

Bc. Davida Šubrt

Téma práce: Kompresní vstřikování PA s uhlíkovými vlákny

V diplomové práci, která je rozčleněna do čtyř základních částí, se autor zabývá hodnocením vlivu technologie konvenčního a kompresního vstřikování na výsledné mechanické vlastnosti dílu a mírou jejich anizotropie. Pro účely experimentu byl vybrán materiál polyamid s 30% a 40% dlouhých uhlíkových resp. skelných vláken.

Úvod je věnován charakteristice kompozitních materiálů, jejich skladbě a základnímu členění používaných vláknitých plniv a matric. Dále zde autor zmiňuje použití přísad při výrobě kompozitních materiálů.

V úvodní kapitole teoretické části popisuje základní členění kompozitního materiálu s důrazem na vlákněné kompozity. Další kapitola se věnuje rozdělení používaných vláken kompozitních materiálů dle chemického původu, struktury a materiálu. Autor se dále zaměřuje na detailní popis vláknitých plniv dle materiálu. Zde musím vyzdvihnout jak grafické uspořádání, tak celkovou názornost. Následuje kapitola věnovaná porovnání mechanických vlastností vyztužujících vláken, zaměřená na aramidová, uhlíková a skelná vlákna. Další kapitola popisuje základní rozdělení, funkci i vlastnosti matrice kompozitu s následným detailním popisem nejpoužívanějších termoplastických matric. Autor v další kapitole, zaměřené na princip technologie vstřikování, věnuje poměrně značný prostor fázi plastifikace, ale např. dotlaková fáze a její význam zůstávají dotčené pouze okrajově. Dále bych zde poopravil autorovu terminologii na straně č.41, kdy při popisu vstřiku taveniny axiálním pohybem šneku do dutiny nástroje používá spojení „hrne taveninu“. Zároveň na straně č.42 by bylo vhodnější při popisu funkce vyhadzovačů použít termín odformování výrobku nebo vyhození výrobku z nástroje. Odebírání výrobku totiž v dnešním pojetí, pokud je jím stroj vybaven, zajišťuje manipulátor nebo robot. Následuje popis průvodních jevů technologie vstřikování, kde autor na straně č.44 přichází s tvrzením, že u konvenčního vstřikování nelze řídit průběh tlaku v různých místech vstřikovacího nástroje. Zde bych zmínil, že pro nástroje vybavené systémem vyhřívání uzavíratelných trysek však již dnes existují systémy jako Dymanic Feed nebo Intellimold, které se na regulaci tlaku uvnitř dutiny nástroje zaměřují. Teoretická část je zakončena kapitolou zabývající se technologií kompresního vstřikování.

Experimentální část měla za cíl posoudit vliv technologie, druhu použitých plniv v matrici materiálu a jejich procentuálním zastoupení na výsledné mechanické vlastnosti a míru anizotropie mechanických vlastností výrobku. Autor seznamuje s výrobou zkušebních tělísek z polyamidové matrice se skelným a dále uhlíkovým vláknem při koncentraci plniva 30% resp. 40% technologií konvenčního a poté i kompresního vstřikování. Zkušební tělíska byla připravena ve dvou variantách. S kolmo orientovanou osou vůči vláknům plniva a s rovnoběžně orientovanou osou vůči vláknům plniva. Nastavení technologických parametrů pro konvenční vstřikování vykazuje rozdílnou velikost dotlaku pro jednotlivé druhy materiálů. Doporučuji pro obhajobu doplnit, proč bylo nutné velikost dotlaku měnit (500bar, 650bar, 750bar). Hodnota dotlaku má nezanedbatelný vliv na výsledné mechanické vlastnosti vyráběného dílu. Dále by bylo přínosné doplnit pro jednotlivá nastavení konvenčního i kompresního vstřikování informaci o reálném maximálním vstřikovacím tlaku a hodnotu polštáře. Pro kompresní vstřikování byla nastavení technologických parametrů až na teplotu vstřikovací jednotky totožná. Samotná tahová zkouška byla realizována na trhacím stroji

TIRA test 2300 s průtahoměrem Epsilon Tech 3542, kdy pro každou variantu byla sledována hodnota modulu pružnosti, meze pevnosti a tažnosti.

Zde opět kladně hodnotím grafickou úpravu a přehlednost dílčích výsledků. Při rozboru výsledků autor dochází ke zjištění, že modul pružnosti PA s uhlíkovým vláknem je téměř dvojnásobný oproti PA se skelným vláknem. S navýšením koncentrace vláken dochází k navýšení modulu pružnosti. Modul pružnosti v případě uhlíkových vláken klesne při použití technologie CIM a v případě výroby se skelným vláknem technologií CIM nepatrně stoupne s výjimkou PA 40 % LGF se směrem vláken kolmo k ose zkušební tělíska. Z hlediska výsledné hodnoty meze pevnosti nemá zvýšení koncentrace plniva velký vliv. Při použití LCF v matrici PA vzroste mez pevnosti téměř o třetinu v porovnání s PA plněného LGF. Meze pevnosti tělísek reprezentující vždy jeden materiál vycházejí téměř stejně pro podélný a příčný směr vláken plniva, s výjimkou PA s 40 % LGF, kde je odchylka výraznější. K poklesu tažnosti dochází zvýšením koncentrace vláken plniva. PA s LGF vykazuje vyšší hodnotu tažnosti v porovnání s PA s LCF. Vyšší hodnoty tažnosti tělísek s podélnými vlákny byly zjištěny u vzorků vyráběných technologií konvenčního vstřikování. Hodnoty tažnosti jednotlivých zatěžujících směrů jsou vždy pro jeden materiál výrazně méně odlišné při použité technologii CIM. Pro experiment a jeho vyhodnocení by bylo přínosem začlenění informací o průměrné délce vláken plniva jednotlivých zkoumaných variant včetně snímků zachycujících orientaci vláken jednotlivých vzorků. Z hlediska anizotropie mechanických vlastností došel autor k následujícím zjištěním. Konvenčním vstřikováním PA s LCF lze vyrábět díly s nižší anizotropií z hlediska modulu pružnosti nežli technologií CIM. Naopak z PA s LGF lze vyrábět díly s vyšší izotropní vlastností z hlediska modulu pružnosti technologií CIM. Anizotropie z hlediska meze pevnosti vychází jednoznačně lépe ve prospěch konvenčního vstřikování. Díly vstřikované z materiálu PA s LGF vykazují nižší anizotropní chování v porovnání s PA plněného LCF. Nižší anizotropie tažnosti je patrná u zkušebních tělísek vyráběných technologií CIM.

V závěru autor předkládá shrnutí celé práce. Během vyhodnocení sledovaných veličin bylo zjištěno, že některé výsledky jsou v rozporu s teoretickým tvrzením. Proto autor doporučuje, vzhledem k výše popsanému, dané téma k dalšímu výzkumu, který by byl doplněn o širší sortiment zkoumaných materiálů. Dále doporučuje změnu konstrukce vstřikovacího nástroje s jiným typem vtokového systému a s většími rozměry vyráběného dílu, které by umožnily u vstřikovaného dílu příznivěji volit místa pro odběr zkušebních tělísek.

Diplomová práce splnila zadání a stanovený cíl. Přínosem pro praxi je již téma samotné, jelikož zvláště v případě zpracování uhlíkových vláken jsou reálné aplikace poměrně vzácné a experimenty tohoto druhu mohou dobře posloužit jako zdroj cenných informací pro vývoj sériových aplikací samotných. Autor se dopustil několika nepřesností a řady pravopisných chyb, ty však nemají zásadní vliv. Diplomová práce splňuje požadavky na udělení odpovídajícího akademického titulu, a proto ji doporučuji k obhajobě.

V Liberci dne 7.6.2015



Ing. Michal Lukeš, Ph.D.

Hodnocení diplomové práce

Bc. Davida Šubrta

Téma práce: Kompresní vstřikování PA s uhlíkovými vlákny

Diplomová práce je i přes některé chyby na úrovni. S odkazem na recenzi této práce navrhuji klasifikaci stupněm

„velmi dobře minus“

V Liberci dne 7.6.2015



Ing. Michal Lukeš, Ph.D.