

Popis rozložení napětí v okolí bimateriálového vrubu pomocí zobecněného faktoru intenzity napětí

Inženýrská analýza a simulace

Autor: Bc. Miroslav Hrstka (mira.hrstka@gmail.com)

Školitel: doc. Ing. Tomáš Profant, Ph.D.

Formulace řešeného problému

V současné době je u konstrukčních materiálů kladen důraz na minimální hmotnost vzhledem k potřebným mechanickým vlastnostem. Místo konvenční oceli se stále ve větší míře uplatňují kompozitní materiály, jež vykazují výrazné směrové vlastnosti. To s sebou přináší problémy z hlediska posouzení jejich chování za provozu a stanovení mezních stavů. Jsou zpracovány rozsáhlé teorie, kdy při znalosti geometrie a mechanických vlastnosti jednotlivých komponent lze spolehlivě a přesně popsat odezvu při daném zatěžování. Reálné konstrukce však obsahují různé tvarové a materiálové změny, které způsobují koncentraci napětí, což s sebou přináší nebezpečí vzniku a šíření trhlin. Obecně platí, že napjatost v okolí obecného koncentrátoru je určena exponentem singularity a zobecněným faktorem intenzity napětí, podobně jako u trhliny. Vyvstává tedy potřeba spolehlivého a rychlého řešení, jak stanovit charakteristiku vrubu – zobecněný faktor intenzity napětí. Pro posuzování se používají analytické a numerické metody. Historicky starší analytický přístup je založen na řešení parciálních diferenciálních nebo integrálních rovnic. Mezi numerickými metodami hraje dominantní roli metoda konečných prvků. Analytické metody vyžadují velmi idealizované modely geometrie a zatížení, nicméně jsou důležité pro pochopení procesů v blízkosti kořene koncentrátoru a k ověření přesnosti numerických výsledků. Díky vysoké výpočtové rychlosti a kapacitě dnešní výpočetní

Cíl práce

Cílem předkládané práce byla aplikace teorie lomové mechaniky na speciální případ obecného singulárního koncentrátoru napětí – bimateriálového vrubu a sestavení výpočtových modelů pro určení zobecněného faktoru intenzity napětí a následného popisu rozložení napětí v okolí kořene vrubu kombinací numerických a analytických metod. Bimateriálový vrub je složen ze dvou transversálně ortotropních materiálů, což umožňuje řešit úlohu jako rovinný problém. První výpočtový model slouží ke stanovení vlastní hodnoty exponentu singularity a je založen na Lechnicky-Eshelby-Strohově formalismu. Druhý řeší stanovení zobecněného faktoru intenzity napětí metodou ϵ -integrálu, který vyžaduje zahrnutí jak singulárního, tak numerického řešení pomocí metody konečných prvků.

Závěr

Byly provedeny výpočty pro vybrané kombinace materiálových vlastností a zjištěny závislosti zobecněných faktorů intenzity napětí a vlastních hodnot exponentů singularity na úhlu líce vrubu pro případ rovinné deformace a rovinné napjatosti. Dále byl navrhnut optimální poloměr integrační cesty ϵ -integrálu, typ prvku a vhodná hustota konečnoprvkové sítě. Byla také zjištěna oblast nejlepší shody numerického a analytického řešení a vykresleny průběhy napětí a posuvů, které mohou dále sloužit pro stanovení charakteru iniciace a směru šíření trhliny. V případě bimateriálového vrubu složeného z dvou ortotropních materiálů existují ve vztahu pro napětí 2 singulární členy a tomu odpovídající hodnoty exponentů singularity a zobecněných faktorů intenzity napětí. Hodnoty vypočtené metodou ϵ -integrálu byly porovnány s hodnotami získanými metodou přímé extrapolace. Potřebné výpočty byly prováděny v softwarech ANSYS 12, Maple 12 a Silverfrost FNT95.