

Zkušenosti našeho absolventa s novými laserovými technologiemi

21.10.2024 - | Fakulta strojní ČVUT v Praze

Jan Brajer se laserovými technologiemi se zabývá od roku 2010, kdy již jako student Fakulty strojní ČVUT v Praze pracoval na vývoji výrobních technologií ve Výzkumné centrum pro strojírenskou výrobní techniku a technologii (RCMT). Poté začal pracovat na Akademii věd a nedlouho po obhájení doktorátu se v roce 2018 stal v Centru HiLASE (<https://www.hilase.cz/>) vedoucím oddělení průmyslových aplikací laserů. Současně pracuje na Ústavu výrobních strojů a zařízení Fakulty strojní ČVUT v Praze a CIIRC ČVUT. Nyní se zabývá hlavně přenosem nových laserových technologií do průmyslu, vede tým odborníků a určuje směr budoucího výzkumu. Jedním z projektů, na kterém se podílel, bylo posouzení Vlivu pokročilých technologií PVD a LSP na životnost jádra licí formy bloku motoru.

Jedním z velmi limitujících mechanismů životnosti forem pro tlakové lití hliníku je ulpívání taveniny na povrchu. Vzájemná rozpustnost hliníku z taveniny a železa z materiálu forem je za zvýšených teplot velmi vysoká. Dochází k „navarování taveniny“ na povrchy formy a lokální změně geometrie. Změněná geometrie se negativně replikuje do tvaru odlitku. U jader a vložek navíc dochází při vyjímání ze ztuhnutého odlitku k velmi vysokému mechanickému namáhání. V extrémním případě může být jádro zcela poškozeno nebo uvízne v odlitku a poškodí formu.

PVD povlak navržený do těchto podmínek může působit jako velmi efektivní difúzní bariéra bránící ulpívání taveniny. Povlaky v některých případech ulpívání taveniny neeliminují, ale pouze potlačují. Dalším limitujícím mechanismem je kombinované cyklické tepelné a mechanické namáhání. Cyklus odlití odlitku je k formám docela neúprosný. Teplotní cyklus spočívá ve vstříknutí taveniny do temperované formy a následná prodleva do ztuhnutí odlitku pro jeho vyjmutí z formy. Teplota formy se pohybuje přibližně v intervalu 200 až 500 °C a je podle tvaru a designu chlazení lokálně velmi rozdílná. Jenom v rámci teplotních polí vznikají velké napěťové gradienty. Rovněž drastickým krokem je nutnost ostříků forem na začátku dalšího licího cyklu. Ruku v ruce s tím jde mechanické namáhání formy. Tavenina je do formy vstříknuta tlaky běžně dosahujícími stovek atmosfér a rychlostí desítek metrů za sekundu. Prostě „pecka“. I přes použití nejlepších speciálně vyvinutých ocelí pro práci za tepla dochází zmíněným namáháním ke generování trhlin. Následně selhává materiál formy. A tady povlak většinou situaci nezachrání. Může sice významně zlepšit frikční chování třecí dvojice odlitek – forma při vyjímání, ale...

Technologie LSP

Efektivním způsobem zlepšování únavového chování je technologie LSP (laser shock peening). Velmi sofistikovaná metoda generuje do materiálu tlaková zbytková napětí a zásadním způsobem oddaluje vznik a propagaci únavových trhlin. Pro vytvoření zbytkových napětí se využívá exploze ablační pásky a vzniku tlakové vlny postupující do materiálu formy. Zbytková napětí dosahují velmi vysokých hodnot a ve srovnání s kuličkováním či brokováním velkých hloubek. Laser navíc umožňuje lokálně upravit pouze kritická místa a zajistit gradientní přechody do neupravených ploch.

3D tisk velkého dílu

Testované jádro, vytvářející v odlitku bloku motoru chladicí prostor, je poměrně komplikovaný díl. Největší komplikace není na první pohled patrná. Jsou to chladicí kanály uvnitř jádra. Účinné chlazení snižuje teplotu jádra v průběhu licího cyklu a potlačuje tendenci taveniny k ulpívání na povrchu. Simulacemi obdrženy optimální tvar chladicích kanálů je konvenčním obráběním nerealizovatelný. Na řadu přišel 3D tisk poměrně masivního dílu. Realizace proběhla v zahraničí.

Postup přípravy vzorku pro reálný test byl následující. Vytisknuté jádro bylo finálně obrobena na požadovaný tvar. Byla definována kritická místa vzniku poškození - vruby v přechodech mezi válci a plochy uchycení jádra k formě. Povrch jádra byl připraven pro aplikaci LSP. Následovalo LSP v centru Hilase a PVD povlakování ve firmě SHM. Jádro bylo uchyceno do formy a v průběhu licích kampaní byl průběžně kontrolován stav jeho opotřebení. Výsledná životnost byla porovnávána s průměrnou životností klasicky vyrobených jader.

A jak to všechno dopadlo?

Testování probíhalo v řádech měsíců a období to bylo vzhledem k ceně testovaného jádra a věnovanému úsilí všech partnerů docela stresující. Dobře to dopadlo. Průměrná životnost standardních jader se pohybuje okolo 9 700 odlitků/cyklů. Testované jádro dosáhlo téměř čtyřnásobné životnosti 38 000 odlitků.

Ano, byl otestován pouze jeden kus. Naštěstí úspěšně. V maximální technologické verzi – 3D tištěné chlazení, LSP napětí i PVD povlak. Nelze rozhodnout o tom, která z uvedených technologií má na výsledek největší vliv. A z pohledu spolupráce všech partnerů je to asi i dobře.

Celý článek vyšel 2. 10. 2024 v magazínu MM Průmyslové spektrum a najdete ho ZDE: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vliv-pokrocilych-technologii-pvd-a-lsp-na-zivotnost-jadra-lic-formy-bloku-motoru>

<https://www.fs.cvut.cz/aktuality/2743-212/zkusenosti-naseho-absolventa-s-novymi-laserovymi-technologie>