

Oponentní posudek disertační práce

Ústav: Středoevropský technologický institut VUT

Akademický rok: **2023/2024**

Student (ka): **Ing. Lukáš Trávníček**

Doktorský studijní program: **Pokročilé materiály a nanovědy**

Studijní odbor: **Pokročilé nanotechnologie a mikrotechnologie**

Vedoucí disertační práce: **prof. Ing. Pavel Hutař, Ph.D.**

Oponent disertační práce: **doc. Ing. Eva Nezbedová, CSc.**

Název disertační práce: Popis šíření creepové trhliny v polymerních materiálech

Aktuálnost tématu disertační práce:

Zvolené téma je aktuální a to z několika důvodů. V obecné rovině se jedná o využití recyklovaných materiálů v technické aplikaci, konkrétně v oblasti potrubních systému z PE pro rozvody kapalných a plyných medií. Současná legislativa sice neumožňuje použití jakéhokoliv recyklátu, nicméně jeho využití ve vícevrstvých trubkách pokládám za téma, které by mohlo přispět k potenciální revizi, alespoň v oblasti beztlakových potrubí, resp. tlakových potrubí pro rozvody kapalin. Další důvodem, který může podpořit tuto snahu, je jak teoretická, tak i experimentální analýza řešeného problému. Na tuto analýzu pak navazují experimenty a výpočty, které zahrnují zásadní vlivy působení vnějších a vnitřních faktorů na životnost potrubních systému a to včetně zahrnutí oblasti spojů, které obecně představují kritické místo v plastových rozvodech. K podpoření aktuálnosti tématu práce by bylo možná vhodné zvolit upřesňující název, který by více akcentoval toto téma.

Splnění stanovených cílů:

Autor formuluje cíle dizertační práce v kapitole 3, a to do 5- ti bodů. Konkrétně: 1. Rešerše zaměřená na životnost plastových potrubí, 2. Stanovení residuálních pnutí ve vícevrstvých trubkách, 3. Stanovení růstu trhliny v polymerních materiálech, 4. Stanovení vlivu vnějšího zatížení ve vícevrstvých trubkách zakopaných v zemi, 5. Stanovení životnosti vícevrstvých

trubek obsahujících recyklovaný materiál. Dále hodnotím splnění jednotlivých cílů a to dle těchto bodů.

Rešeršní část práce je velmi podrobná a to v rozsahu 47 stran. Nicméně je zpracována tak, že zahrnuje dostupnou literaturu, vážící se k tématu tj. z oblasti plastových potrubních systému a to jak po stránce charakterizace základních fyzikálně mechanických vlastností granulátu, přes vlivy zpracování, ovlivňující tyto vlastnosti ve finálním výrobku tj. trubka. Z hlediska materiálového je věnována pozornost trubkám z PE a to ve formě vícevrstevných trubek a rozvoji především SCG, který je rozhodujícím faktorem životnosti. K této kapitole mám pouze několik poznámek. Označení HDPE není dle normy správné, značíme PE-HD. V odkazech na literaturu postrádám více prací, které byly realizovány v rámci řešení projektů s FS VUT Brno, PSM Merseburg, TU Merseburg (prof. Grellmann, dr. Ralf) a dotýkající se jak vícevrstevných trubek, ale i otázek vlivu svařovacích podmínek na životnost potrubních systému. Asi bych se přímo neztotožňovala s tvrzením, že CRB metoda je v podstatě nejvhodnější pro stanovení životnosti trubek vyšší generace tj PE 100 a PE 100 RC. Vylepšené použití PENT testů, umožňuje stanovit kinetiku procesu šíření SCG a stanovit parametry podobné jako při CRB testu.

Stanovení residuálních pnutí je, a to jak u jednovrstevných, tak vícevrstevných trubek velmi důležitý parametr, přispívající k navýšení zatížení. Nicméně je známo, že tato primární pnutí, jsou důsledkem procesu chlazení v průběhu výroby, postupně dochází k, z velké části, jejich relaxaci. Nicméně mohou vznikat další pnutí v průběhu montáže, ale i dalších vnějších podmínek (např. tepelná pnutí). Autor popisuje způsoby i realizaci experimentálního způsobu stanovení těchto pnutí, které vychází z experimentálních měření na jednovrstevných trubkách. Podkapitola 4.3 se zabývá numerickou simulací a kritickým posouzením neshody mezi experimentem a numerickou simulací.

Stanovení růstu trhliny v polymerních materiálech úzce souvisí se životností a to jak u jednovrstevných, tak více vrstevných trubek (cíl 3 a 5). K stanovení rychlosti růstu trhliny byly využity CRB testy a postup, který je již dnes zahrnut v ISO, EN i ČSN EN normách. V této normě se většinou pracuje se vzorky připravenými z nativního materiálu a to z důvodu, jak bylo řečeno výše, že PE potrubní systémy nesmí být vyráběny z jakéhokoliv regranulátu. V kapitole 3 je tento postup aplikován na recyklovaný PE materiál a je konstatováno, že stanovení CCG růstu pomocí CRB testu je možné použít v postupu stanovení životnosti, založené na přístupu LEFM, konkrétně výpočtu faktoru intenzity napětí. Numerický model včetně podrobného postupu modelování tohoto procesu je podrobně popsána v kapitole 8 a to na systém třívrstevné trubky, tvořené ze dvou vrstev nativního materiálu a prostřední vrstvy recyklátu. Za přínosné považuji i kapitolu 6, kde jsou zkoušeny nejen zkušební tělesa připravená z granulátů – z lisovaných desek, ale i posouzení vlivu zpracování na kinetiku procesu SCG a tedy životnost přímo na tělesech odebraných z trubek. I na tomto místě si dovoluji poznamenat možnosti,

keré skýtá PENT test, který je uveden též mezi urychlenými testy v příslušných standardech. Ten umožňuje odebírat zkušební tělesa jak v axiálním, tak tangenciálním směru a to v podstatě pro celý sortiment trubek (průměr vs. tloušťka).

Vliv vnějšího zatížení (cíl 4) u jednovrstvých trubek byl především kritický u trubek připravených ze staršího typu granulátu PE (PE 63, PE 80). Přestože existují normy, které podrobně definují zrnitost obsypu, nebyly tyto v praxi respektovány a byly příčinou řady poruch na potrubí z PE. S vývojem nových bimodálních typů PE se toto nebezpečí snížilo, nikoliv, že by vymizelo. Nicméně i v technické specifikaci RWE GasNet na trubní materiály PE 100 a PE 100 RC jsou zařazeny zkoušky PLT – bodovým zatížením a zkouška pláště trubek proti vrypům. Tato část je zpracována na vysoké technické úrovni a svým rozsahem je ojedinělým souhrnem vlivu snad všech typů vnějších zatížení přicházejících do úvahy, aplikovatelná v jednodušším přístupu na jednovrstvou trubku a zde analyzována pro třívrstvou trubku. Z vlivů, které jsou analyzovány, bych z praxe podtrhla zásadní vliv zatížení i drobnými kameny při působení zatížení od povrchové dopravy.

Postup řešení problému a výsledky disertace:

Postup řešení i kritické zhodnocení provedl autor v kapitole 9. Postup řešení sleduje systematicky postup, který vede k dosažení předepsaných cílů. Naplnění těchto cílů jsem se snažila shrnout výše. Využití vícevrstvých trubek a to jak z vrstev různých plastových materiálů, tak i kombinací s jinými nekovovými i kovovými materiály je dnes široce využíváno v řadě průmyslových odvětví. Nicméně možnost řešení vícevrstvých trubek s použitím recyklovaného materiálu a to jak z vlastní výroby, tak i z jiné pokládám za inovativní. Přístup k takovéto inovaci je podložen velmi kvalitní jak experimentální analýzou, tak modelovou numerickou simulací. Chtěla bych též podtrhnout nejen velmi kvalitní rešeršní část práce, která umožnila svým rozsahem a odkazy na velké množství relevantních publikací, zmapovat vyčerpávajícím způsobem současný stav poznatků v této oblasti, ale i nalézt oblast, která je inovativní. Chtěla bych též podtrhnout i vysokou úroveň formálního zpracování, grafickou kvalitu i logické provázání jednotlivých kapitol.

Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru:

Výsledky této práce mohou posloužit jednak jako podklady pro event. posouzení možností využití vícevrstvých trubek s jednou vrstvou z recyklovaného materiálu i v oblasti tlakových trubek. Velmi podrobná analýza vlivu vnějšího zatížení, u trubek zakopaných v zemi, může sloužit jako podklad při navrhování, potrubních systému. Rozhodně výsledky této práce jsou velmi kvalitní podkladem pro pokračování v oblasti predikce životnosti a odhadu zbytkové životnosti potrubních systému z plastů.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň:

Předložená práce má vysokou úroveň formálního zpracování, včetně vysoké kvality a preciznosti grafického zpracování. K jazykovému zpracování nemám připomínek.

Zda disertační práce splňuje podmínky uvedené v § 47 odst. 4 zákona:

Autor v plném rozsahu splnil požadavky kladené na disertační práci. Konkrétně jako autor či spoluautor tři publikaci v impaktovaných časopisech, 5 publikací v recenzovaných časopisech, 16 příspěvků na národních a mezinárodních konferencích, vedoucí jedné zahraniční diplomové práce a dvou domácích. Byl spoluřešitelem šesti mezinárodních projektů. Aktivně působil jako přednášející na VUT Brno FS. Nejen samotnou prací, ale i odbornými prezentacemi autor prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje. Disertační práce, jak bylo uvedeno výše obsahuje původní výsledky. Důkazem jsou i publikace v renomovaných zahraničních časopisech.

Připomínky a dotazy:

Drobné připomínky jsem uvedla ve svém posudku (PENT vs CRB test)

Rozdíl v použití vlastního recyklátu a cizího.

Kombinace lomově mechanických testů se strukturním hodnocením

Celkové zhodnocení disertační práce:

Disertační práci Ing. Lukáše Trávníčka doporučuji k obhajobě pro udělení akademického titulu "doktor" (Ph.D.).

V Praze dne...7. 1. 2024.....

.....
doc. Ing. Eva Nezbedová, CSc.