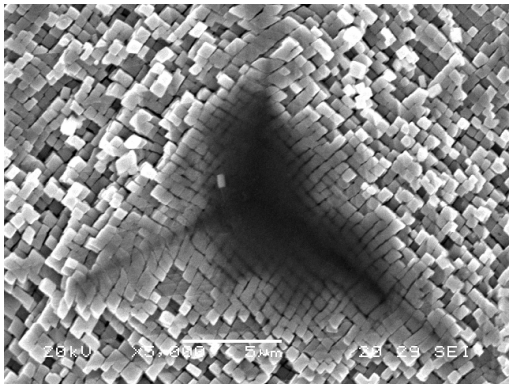
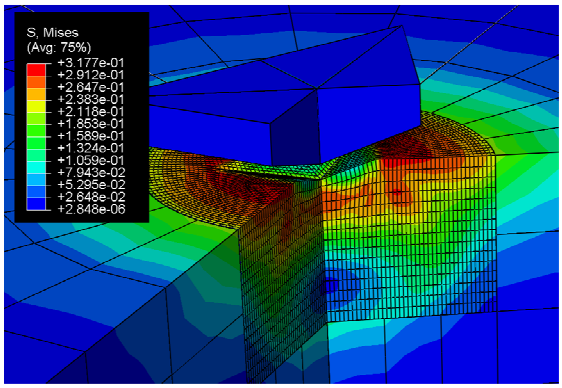
Modelování procesu nanoindentace a mikroindentace moderních niklových superslitin pro letecké motory

Zbyněk Hrubý

Moderní letecké motory General Electrics pro v současné zaváděný stroj Boeing 787 Dreamliner představují se svojí vyšší efektivitou, vyšší čistotou, jednodušší konstrukcí na údržbu, montáž a demontáž špičku v daném odvětví a operativnost provozu srovnatelnou pouze s dřívějšími čtyřmotorovými stroji. Špičkových parametrů je dosaženo kromě modifikované konstrukce lopatek vstupní a výstupní části také zvýšením teploty ve spalovacím prostoru. To představuje zvýšené nároky na materiály spalovacího prostoru za vysokých teplot. V současné době se pro uvedené účely používají superslitiny na bázi niklu. Tyto materiály představují široké spektrum použití nejen ve výše uvedené aplikaci.

Řízeným růstem krystalů lze dosáhnout různého objemového množství precipitátů $Ni_3(Al, Ti)$ v niklové matrici. Tím se výrazně mohou měnit mechanické vlastnosti. Jelikož jsou tyto slitiny poměrně drahé, je vhodné pro zjišťování jejich mechanických vlastnosti a hledání optimálního množství a tvaru precipitátů v matrici použít moderní metody indentace, které jsou mnohonásobně méně náročné na množství testovaného materiálu než klasické mechanické zkoušky. Poměrně jednoduchý princip těchto metod je však komplikován zvýšenou náročnosti při korektním vyhodnocování výsledků.

Představu o rozložení napětí a deformace může dát například metoda konečných prvků. Modelovány jsou procesy indentace kulovým, kuželovým a Berkovichovým indentorem. Jako referenční a do jisté míry i verifikační model je simulována indentace isotropního materiálu (hliníku). Poznatky jsou poté převedeny do modelování indentace ortotropních materiálů (přesněji pseudoisotropních) jako jsou niklové superslitiny s užitím nelineární formulace mechaniky kontinua a velkých plastických deformací.

Práce byla podpořena grantovým projektem GA ČR 101/09/1630 pod výzkumným záměrem AV0Z20760514 a grantovým projektem GA ČR 101/08/H068.