnej aplikovateľnosti vzhľadom k výrobnému postupu v Miba Sinter Slovakia s.r.o. Použitím tejto zmesi bolo možné splniť hlavný cieľ projektu, zameraný na zvýšenie hustoty a únavovej pevnosti Fe komponentov vyrábaných PM metódou o 20- 30%. Okrem vyšších lisovacích tlakov od 600 do 900MPa sa na zvýšenie hustoty použili rôzne spekacie atmosféry čistého dusíka N_2 a vodíka H_2 alebo ich kombináciou s rôznym podielom N_2 + (5% H_2 a 10% H_2) kvôli vyredukovaniu oxidov a vytvoreniu pevných medzičasticových spojov. Zvolené teploty spekania boli 1120°C, 1250°C a 1350°C s časom výdrže 30min a rýchlosťou ohrevu 2°C/min, s následným pomalým chladením 5°C/min, čím sa získala mäkká perlitická štruktúra vhodná na prehustenie počas prehustenia /kalibrácie. Najvyššie hustoty od 7,30g/cm³ do 7,33g/cm³ sa dosahovali pri použití lisovacieho tlaku 900MPa a teploty spekania 1350°C, pri použití všetkých atmosfér. Pri najvyššej teplote spekania 1350°C boli sledované najsférickejšie póry, ktoré vznikali postupným spájaním malých pórov v dôsledku vyredukovania oxidických bariér a spečenia práškových častíc. V dôsledku nízkej pórovitosti u najhutnejších vzoriek po spekaní dochádzalo k ich najnižšiemu prehusteniu. K najväčšiemu prehustovaniu dochádzalo práve u vzoriek kompakovaných pri lisovacích tlakoch 600MPa a teplote spekania 1120°C zo 7,01 g/cm³ na 7,12 g/cm³. Únavovú pevnosť bolo možné zvýšiť prostredníctvom spekacích parametrov až o 88% z 230N/mm² na 435N/mm². Najväčšie zvýšenie pevnosti sa dosiahlo vďaka predifundovaniu Ni do $\text{Fe}_{1,8}\text{Cr}$ práškových častíc a znížením pórovitosti vplyvom teploty spekania vzhľadom k tomu, že hustota v drieku testovacieho telieska bola len na úrovni 7,05 g/cm³ po spekaní pri teplote 1350°C v 95% N_2 + 5% H_2 atmosfére.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The final selection of the commercially available $\text{Fe}_{1,8\%}\text{Cr}_{2\%}\text{Ni}_{0,5\%}\text{C}$ powder mixture has been realized on the base of industrial applicability related to the production process at Miba Sinter Slovakia s.r.o. Due to the mentioned mixture it was possible to reach the main goal of the project, aimed at increasing the density and fatigue strength of Fe components produced by the PM method by 20-30%. In addition to higher pressing pressures, from 600 to 900MPa, different sintering atmospheres of pure nitrogen N_2 and hydrogen H_2 or their combination with different proportions of N_2 + (5% H_2 and 10% H_2) were used to increase the density in order to reduce oxides and create solid interparticle bonds. The selected sintering temperatures 1120°C, 1250°C and 1350°C were kept 30 minutes and a heating rate of 2°C/min, followed by a slow cooling of 5°C/min, resulting in a soft pearlitic structure suitable for densification during densification / calibration. The highest densities from 7.30 g/cm³ to 7.33g/cm³ were achieved using a pressure of 900 MPa and a sintering temperature of 1350°C, using all atmospheres. At the highest sintering temperature of 1350°C, the most spherical pores were observed, which were formed by the gradual joining of small pores due to the reduction of oxide barriers and the sintering of powder particles. Due to the low porosity, the densest samples had the lowest densification after sintering. The greatest densification occurred in the samples compacted at pressure of 600MPa and sintering temperature of 1120°C from 7.01 g/cm³ to 7.12 g/cm³. The fatigue strength could be increased through sintering parameters by up to 88% from 230 MPa to 435 MPa. The highest strength has been achieved due to the diffusion of Ni into $\text{Fe}_{1,8}\text{Cr}$ powder particles and the reduction of porosity due to the sintering temperature, considering that the density in the middle of the test body was only at the level of 7.05 g/cm³ after sintering at a temperature of 1350°C in 95% N_2 + 5% H_2 atmosphere.