

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0359****Využitie inovatívnych technológií obnovy funkčných plôch foriem na výrobu odliatkov pre automobilový priemysel**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Janette Brezinová, PhD.**Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Strojnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra technológií, materiálov a počítačovej podpory výroby, Letná 1/9, 042 00 Košice-Sever
Ústav materiálového výskumu SAV; Watsonova 47, 043 53 Košice

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Ústav strojírenské technologie
Jugoslávských partyzánů 1580/3
160 00 Praha 6 - Dejvice
Česká republika

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

Džupon Miroslav, Petryshynets Ivan, Falat Ladislav, Brezinová Janette: Číslo patentovej prihlášky 140-2020,
Názov - Spôsob úpravy povrchu tvarových dielov foriem a jadier pre liatie zliatin hliníka, Medzinárodné patentové triedenie C22C 38/00, Prihlasovateľ: Ústav materiálového výskumu SAV; Watsonova 47, 043 53 Košice; SK

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

1. Brezinová, J. et al.: Application of Cold Metal Transfer Welding for High Pressure Die Casting Mold Restoration. In: METALS (databázovaný v Current Contents Connect - Q1), Volume: 9, Issue: 11, DOI: 10.3390/met9111232, Published: NOV 2019
2. Konovalenko, I.; Maruschak, P.; Brezinova, J.; Vinas, J.; Brezina, J.: Steel Surface Defect Classification Using Deep Residual Neural Network. In: METALS (databázovaný v Current Contents Connect - Q1), Volume: 10, Issue: 6, DOI: 10.3390/met10060846, Published: JUN 2020
3. Brezinova, J.; Vinas, J.; Brezina, J.; Guzanova, A.; Maruschak, P.: Possibilities for Renovation of Functional Surfaces of Backup Rolls Used during Steel Making. In: METALS (databázovaný v Current Contents Connect - Q1), Volume: 10, Issue: 2, DOI: 10.3390/met10020164, Published: FEB 2020
4. Brezinová, J. et al.: Selected Properties of Hardfacing Layers Created by PTA Technology. In: Metals (databázovaný v Current Contents Connect - Q1) 2021, 11(1), 134; <https://doi.org/10.3390/met11010134> - v tlači
5. BREZINOVÁ, J. - VIŇÁŠ, J. - MARUSCHAK, P. - GUZANOVÁ, A. - DRAGANOVSKÁ, D.

- VRABEL, M.: Sustainable renovation within metallurgical production. - 1. vyd - Lüdenscheid : RAM - Verlag - 2017. - 215 p.. - ISBN 978-3-942303-58-3 - Vedecká monografia.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky riešenia projektu a aplikačné odporúčania je možné využiť pre zlievarne pri výrobe odliatkov liatych pod tlakom určených hlavne automobilový priemysel. Navrhnuté renovačné vrstvy a úprava povrchu s využitím laserového žiarenia pri súčasnej depozícii PVD povlakov zvýšia technologickú životnosť tvarových dielov foriem (vložíek) a jadier. Technologická životnosť je limitovaná hlavne kvalitatívnymi požiadavkami kladenými na odliatky liate pod vysokým tlakom. Pri vysokých nárokoch na kvalitu povrchu odliatkov liatych pod vysokým tlakom a tvarovo zložitých odliatkoch je ekonomicky výhodne renovovať tvarové diely formy (vločky). Dlhšia životnosť jadier znižuje technologické prestroje spojené s výmenou opotrebených jadier.

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

Pre renováciu tvarových dielov foriem pre liatie zliatin hliníka pod vysokým tlakom boli použité konvenčné aj nekonvenčné metódy navárania - technológia MAG CMT (Cold Metal Transfer), technológia TIG (Tungsten Inert Gas), technológia PTA (Plasma Transferred Arc), technológia laserového navárania a technológia MIG (metal inert gas). Bola realizovaná FEM analýza napäťovo-deformačného stavu tvarových dielov foriem a predikcia kritických oblastí opotrebenia. Bola realizovaná komplexná materiálová analýza a tribologické skúšky návarov v podmienkach suchého klzného trenia. Pre simuláciu reálnych záťažových podmienok boli návary podrobené ponorovej skúške v tavenine hliníkovej zliatiny AlSi8Cu3 pri teplote $680 \pm 20^\circ\text{C}$. Boli realizované korózne testy návarov v 1M roztoku NaCl. Bolo stanovené opotrebenie rezných doštičiek pri obrábaní návarových vrstiev. Na základe experimentálnych výsledkov najvyššiu kvalitu dosahovali návary vyhotovené pomocou laserového lúča s prídavným materiálom Dievar. Z hľadiska technológie liatia pod vysokým tlakom bolo plnenie formy a vyberanie odliatkov z formy po 6000 cykloch analogické ako u nových tvarových časti formy. Renovované a povlakované tvarové diely boli ponechané v ďalších prevádzkových skúškach. Bol vypracovaný inovatívny spôsob úpravy povrchu tvarových dielov foriem a jadier, ktorý spočíval v lokálnom intenzívnom ohreve povrchu laserovým žiarením v intervale teplôt prekryštalizácie bez natavenia materiálu s dokončovacím brúsením na požadovanú geometriu tvarovej plochy s depozíciou duplexných PVD povlakov chemicky stabilných pri teplotách liatia zliatin hliníka. Na skupinu jadier boli aplikované postupy lokálneho intenzívneho ohrevu povrchu laserovým žiarením s finálnym duplexným PVD povlakovaním povlakmi nACRo4 a AlCrN3. Kontrolná skupina tvarovo a rozmerovo identických jadier bola PVD povlakovaná duplexnými povlakmi nACRo4 a AlCrN3. Obe skupiny jadier boli po montáži do foriem testované v reálnych prevádzkových podmienkach liata zliatin hliníka pod vysokým tlakom. Jadrá s upraveným povrchom sú v prevádzkových skúškach a spĺňajú požadované kritéria kvality povrchu komerčných odliatkov. Aplikáciou inovatívnych renovačných technológií bola zabezpečená vyššia životnosť jadier pri súčasnom znížení technologických prestojov spojených s výmenou opotrebených jadier. Riešením projektu boli získané pôvodné výsledky a aplikačné odporúčania pre zlievarne pri výrobe odliatkov liatych pod tlakom určených hlavne pre automobilový priemysel.

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

Conventional and unconventional welding methods were used for the renovation of mold parts for die casting of aluminum alloys under high pressure - MAG CMT (Cold Metal Transfer) technology, TIG (Tungsten Inert Gas) technology, PTA (Plasma Transferred Arc) technology, laser welding technology and MIG (metal inert gas). FEM analysis of the stress-strain state of molded parts and prediction of critical wear areas was performed. Complex material analysis and tribological tests of welds in dry sliding friction conditions were performed. To simulate real load conditions, the welds were subjected to an immersion test in a melt of aluminum alloy AlSi8Cu3 at a temperature of $680 \pm 20^\circ\text{C}$. Corrosion tests of

welds in 1M NaCl solution were performed. The wear of the cutting inserts during the machining of the welding layers was determined. Based on the experimental results, the highest quality was achieved by welds made using a laser beam with Dievar additive material. From the point of view of high-pressure die casting technology, filling the mold and removing the castings from the mold after 6000 cycles was analogous to the new mold parts. The refurbished and coated shaped parts were left for further operational tests. An innovative method of surface treatment of shaped parts of molds and cores was developed, which consisted of local intensive heating of the surface by laser radiation in the recrystallization temperature range without melting the material with finishing grinding to the required geometry of the shaped surface with deposition of duplex PVD coatings chemically stable at aluminum alloy casting temperatures. Procedures of local intensive surface heating by laser radiation with final duplex PVD coatings of nACrO_4 and AlCrN_3 were applied to the group of cores. A control group of shape and size identical cores was PVD coated with duplex coatings of nACrO_4 and AlCrN_3 . Both groups of cores, after assembly into molds, were tested under real operating conditions of cast aluminum alloys under high pressure. Surface-treated cores are in operational tests and meet the required surface quality criteria of commercial castings. The application of innovative renovation technologies has ensured a longer service life of cores while reducing the technological downtime associated with the replacement of worn cores. The project brought original results and application recommendations for foundries in the production of die-castings intended mainly for the automotive industry.