

Index hořlavosti a zapalitelnosti u vybraných typů polymerních materiálů

Vilém Fojtík

Bakalářská práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Vilém Fojtík

Osobní číslo: T15603

Studijní program: B3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Forma studia: prezenční

Téma práce: Index hořlavosti a zapalitelnosti u vybraných typů polymerních materiálů

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracování literární rešerše na danou problematiku.**
- 2. Výroba a příprava zkušebních těles.**
- 3. Testování zkušebních těles za využití metody žhavé smyčky.**
- 4. Vyhodnocení naměřených výsledků.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

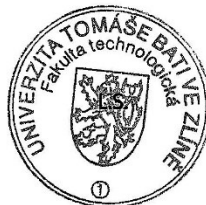
Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 9. února 2017



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Fojtík Vilém.....

Obor: Technologická zář......

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 5.5.2017.



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídáne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá indexem hořlavosti a zapalitelnosti vybraných polymerních materiálů. Předmětem první, teoretické části je obecný rozbor polymerů a jejich hořlavosti. V druhé, praktické části jsou popsány jednotlivé zkoušené vzorky, přístroj, na kterém byly zkoušky prováděny a výsledky měření.

Klíčová slova: polymer, zkouška žhavou smyčkou, zapalitelnost, hořlavost

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with flammability index and ignition temperature of selected types of polymeric materials. The subject of first, theoretical, part is general analysis of polymers and their flammability. The second, practical part describes individual test samples, measuring device and the results.

Key words: polymer, Glow-wire test, ignition, flammability

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinu Bednaříkovi, Ph.D. za cenné rady, odbornou pomoc a čas, který mi věnoval. Dále bych chtěl také poděkovat všem nejmenovaným za jejich pomoc a podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 16.5.2017

.....

OBSAH

ÚVOD	10
1 POLYMERY	12
1.1 ROZDĚLENÍ POLYMERŮ	12
1.1.1 Amorfnní plasty	13
1.1.2 Krystalické (semikrystalické) plasty	13
1.1.3 Termoplasty.....	14
1.1.4 Reaktoplasty.....	14
1.1.5 Kaučuky, pryže a elastomery	14
1.1.6 Polymery s přísadami	15
1.2 VÝROBA POLYMERŮ.....	16
1.2.1 Řetězové polymerace	17
1.2.2 Stupňovité polymerace.....	17
1.2.3 Praktické způsoby polymerace.....	17
2 HOŘLAVOST POLYMERŮ	19
2.1 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ HOŘENÍ POLYMERU	20
3 ZKOUŠKY HOŘLAVOSTI	22
3.1 STANOVENÍ KYSLÍKOVÉHO ČÍSLA	22
3.2 ZKOUŠKA ŽHAVOU SMYČKOU	23
3.2.1 Zkušební těleso.....	23
3.2.2 Zkušební zařízení	23
3.3 METODA UL94	24
4 RETARDÉRY HOŘENÍ	26
4.1 RETARDÉRY OBSAHUJÍCÍ HALOGEN	27
4.2 RETARDÉRY OBSAHUJÍCÍ ČERVENÝ FOSFOR.....	27
5 VLV OZÁŘENÍ POLYMERŮ	28
6 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	29
7 VÝROBA A PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES	31
7.1 ZVOLENÉ MATERIÁLY	31
7.1.1 Polystyren.....	31
7.1.2 Polykarbonát	32
7.1.3 Polyamid – 6	32
7.1.4 Polyamid – 66 Duramid	33
7.1.5 Polypropylen 30 % GF	33
7.1.6 Polypropylen Ducor	34
7.1.7 Polyamid – 66 Creamid.....	34
7.1.8 Polyamid 7T	35
8 ZKOUŠKY HOŘLAVOSTI A ZAPALITELNOSTI VYBRANÝCH POLYMERŮ	36
9 VÝSLEDKY HOŘLAVOSTI A ZAPALITELNOSTI U NEOZÁŘENÝCH POLYMERŮ	37

9.1	POLYSTYREN.....	37
9.2	POLYKARBONÁT.....	39
9.3	POLYAMID - 6.....	41
9.4	POLYAMID – 66.....	43
9.5	POLYPROPYLEN.....	45
9.6	SHRnutí ZKOUŠEK HOŘLAVOSTI NEOZÁŘENÝCH POLYMERŮ	47
10	ZKOUŠKY HOŘLAVOSTI A ZAPALITELNOSTI OZÁŘENÝCH POLYMERŮ	48
10.1	POLYPROPYLEN.....	48
10.2	POLYAMID – 66.....	52
10.3	POLYAMID 7T	56
11	DISKUZE VÝSLEDKŮ	60
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
	SEZNAM TABULEK.....	69

ÚVOD

V současné době naše civilizace nespolehá pouze na přírodní materiály, které jsou vytvářeny těžbou nerostných surovin, zpracováním rostlin, zvířecích produktů a podobně, ale stále častěji počítá s materiály uměle vytvořenými neboli syntetickými (plasty). Základní atributy pro výrobu plastů se nacházejí hlavně v ropě, uhlí a zemním plynu.

Plasty zažívaly svůj hlavní rozmach na počátku 19. století, kdy vznikaly první syntetické pryskyřice. Jejich vliv přetrval i do nastávajících století a ovlivňuje v mnoha oblastech i náš současný každodenní život.

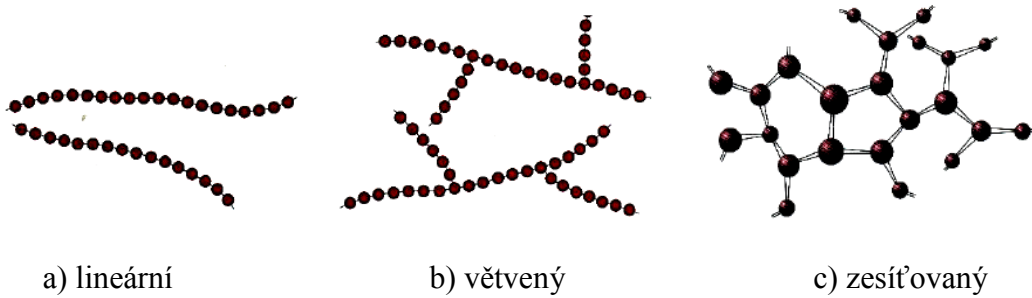
Velkou výhodou plastů je jejich všestrannost a komplexnost. Využití nacházejí v nepřeberném množství oborů, a to od všech odvětví průmyslu, dopravy, lékařství až po potravinářství. Za to plasty vděčí svým univerzálním vlastnostem. Je to především jejich nízká hmotnost, vysoká pevnost, velká míra tváření a nízká cena.

Při konstruování výrobku z polymerní látky je klíčová správná volba materiálu, a proto je nutné znát vlastnosti konkrétních polymerů, jako jsou tvrdost, moduly pružnosti, hustota, reologické vlastnosti a také odolnost vůči vysokým teplotám.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 POLYMERY

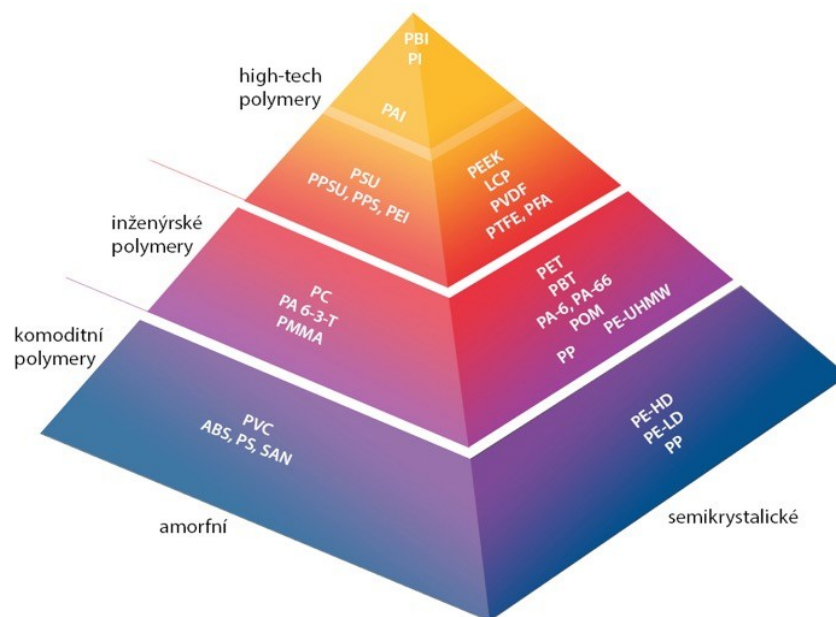
Polymery jsou látky, jejichž struktura je tvořena většinou organickými makromolekulárními řetězci, které často obsahují především uhlík a vodík. Při svém růstu je řetězec buď lineární, větví se anebo je zesíťovaný.



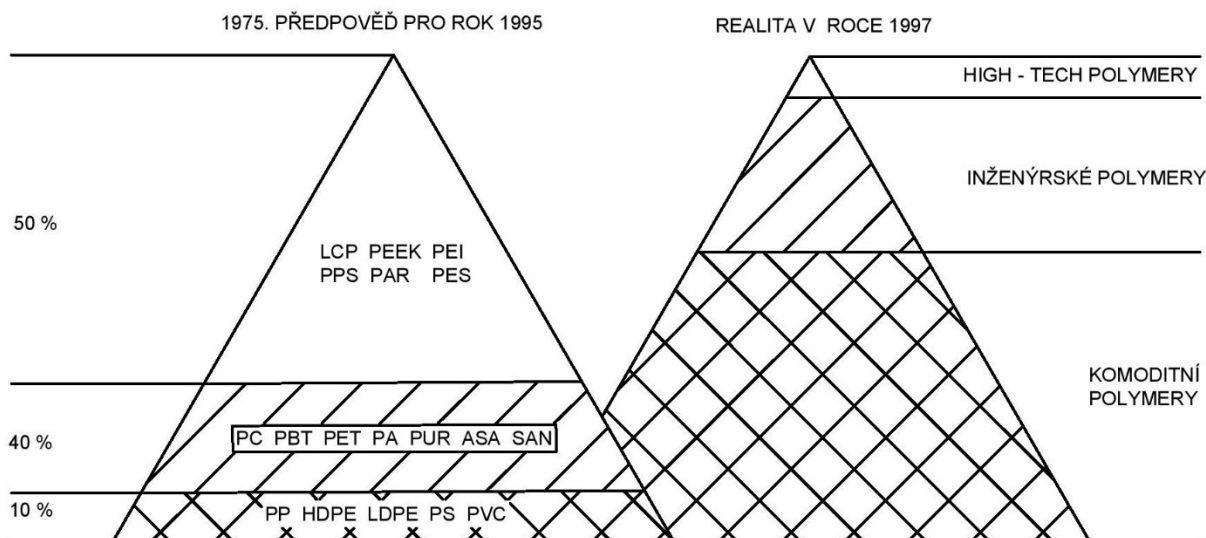
Obr. 1. Větvení polymeru. [2]

1.1 Rozdělení polymerů

Polymerní materiály je možné rozdělit mnoha způsoby. Podle chování při působení vysokých teplot lze polymery rozdělit na termoplasty, reaktoplasty, kaučuky a elastomery. Dalším hlediskem rozdělení je, zda polymer je vytvořen přírodně nebo synteticky. [3]



Obr. 2. Rozdělení polymerů na trhu. [10]



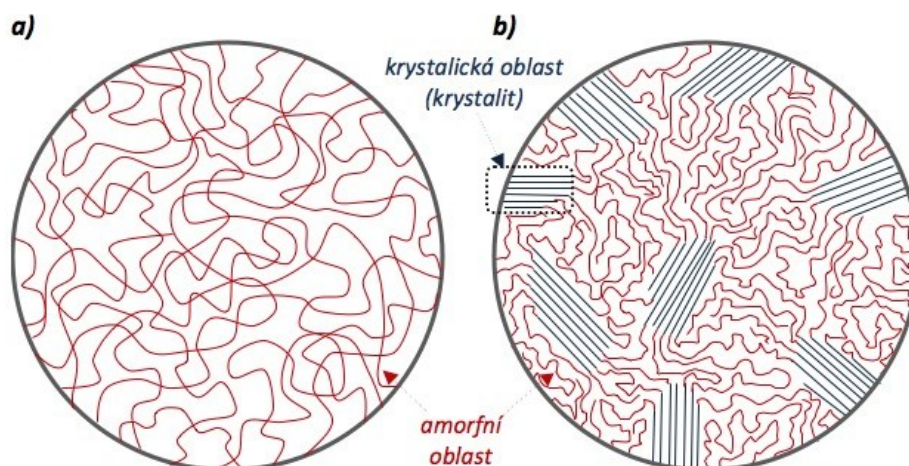
Obr. 3. Srovnání použití typů plastů v roce 1975 s realitou v roce 1997. [1]

1.1.1 Amorfni plasty

Tyto polymery se vyznačují nahodilým uspořádáním částic. Amorfni plasty charakterizuje pevnost, tvrdost a křehkost. Jedná se o transparentní materiály. Příkladem amorfni polymerů jsou PS, PMMA, PC a další.

1.1.2 Krystalické (semikrystalické) plasty

Uspořádání částic těchto polymerů je pravidelné, a to i na velké vzdálenosti, to znamená, že molekulární řetězce těchto látek jsou zakomponovány do krystalických mřížek. Protože ale dlouhé řetězce nemohou být plně zakomponovány do mřížek, reálné krystalizující materiály se skládají z uspořádaných krystalických oblastí i nahodile rozmístěných amorfni oblastí – semikrystalické plasty. Mezi semikrystalické látky řadíme PE, PP, PA a další. [1]



Obr. 4. Schéma nadmolekulární struktury polymerů a) amorfní; b) semikrystalické. [4]

1.1.3 Termoplasty

Termoplastické materiály jsou buď lineární nebo rozvětvené. Jejich typickou vlastností je, že jsou opakovaně tvárné při tepelném působení. Tato skutečnost znamená, že při působení tepla v termoplastech dochází pouze k fyzikálním (fázovým) změnám. Jsou recyklovatelné. Termoplasty jsou amorfní a semikrystalické. [5]

1.1.4 Reaktoplasty

Reaktoplasty jsou chemicky zesíťované amorfní materiály. Jsou to plasty, které nejsou opakovaně tavitelné, a proto velmi těžce recyklovatelné. Jejich využití nalezneme mezi lepidly, nátěrovými hmotami, vrstvenými materiály apod.

1.1.5 Kaučuky, pryže a elastomery

Kaučuky jsou buď syntetické nebo přírodní látky, které samotné nemají velké uplatnění. Procesem zvaným vulkanizace dochází k chemickému zesíťování a vzniku elastomerů a pryží. Tyto látky jsou poté schopny vratné deformace, to znamená, že se materiál vrací do svého původního stavu poté, co na něj přestanou působit deformační síly.



Obr. 5. Získávání přírodního kaučuku. [1]

1.1.6 Polymery s přísadami

Většina polymerů se nepoužívá v čistém stavu, ale často se do nich přidávají různá aditiva, které zlepšují jejich vlastnosti.

Mezi aditiva řadíme:

Tepelné stabilizátory - zaručují vyšší odolnost polymeru vůči teplotám, například při zpracování.

Světelné stabilizátory - chrání materiál především před UV zářením.

Barviva – rozlišujeme organická barviva, u kterých využíváme jejich rozpustitelnosti v polymeru a využívají se tak k barvení i transparentních polymerů. Neorganická barviva nazýváme pigmenty. [5]

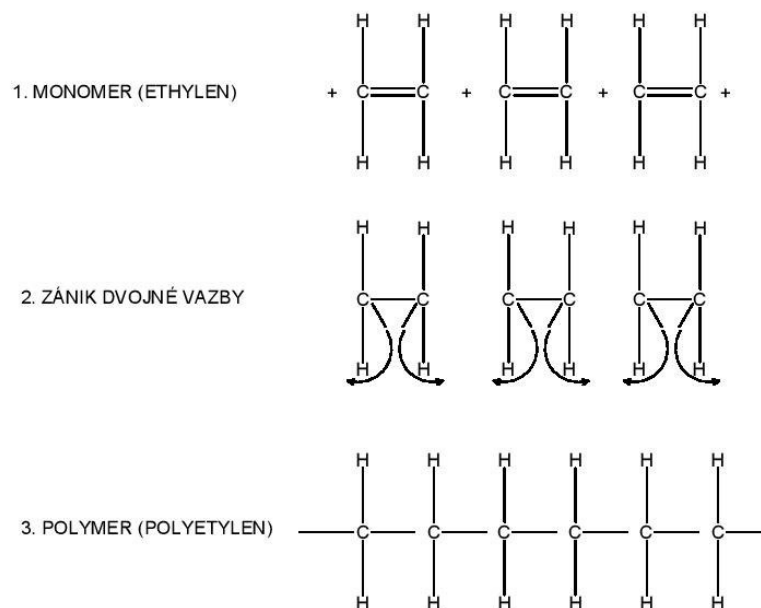
Další aditiva jsou retardéry hoření, změkčovadla, antistatika a nadouvadla. [5]



Obr. 6. Zbarvené PET lahve. [15]

1.2 Výroba polymerů

Polymery vznikají zásluhou polymeračních reakcí, kdy z jednoho nebo více druhu monomerů vznikají polymerní řetězce. Rozlišujeme dva druhy polymeračních reakcí, a to skokové polymerace a řetězové.



Obr. 7. Proces polymerace. [2]

1.2.1 Řetězové polymerace

U řetězových polymerací roste délka řetězce postupně, mer po meru. Rostoucí řetězec reaguje pouze s monomerem. Na rozdíl od stupňovitých polyreakcí není možné po skončení reakce dále řetězec prodlužovat. [2]

Proces polymerace můžeme rozdělit na tři stádia. Prvním stádiem je iniciace, kdy vzniká aktivní centrum, které se podílí na reakci. Poté následuje propagace. V této fázi dochází k reakci aktivního centra v monomeru. Konečná část řetězové polymerace se nazývá terminace, kdy dochází k reakci dvou aktivních center, čímž dojde k ukončení řetězce.

Rozlišujeme tři druhy řetězových reakcí: radikálové, aniontové a kationtové.

U radikálových reakcí je aktivním centrem radikál. Aniont je aktivním centrem aniontových reakcí a kationt u reakcí kationtových.

Pomocí radikálové polymerace získáváme např. PS, LDPE. Příklady produktů iontových polymerací jsou POM, PA6. [3]

1.2.2 Stupňovité polymerace

U tohoto typu polymerace roste řetězec stupňovitě (skokově). Rostoucí řetězec reaguje s libovolnou funkční skupinou. Po skončení reakce je ještě možné řetězec prodlužovat.

Stupňovité reakce můžeme rozdělit na dva základní typy: polykondenzace a polyadice.

Polykondenzací nazýváme reakci, kdy probíhá reakce funkčních skupin za odštěpování vedlejšího produktu, což tuto reakci činí endotermickou. Příklady polykondenzačních produktů jsou: PET, PBT, PC. [4]

U polyadice vedlejší produkt nevzniká, čímž je spíše exotermická. Obě reakce jsou citlivé na čistotu výchozích složek.

1.2.3 Praktické způsoby polymerace

Bloková polymerace

Jde o reakci mezi monomerem a iniciátorem, případně katalyzátorem. Blokovaná polymerace má nejčistší produkty. Problém může nastat při vzniku tzv. gel-efektu, kdy dochází k přehřátí polymeru a tím k jeho znehodnocení. Např. PMMA, PA. [5]

Roztoková polymerace

Polymerace s rozpuštěným iniciátorem probíhá v prostředí rozpouštědla, které umožňuje míchání a tím i řízení teploty. Využívá se pro výrobu lepidel a laků. [6]

Srážecí polymerace

Jedná se o speciální typ blokové nebo roztokové polymerace, kdy vzniklý polymer není rozpustný ve výchozím monomeru, respektive rozpouštědle. [7]

Suspenzní polymerace

Reakce monomeru s iniciátorem v disperzním prostředí, pomocí kterého se dá řídit teplota polymerace. [8]

Emulzní polymerace

Polymerace monomeru v micelách v emulzním prostředí s rozpuštěným iniciátorem. Mice-ly jsou malé kapky polymeru obklopené emulgátorem. Výroba PVC, SBR, ABS a další. [9]

2 HOŘLAVOST POLYMERŮ

Díky tomu, že základem většiny polymerních řetězců je uhlík, jsou z hlediska chemického složení hořlavé a často přispívají ke vzniku a šíření požáru. Plasty řadíme mezi paliva spadající do stejné kategorie jako například dřevo. Tyto materiály při hoření často produkují toxické látky a mohou odkapávat, čímž se rozsah možnosti jejich použití zmenšuje. Je proto nutné se zabývat požární bezpečností plastů při jejich používání a přijímat preventivní opatření. [6, 7]

Pojem hořlavost vyjadřuje obecně schopnost látek po vznícení nebo zapálení za dodržování určitých podmínek dále hořet. Je charakterizována teplotou vzplanutí a teplotou vznícení. [6]

Teplota vzplanutí – Nejnižší teplota vzduchu proudícího kolem tělesa, při které dojde k vzplanutí, vlivem zdroje hoření, směsi plynných produktů rozkladu. [7]

Teplota vznícení – Nejnižší teplota vzduchu proudícího kolem tělesa, dostatečně vysoká na to, aby došlo ke vznícení tělesa nebo produktů vzniklých jeho rozkladem bez přítomnosti vnějšího zdroje tepla. [7]

U polymerů v tuhé fázi dochází při působení obvyklých zdrojů tepla, jako plamen, tepelné záření, konvekce, kondukce, případně kombinací těchto zdrojů, nejprve ke změně skupenství (tavení termoplastů, nenastává u reaktoplastů). [6]

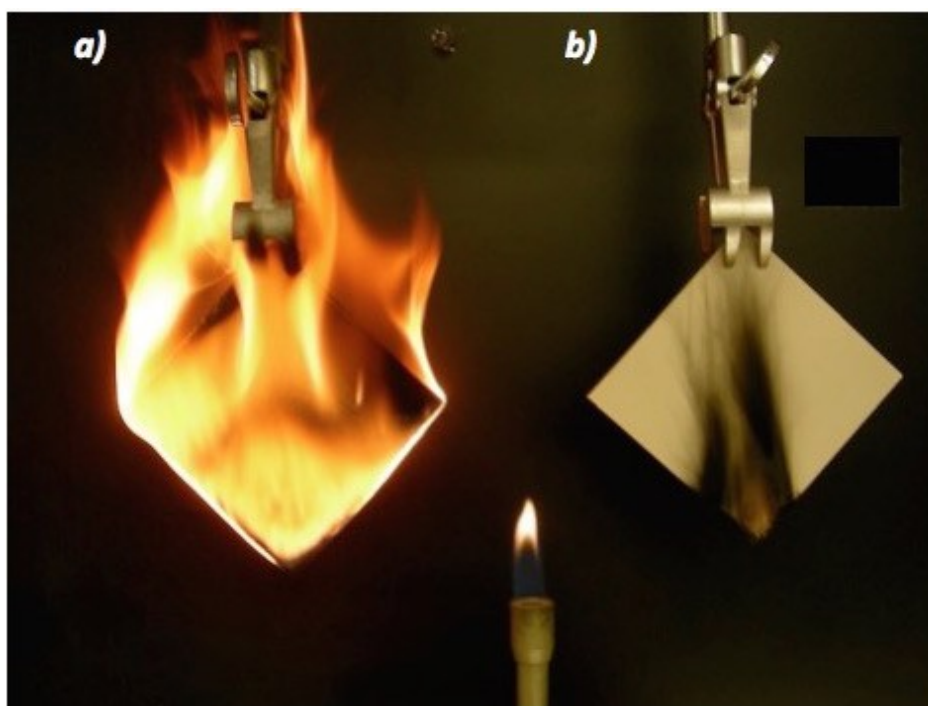
K zapálení většiny dnes používaných polymerů dochází v rozmezí teplot mezi 400 až 500 °C. Při hoření polymerních materiálů dochází k vylučování CO₂ a vlivem rozkladu makromolekul také k vylučování toxických látek jako CO, HCl, NH₃, HCN a podobně. Tyto produkty jsou schopné naleptávat dýchací cesty, případně nechráněnou pokožku a také působí dusivě. [8]

Mezi nehořlavé nebo velmi těžce zapalitelné termoplasty řadíme polyvinylchlorid a polytetrafluoretylén. Polyvinylchlorid hoří s nízkou intenzitou a v momentě odstranění zdroje tepla přestává hořet úplně. Polytetrafluoretylén lze zapálit jen ve velmi specifických podmínkách, například v atmosféře obohacené kyslíkem nebo při konstantním působení tepelných zdrojů. [6]

2.1 Faktory ovlivňující hoření polymeru

Hoření polymerů můžeme rozdělit do několika fází. Na začátku dochází k tepelnému rozkladu polymeru v žáru plamene. Po vzplanutí rozkladné produkty uvolňují spalovací teplo, potřebné k rozložení dalších částí polymeru, následně vzplanou nově vzniklé rozkladné produkty a tak dále. [9]

Z toho důvodu mají nejvyšší odolnost polymery, které na vznik plynných rozkladných produktů spotřebují nejvíce tepla a zároveň se při jejich hoření uvolní tepla nejméně. To je jedna z příčin, proč odolnost polymeru vůči ohni roste zároveň s rostoucím poměrem obsahu uhlíku k vodíku, s rostoucím množstvím prvků způsobujícím na hoření inhibiční účinek, kterými jsou především halogeny a fosfor a se schopností se odštěpovat při vysokých teplotách za vylučování vody. Míru odolnosti hoření zvyšují také nehořlavé prvky obsažené v polymerním řetězci, jako jsou dusík nebo křemík. Polymery, obsahující dostatečné množství retardujících prvků, přestávají po oddálení z plamene hořet, nazýváme je samozhášivé. Mezi samozhášivé polymery patří například PVC. [9]



Obr. 8. Vliv retardéru hoření na hořlavost polymeru.

a) polymer bez retardéru hoření; b) polymer s retardéry hoření [10]

Dalším význačným faktorem ovlivňujícím hořlavost je součinitel tepelné vodivosti (λ). Ten určuje, do jaké míry se teplo šíří do celého objemu polymeru. To znamená, že pokud λ dosahuje nízkých hodnot, tepelná energie se soustředí do malé oblasti v rámci celého objemu polymeru, což vyvolá značnou koncentraci hořlavých plynů a následné hoření. [7]

Naopak nízkou odolnost vůči hoření mají polymery depolymerující na hořlavé monomery nebo rozkládající se na hořlavé zplodiny. Mezi tyto polymery patří například PS, přírodní kaučuk. [9]

Další z okolností ovlivňující hoření je taky velikost polymeru, protože k hoření dochází pouze na povrchu objektu. Z tohoto důvodu hoří lépe vlákna, textil a filmy než tlustostěnné výrobky ze stejného druhu polymeru. [9]

3 ZKOUŠKY HOŘLAVOSTI

Prostřednictvím zkoušek hořlavosti je umožněno určit stupeň zapalitelnosti. Jednotlivé zkoušky se liší provedením, tvarem zkušebního předmětu a způsobem vyhodnocení.

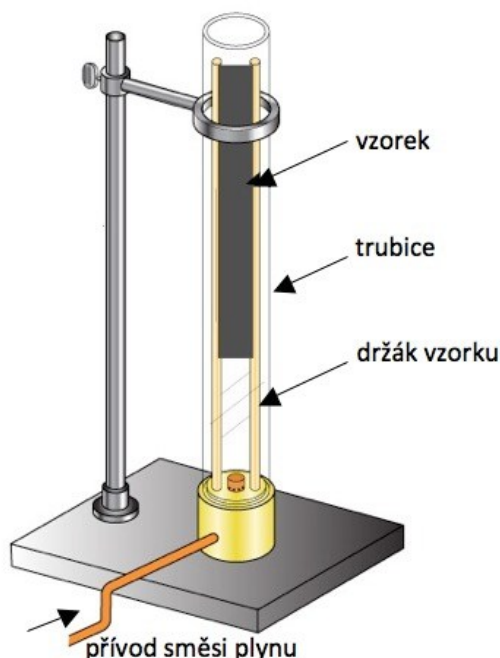
Z hlediska velikosti zkoušeného tělesa jsou zkušební metody rozlišeny na tři druhy:

- zkoušky v malém měřítku (velikost tělesa do 1 m)
- zkoušky ve středním měřítku (1–3 m)
- zkoušky ve velkém měřítku (od 3 m). [7]

3.1 Stanovení kyslíkového čísla

Kyslíkové číslo (OI) určuje minimální množství kyslíku, vyjádřeného v objemových procentech, ve směsi s dusíkem přiváděné při teplotě 23 ± 2 °C, při které zkoumaný materiál ještě hoří. Stanovení OI je řízeno normou ČSN 640756. [6]

Zkušební těleso je ve svislé poloze uloženo ve skleněné trubici, kterou směrem nahoru prochází směs kyslíku a dusíku. Zapálení se provádí shora plamenem plynového hořáku. [6]



Obr. 9. Zařízení pro stanovení kyslíkového čísla. [10]

Podle hodnoty kyslíkového čísla jsou materiály rozděleny na nehořlavé ($OI > 0,50$), samozhášivé ($OI 0,27 - 0,50$), lehce hořlavé ($OI 0,20 - 0,27$) a hořlavé ($OI < 0,20$). [7]

3.2 Zkouška žhavou smyčkou

Norma ČSN EN 60695-2-1/0 uvádí popis zkušebního zařízení a obecný postup pro hodnocení zapalitelnosti a hořlavosti izolačních materiálů a částí výrobků v elektrotechnice. Pro tyto účely je použití plastů velmi časté. Zdroj přiváděného tepla je odporový drát ve tvaru smyčky ohříváný elektrickým proudem na předepsanou teplotu. Žhavá smyčka je po určité době v kontaktu se zkušebním vzorkem a napodobuje vliv tepelného zatížení, které může způsobit vznik požáru. Po oddálení smyčky od vzorku se sleduje doba hoření. Dalším aspektem hodnocení je, zda kousky nebo kapky odpadávající ze zkušební vzorku zapálí podložku z hořlavého materiálu. [6]

Další normy ČSN EN 60695-2-1 označené jako list 1, 2, 3 používají stejné zařízení jako v listu 0, rozdíl tkví v podmínkách zkoušky a způsobu vyhodnocení. [6]

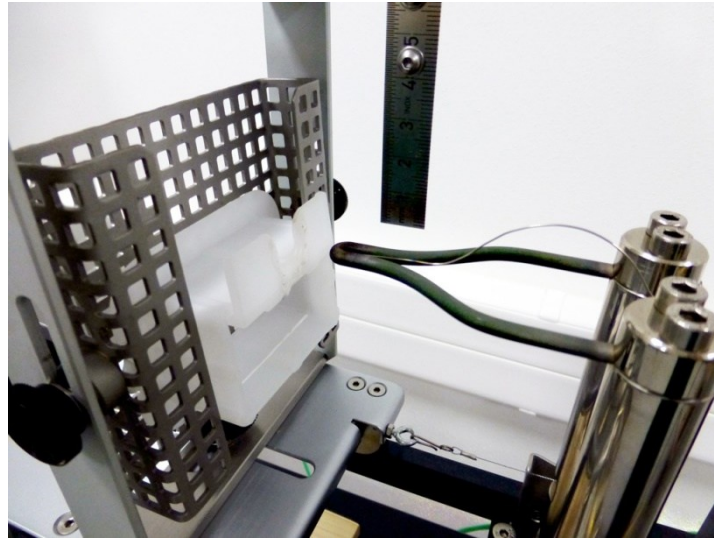
3.2.1 Zkušební těleso

Pro zkoušku žhavou smyčkou se používají tělesa deskovitého tvaru s dostatečně velkou rovinnou částí povrchu. Rozměry rovinné části jsou: délka ≥ 60 mm, šířka ≥ 60 mm, tloušťka 3 mm. [6]

3.2.2 Zkušební zařízení

Odporový drát má průměr 4 mm a je vytvořen ze slitiny niklu a chromu. Vlastní zkušební zařízení je složeno z držáku vzorku uloženým na vozíku, který je pomocí lanek ukončených závažím přitahován ke žhavé smyčce tak, aby na vzorek působila síla 0,8 – 1,2 N a samotné smyčky. [6]

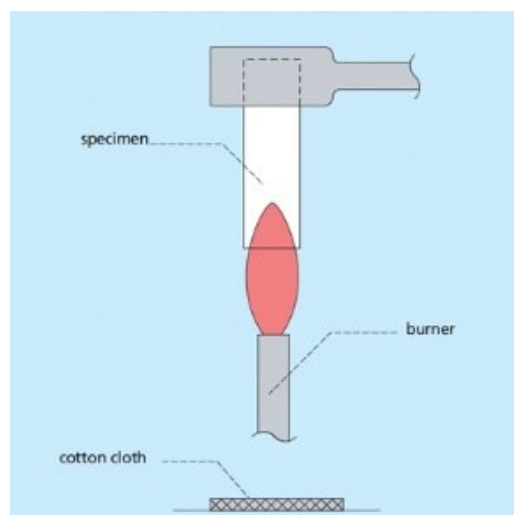
Kalibrace zařízení probíhá za použití stříbrné fólie, která se při teplotě 960 °C roztaví. [6]



Obr. 10. Zkušební zařízení pro zkoušku žhavou smyčkou. [11]

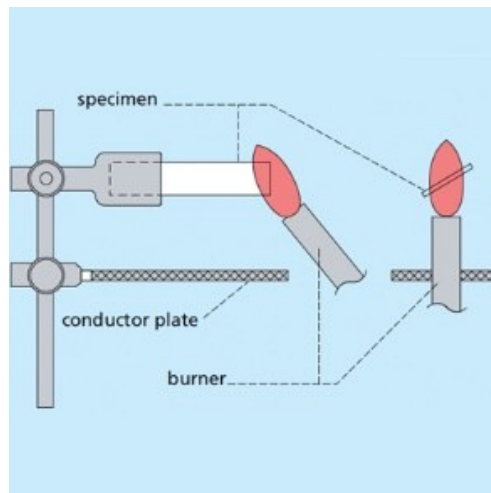
3.3 Metoda UL94

Zkouška UL94 je metodikou organizace Underwriters Laboratories. Metoda se dělí na dvě části. První část se nazývá UL94 V. V této části je zkoumaný vzorek tyčového tvaru uchyten vertikálně a plamen ji zapaluje zesponu. Po ukončení procesu určuje doba, za kterou vzorek přestane hořet, odpovídající klasifikaci: V-0 (nejméně hořlavé), V-1, V-2 nebo 5V. [13]



Obr. 11. Vertikální metoda UL94. [12]

Pokud plamen při vertikálním testu nepřestane ani po určité době hořet, je podroben horizontálnímu testu, který je označován UL94 HB. V této části testu je vzorek uchycen horizontálně a na jedné straně zapalován. Pokud plamen během určité doby zhasne, je oklasifikován jako UL94 HB. Pokud se tento test nezdaří, nedostane vzorek žádnou UL klasifikaci. [13]



Obr. 12. Horizontální metoda UL94. [12]

4 RETARDÉRY HOŘENÍ

Z důvodu poměrně nepříznivých požárně technických charakteristik plastů je nutné věnovat zvýšenou pozornost jejich požární bezpečnosti a využívat prostředky a postupy pro snižování hořlavosti, tj. retardaci. [6]

Retardéry a způsoby jejich použití můžeme rozdělit do tří skupin:

- látky, které jsou účelně přidávány do polymerů za účelem úpravy jejich vlastností (aditivní retardéry)
- látky, které jsou součástí reakční směsi při polymeraci. Tyto látky vstupují do makromolekulárního řetězce polymeru a zůstávají chemicky vázány (reaktivní retardéry)
- směsi látek nebo kombinace materiálů upravené tak, že vytvoří ochrannou vrstvu na povrchu výrobku (povrchové retardéry) [6]

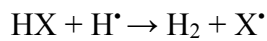
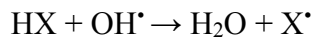
Použití **aditivních retardérů** je technologicky dostupný a propracovaný postup, který se příliš neliší od ostatních přísad modifikujících polymery. Existuje poměrně široké spektrum aditivních retardérů, které lze použít samostatně nebo v kombinacích za účelem zvýšení jejich účinnosti. Určitým problémem je zajištění úplné homogenizace retardéru v polymeru a zachování jejich účinku i z dlouhodobého hlediska při vystavení působení světla, tepla a vlhkosti. Přidáním aditivního retardéru je možné i negativně ovlivnit jiné vlastnosti polymeru, zejména mechanické, elektrické a chemické. V praxi je proto nutné najít rovnováhu mezi zlepšením požárně technických charakteristik a potřebné úrovně ostatních vlastností. [6]

Retardace pomocí **reaktivních retardérů** bývá zpravidla velmi účinná, trvalá a není zatížena nevýhodami aditivních retardérů. Je ale technologicky náročnější a dražší a z těchto důvodů není tak rozšířená. Chemické zásahy do řetězce se provádějí nejčastěji u pryskyřic určených pro reaktoplasty. [6]

Aplikace **povrchových retardéru** je technologicky nejméně náročná a levná. Prostředky povrchové ochrany jsou obvykle ve formě nátěrů, nástřiků, nánosů, obalů nebo obkladů. Z důvodu použití pouze na povrchu, neovlivňují povrchové retardéry další vlastnosti polymeru. Určitým problémem je zajištění dostatečné adheze nátěrových prostředků k povrchu chráněného plastu. Typická oblast použití povrchových retardérů je ochrana vodičů a kabelů. [6]

4.1 Retardéry obsahující halogen

Retardační účinek halogenových sloučenin je založen především na reakci halogenvodíku HX s aktivními radikály OH[•] a H[•] v plynné fázi. Tyto radikály jsou výsledkem oxidačních reakcí, které jsou charakteristické pro hoření polymerů. [6]



Radikály OH[•] a H[•] těmito reakcemi zanikají a tím zpomalují, případně přerušují hoření. [6]

4.2 Retardéry obsahující červený fosfor

Retardační účinek červeného fosforu je založen hlavně v jeho možnosti oxidovat a působit tak v procesu hoření jako redukční činidlo. Produkty oxidaci fosforu jsou oxid fosforečný a kyselina fosforečná. Tyto látky zabraňují rozkladným reakcím polymeru v kondenzované fázi a podporují vznik zuhelnatělé vrstvy na jeho povrchu. Tato vrstva je tepelně odolná, znemožňuje polymeru reakci s kyslíkem a komplikuje přestup tepla vytvořeného hořením do polymeru. [6]

5 VLIV OZÁŘENÍ POLYMERŮ

Ozařováním polymerů dosáhneme dodatečného zesíťování materiálu, čímž dochází ke zlepšení mechanických, tepelných a chemických vlastností plastů, to vše při působení beta nebo gama záření. To umožňuje použití levnějších komoditních materiálů, které tímto dodatečným zesíťováním získají vlastnosti podobné materiálům dražším a rozšiřuje se tak jejich pole působnosti. [16]

Toto zesíťení je dosaženo působením molekul prostřednictvím vysokoenergetických elektronů nebo paprsků gama. Tato energie je pohlcována materiálem a rozpadem vazeb mezi uhlíkem a vodíkem vznikají radikály, které postupně mezi sebou reagují a vytvářejí nová spojení. [16]

Ozařování polymerů má pozitivní efekt v oblastech, kde je nutná odolnost materiálu vůči dlouhodobě vysokým provozním teplotám, zlepšuje creepové vlastnosti, odolnost proti otěru a tvarovou paměť. Ozařováním termoplastů mohou vznikat materiály, které mají za určitých teplotních podmínek elastomerové vlastnosti. [16]

K ozařování dochází až po zpracovatelském procesu na hotových výrobcích, často za pokojové teploty a atmosférického tlaku. [14]

Mezi polymery, které při ozařování síťují patří např. PE, PS, PVC, PA. [14]

6 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

V bakalářské práci byly stanoveny následující cíle:

- vypracování literární rešerše na dané téma
- výroba a příprava zkušebních těles
- testování zkušebních těles za využití metody žhavé smyčky
- vyhodnocení naměřených výsledků

Literární rešerše se věnuje výrobě, rozdělení a hořlavosti polymerů. Taktéž jsou zde popsány zkoušky hořlavosti polymerních materiálů, retardéry hoření a vliv ozáření polymerů.

V praktické části se bakalářská práce zaměřuje na popis zkoušených materiálů, vzorků, samotným měřením a vyhodnocením zkoušek hořlavosti pomocí žhavé smyčky.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 VÝROBA A PŘÍPRAVA ZKUŠEBNÍCH TĚLES

Zkušební tělesa byla vyrobena vstřikováním na vstřikovacím stroji Arburg Allrounder 470 H 1000-400. Jednotlivé vstřikovací podmínky byly zvoleny dle doporučení výrobců použitých materiálů.

Část materiálů byla bezprostředně po vystříknutí převezena do firmy BGS Beta-Gama-Servise GmbH & Co. KG, kde byla následně ozářena ionizačním beta zářením o dávkách 33, 66, 99, 132, 165 a 198 kGy.

7.1 Zvolené materiály

Před výrobou bylo nutné vybrat materiály, ze kterých budou následně vytvořeny testované vzorky.

7.1.1 Polystyren

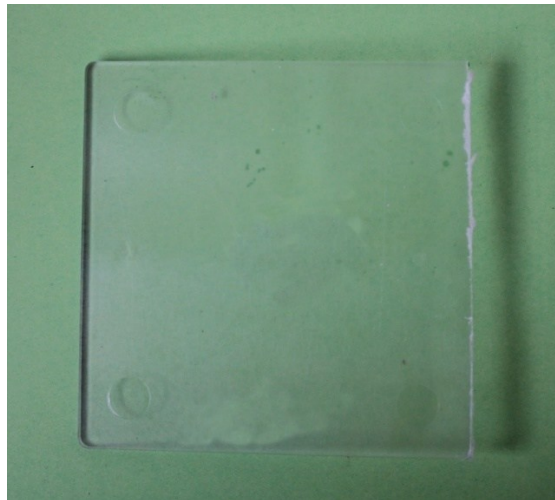
Pro zkoušku byl použit polystyren známý pod obchodním názvem Styron 71 type 495. Jedná se o relativně pevný, ale lehce lámavý polymer bílé barvy. Polystyren je málo tepelně odolný materiál, který při tepelném působení uvolňuje karcinogenní styren. Podle materiálové listu má materiál hustotu $1,05 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti 2000 MPa a index hořlavosti žhavou smyčkou $650 \text{ }^\circ\text{C}$. [17]



Obr. 13. Zkušební těleso polystyrenu.

7.1.2 Polykarbonát

Obchodní název zkoušeného polykarbonátu je Calibre. Jedná se o tvrdý, průhledný materiál s poměrně dobrými tepelnými vlastnostmi. Hodnota hustoty dosahuje $1,20 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti se rovná 2300 MPa a kyslíkové číslo je pak 26% . [18]



Obr. 14. Zkušební těleso polykarbonátu.

7.1.3 Polyamid – 6

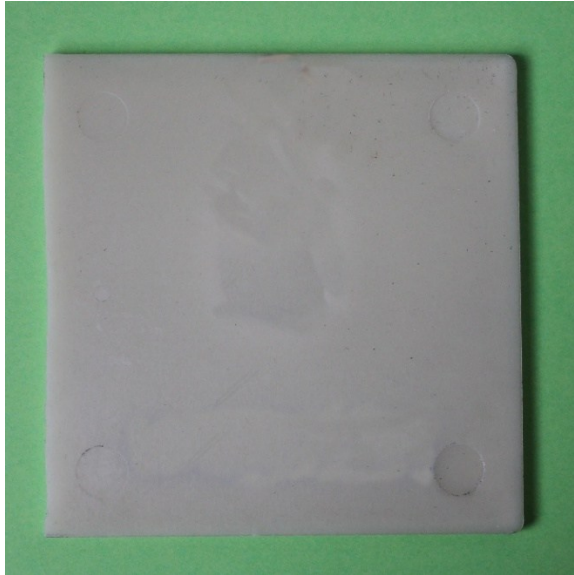
Polyamid – 6 je nažloutlý polymerní materiál vyznačující se především poměrně vysokou houževnatostí. Obchodní označení zkoušeného vzorku je Ravamid BNC Natur. Hustota materiálu je $1,14 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti 2200 MPa a index hořlavosti žhavou smyčkou 650 °C . [19]



Obr. 15. Zkušební těleso polyamidu – 6.

7.1.4 Polyamid – 66 Duramid

Zkoušený Polyamid – 66, nesoucí obchodní označení V-Duramid TH2612.0SZB 807, byl díky plnění 60 % skelného vlákna velmi tvrdý a pevný a zároveň velmi tepelně odolný, nažloutlý materiál o hustotě $1,7 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti je roven $19\,500 \text{ MPa}$. [20]



Obr. 16. Zkušební těleso polyamidu – 66 Duramid.

7.1.5 Polypropylen 30 % GF

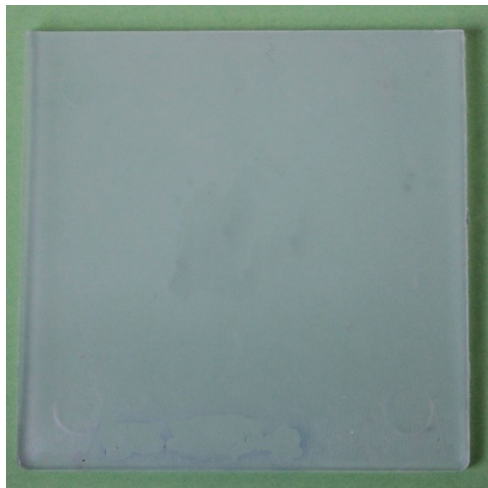
Polypropylen s obchodním označením Copolymer 30 % GF je nažloutlý, tvrdý polymer, který obsahuje 30 % skelného vlákna. Hustota tohoto materiálu je $1,13 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti je 5400 MPa . [21]



Obr. 17. Zkušební těleso polypropylenu 30 % GF.

7.1.6 Polypropylen Ducor

V tomto případě byl zkoušeným vzorkem polypropylen známý pod obchodním názvem Homopolymer Ducor 1100L. Jedná se o čirý, měkký materiál o hustotě $0,91 \text{ g/cm}^3$. Modul pružnosti je roven 1500 MPa . Jakkoliv vysoká dávka záření se vizuálně neprojevila na vzhledu vzorku. [22]



Obr. 18. Zkušební těleso ozářeného polypropylenu Ducor.

7.1.7 Polyamid – 66 Creamid

Polyamid – 66 známý pod obchodním názvem V-PTS-CREAMID-A3H7.2G6 je pevný a tvrdý materiál černé barvy, jehož vlastnosti modifikuje 30 % skelného vlákna v jeho objemu. Hustota je rovna $1,39 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti dosahoval 9300 MPa . [23]



Obr. 19. Zkušební těleso ozářeného polyamidu – 66 Creamid.

7.1.8 Polyamid 7T

Polyamid 7T je na první pohled nerozpoznatelný od polyamidu – 66. Jedná se rovněž o pevný a tvrdý materiál černé barvy, nesoucí obchodní název V-DURAMID-TH7G12.0SZB. V tomto případě je polyamid vyplněn 56 % skelného vlákna. Hustota dosahovala hodnoty $1,63 \text{ g/cm}^3$, modul pružnosti je roven 19000 MPa .



Obr. 20. Zkušební těleso ozářeného polyamidu 7T.

8 ZKOUŠKY HOŘLAVOSTI A ZAPALITELNOSTI VYBRANÝCH POLYMERŮ

Zkoušky probíhaly formou metody žhavé smyčky dle normy ČSN EN 60695 – 2. Při těchto zkouškách hodnotíme chování polymerů při zahřívání žhavou smyčkou tlačící na čtvercovou desku po dobu 30 s.

Při zkouškách podle ČSN EN 60695 – 2 – 12 je hodnocena hořlavost materiálu (GWFI – glow wire flammability index). Zkouška probíhá v rozsahu teplot 550 °C až 950 °C. Materiál zkouškou projde, pokud nezačne hořet nebo plamen zhasne do 30 s po jeho započetí. Pod smyčkou a zkušebním tělesem je umístěn hedvábný papír, který nesmí, v důsledku případných kapek roztaveného polymeru, začít hořet.

Druhá část zkoušky probíhající dle ČSN EN 60695 – 2 – 13, kdy je zjišťována teplota zapálení (GWIT – glow wire ignition temperature). Tato část zkoušky je splněna, pokud těleso nezačne hořet nebo plamen zhasne do 5 s.



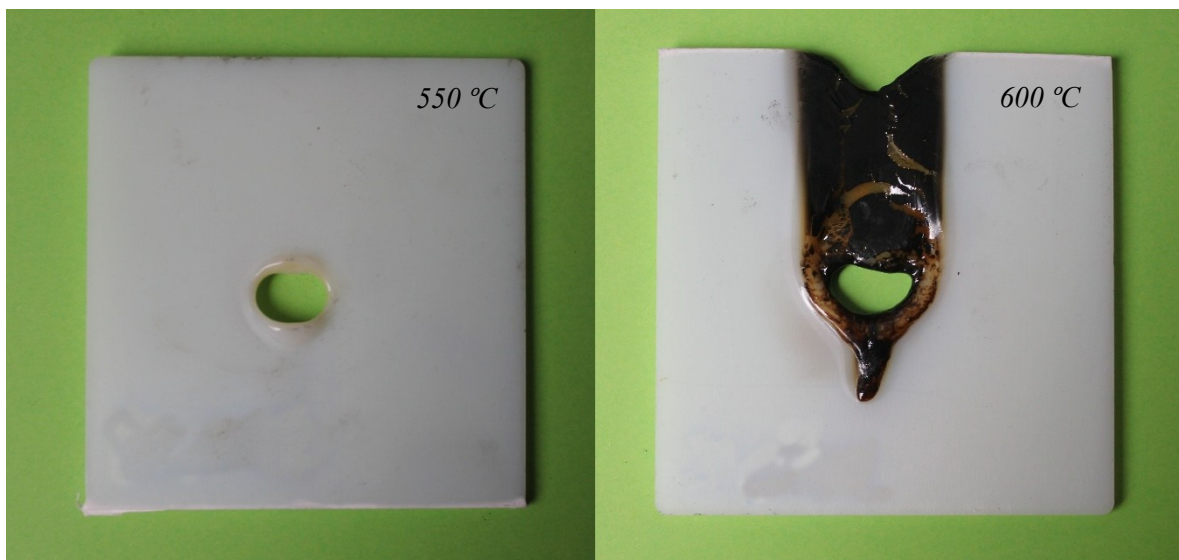
Obr. 21. Zkouška žhavou smyčkou polystyrenu při 600 °C.

9 VÝSLEDKY HOŘLAVOSTI A ZAPALITELNOSTI U NEOZÁŘENÝCH POLYMERŮ

V první části bylo provedeno měření u materiálů, které nebyly ozářeny. Jedinou modifikací, která se u některých zkoušených polymerů vyskytovala, byla plniva v podobě skelných vláken.

9.1 Polystyren

Při zkoušce byla patrná vysoká hořlavost polystyrenu. Zkušební těleso začalo hořet již při 600 °C po 7 s kontaktu vzorku se smyčkou. Plamen dosahoval výšky 8 cm a po započetí už těleso hořet nepřestalo. Tím, že plamen neustával, nebyla splněna podmínka zkoušky žhavicí smyčkou. Následně byla ještě dvakrát provedena zkouška při teplotě 550 °C pro potvrzení předešlého výsledku. Hodnota GWFI je rovna 550 °C, hodnota GWIT je pak 575 °C.



Obr. 22 Zkouška hořlavosti polystyrenu při 550 °C a 600 °C.

Tab. 1. Vyhodnocení zkoušky GWFI polystyrenu.

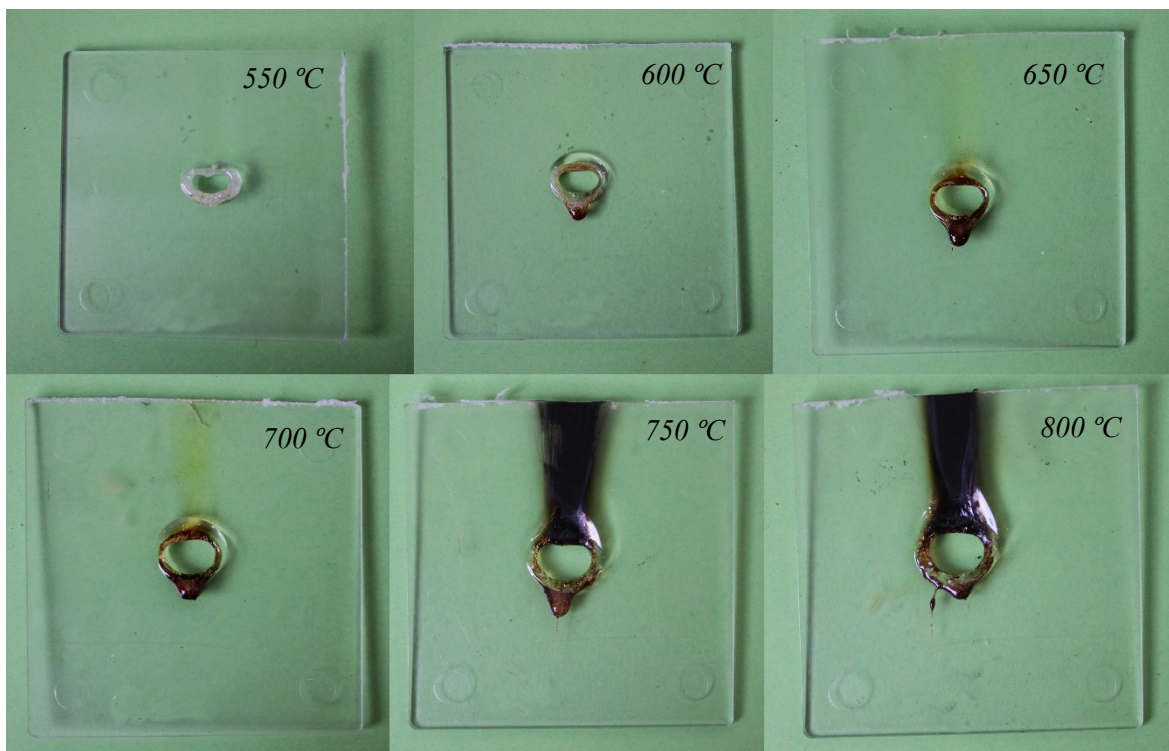
Norma:	ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		22.3.2017				
Obchodní název:	STYRON 71 TYPE 495		Typ:	PS	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:		Balící papír:		Zkušební tělíska:				
	ANO		ANO		ANO				
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm		>90 %		VYHOVUJE				
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:		Polyfunkční mon.:				
	5.	BÍLÁ	NE						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	7	>60	-	ANO	NE	80	NE
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	550/2,5

Tab. 2. Vyhodnocení zkoušky GWFI polystyrenu.

Norma:	ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		22.3.2017				
Obchodní název:	STYRON 71 TYPE 495		Typ:	PS	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:		Balící papír:		Zkušební tělíska:				
	ANO		ANO		ANO				
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm		>90 %		VYHOVUJE				
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:		Polyfunkční mon.:				
	5.	BÍLÁ	NE						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	7	>60	-	ANO	NE	80	NE
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	575/2,5

9.2 Polykarbonát

Polykarbonát se při počátečních teplotách pouze taval, a to tak, že celá smyčka pronikla skrze zkušební těleso. Plamen se objevil při teplotě 750 °C po uběhnutí 8 s, následně však po 32 s ustal, čímž ještě splnil podmínku GWFI, nikoliv však podmínku GWIT, kdy plamen musí zhasnout do 5 s. Plamen dosahoval výšky 4 cm a přibývajícím žářem se nezvětšoval. Následně byla teplota zvýšena na 800 °C, kdy těleso začalo hořet již po 3 s a uhaslo až po 43 s. Po tomto výsledku, kdy těleso nesplnilo podmínku GWFI, tedy zhasnout do 30 s, došlo k potvrzení dosaženého výsledku při teplotě 750 °C. GWFI polykarbonátu je podle měření rovno 750 °C, hodnota GWIT odpovídá 725 °C.



Obr. 23. Zkouška hořlavosti polykarbonátu od 550 °C po 800 °C.

Tab. 3. Vyhodnocení zkoušky GWFI polykarbonátu.

Norma:	ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		29.3.2017				
Obchodní název:	CALIBRE		Typ:	PC	Příprava:	Vstřík.			
			Vstřík.		Výrobce:				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balicí papír:		Zkušební tělíska:					
	ANO	ANO		ANO					
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozeř hrotu A:	4 mm	>90 %		VYHOVUJE					
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ČIRÁ	NE						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	750	1	8	32	ANO	ANO	NE	40	ANO
0	800	1	3	43	NE	ANO	NE	40	NE
0	750	1	7	32	ANO	ANO	NE	40	ANO
0	750	1	8	33	ANO	ANO	NE	40	750/2,5

Tab. 4. Vyhodnocení zkoušky GWIT polykarbonátu.

Norma:	ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		29.3.2017				
Obchodní název:	CALIBRE		Typ:	PC	Příprava:	Vstřík.			
			Vstřík.		Výrobce:				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balicí papír:		Zkušební tělíska:					
	ANO	ANO		ANO					
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozeř hrotu A:	4 mm	>90 %		VYHOVUJE					
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ČIRÁ	NE						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	750	1	8	32	ANO	ANO	NE	40	NE
0	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	700	1	-	-	-	NE	NE	-	725/2,5

9.3 Polyamid - 6

Polyamid – 6 nevykazoval vysokou tepelnou odolnost, hoření začalo na 600 °C, kdy se plamen objevil po 8 s a zhasl po 30 s. Nesplnil ale podmínku figurující jak u GWFI a GWIT, neporušit či nezapálit hedvábnou podložku umístěnou pod zkušebním tělesem a žhavou smyčkou. Jelikož byla podložka zapálena při 600 °C, nezbývalo než provést další dva pokusy při 550 °C a potvrdit předešlé výsledky. Konečná hodnota GWFI je tedy 550 °C a hodnota GWIT je 575 °C.



Obr. 24. Zkouška hořlavosti polyamidu – 6 od 550 °C po 650 °C.

Tab. 5. Vyhodnocení zkoušky GWFI polyamidu – 6.

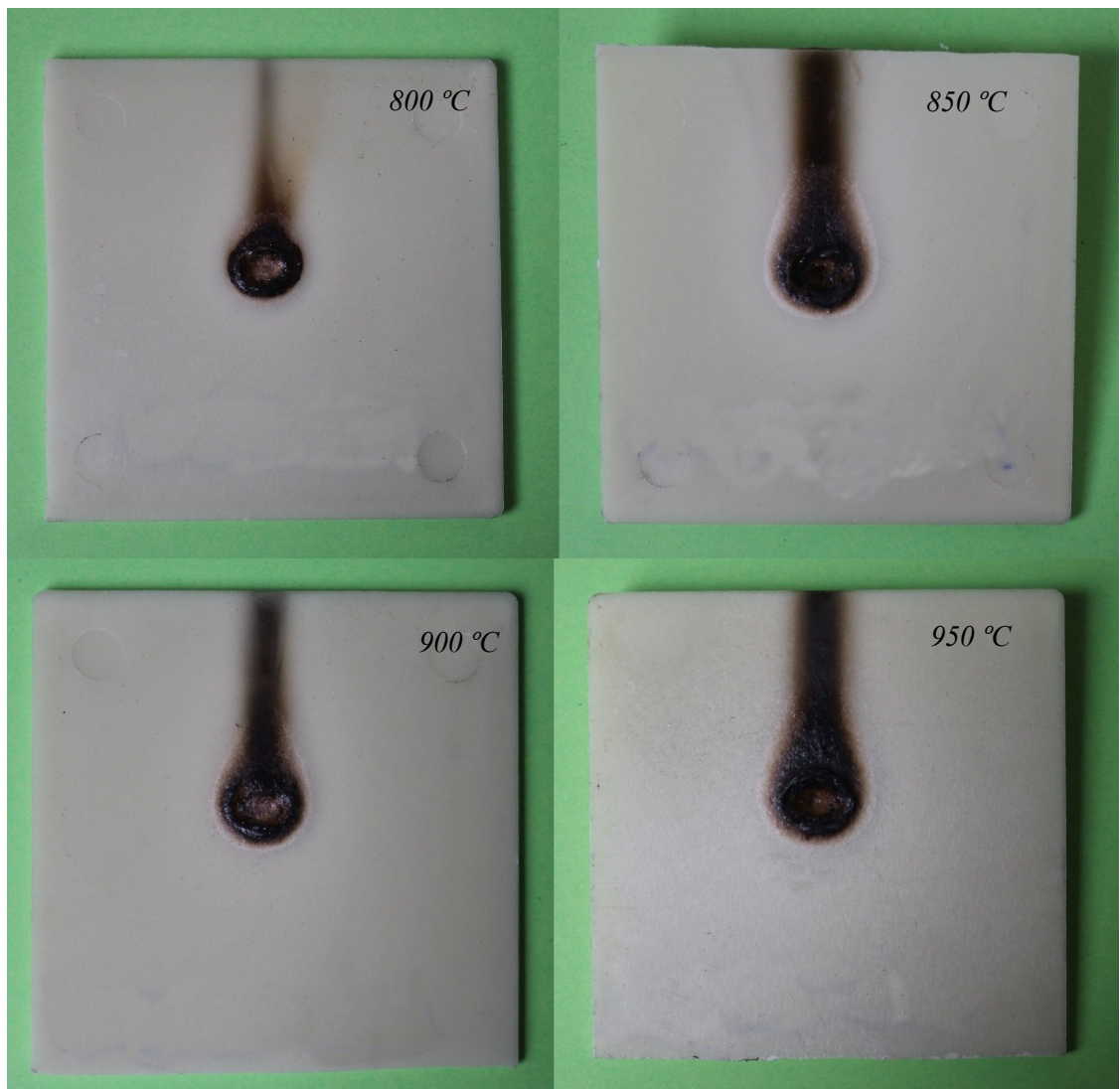
Norma:	ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		22.3.2017				
Obchodní název:	RAVAMID BNC NATUR		Typ:	PA-6	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balící papír:	Zkušební tělíska:						
	ANO	ANO	ANO						
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %	VYHOVUJE						
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ŽLUTÁ	NE						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělísco [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělísco	Podložka		
0	600	3	8	30	ANO	ANO	ANO	50	NE
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	550/2,5

Tab. 6. Vyhodnocení zkoušky GWIT polyamidu – 6.

Norma:	ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		22.3.2017				
Obchodní název:	RAVAMID BNC NATUR		Typ:	PA-6	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balící papír:	Zkušební tělíska:						
	ANO	ANO	ANO						
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %	VYHOVUJE						
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ŽLUTÁ	NE						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělísco [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělísco	Podložka		
0	600	1	8	30	ANO	ANO	NE	50	NE
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	575/2,5

9.4 Polyamid – 66

Polyamid – 66 s plnivem, kterým je 60 % skelného vlákna, vykazoval velikou odolnost vůči vysokým teplotám. Od 550 °C až po 800 °C těleso nehořelo, docházelo pouze k lehkému natavení povrchu materiálu. Plamen se objevil po 13 s až při 850 °C a zhasnul po 35 s. Následovaly dva pokusy při teplotě 800 °C pro potvrzení hodnoty GWIT rovné 825 °C. Poté se teplota zvyšovala na 900 °C a dál až na 950 °C, což je hraniční teplota zkoušky hořlavosti. Zde už ovšem nebyla splněna časová podmínka, a proto hodnota GWFI je rovna 900 °C.



Obr. 25. Zkouška hořlavosti polyamidu – 66 od 800 °C po 950 °C.

Tab. 7. Vyhodnocení zkoušky GWFI polyamidu – 66.

Norma:	ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		22.3.2017				
Obchodní název:	V-DURAMID TH2612.OSZB 807		Typ:	PA-66	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balící papír:	Zkušební tělíska:						
	ANO	ANO	ANO						
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %	VYHOVUJE						
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ŽLUTÁ	ANO – 60 % GF						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	750	1	-	-	NE	NE	NE	-	ANO
0	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	850	1	13	35	ANO	ANO	NE	30	ANO
0	900	1	15	36	ANO	ANO	NE	30	ANO
0	950	1	11	48	NE	ANO	NE	50	NE
0	900	2	18	33	ANO	ANO	NE	30	900/2,5

Tab. 8. Vyhodnocení zkoušky GWIT polyamidu – 66.

Norma:	ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		22.3.2017				
Obchodní název:	V-DURAMID TH2612.OSZB 807		Typ:	PA-66	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balící papír:	Zkušební tělíska:						
	ANO	ANO	ANO						
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %	VYHOVUJE						
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ŽLUTÁ	ANO – 60 % GF						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	750	1	-	-	NE	NE	NE	-	ANO
0	800	1	-	-	NE	NE	NE	-	ANO
0	850	1	13	35	ANO	ANO	NE	30	NE
0	800	2	-	-	NE	NE	NE	-	825/2,5

9.5 Polypropylen

Při testování polypropylenu se od 550 °C smyčka protavovala tělesem. Plamen se objevil po 25 s při 650 °C. Při vzplanutí až 7 cm vysokého plamene začal ze zkušebního tělesa odkapávat roztavený polypropylen. Opět bylo provedeno potvrzení výsledku při teplotě o 50 °C nižší. Polypropylen tedy dosáhl hodnoty GWFI rovné 600 °C a GWIT 625 °C.



Obr. 26. Zkouška hořlavosti polypropylenu od 550 °C po 650 °C.

Tab. 9. Vyhodnocení zkoušky GWFI polypropylenu.

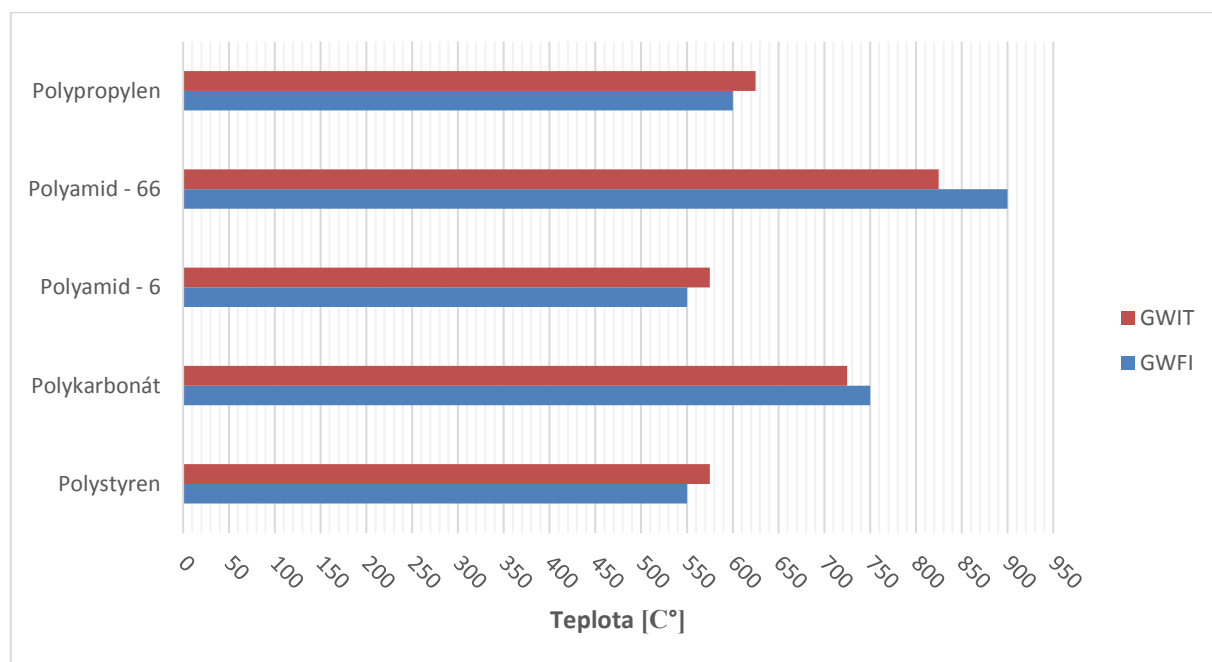
Norma:	ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:	12.4.2017					
Obchodní název:	COPOLYMER 30 % GF		Typ:	PP	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balící papír:	Zkušební tělíska:						
	ANO	ANO	ANO						
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:			VYHOVUJE					
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %	VYHOVUJE						
Zkušební tělíska:	Rozměry:			Tloušťka tělísek:					
	75 x 75 mm			2,5 mm					
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ŽLUTÁ	ANO – 30 % GF						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělísko [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělísko	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	25	-	NE	ANO	ANO	70	NE
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5

Tab. 10. Vyhodnocení zkoušky GWIT polypropylenů.

Norma:	ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		12.4.2017				
Obchodní název:	COPOLYMER 30 % GF		Typ:	PP	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balící papír:	Zkušební tělíska:						
	ANO	ANO	ANO						
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %	VYHOVUJE						
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ŽLUTÁ	ANO – 30 % GF						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	25	-	ANO	ANO	ANO	40	NE
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5

9.6 Shrnutí zkoušek hořlavosti neozářených polymerů

Nejvyšších hodnot odolnosti vůči vysokým teplotám projevil polyamid – 66, a to především díky vysokému zastoupení skelného vlákna ve svém složení. Naopak nejnižších hodnot dosáhl polystyren společně s polyamidem – 6. Ani jeden z těchto materiálů plnivo neobsahoval.



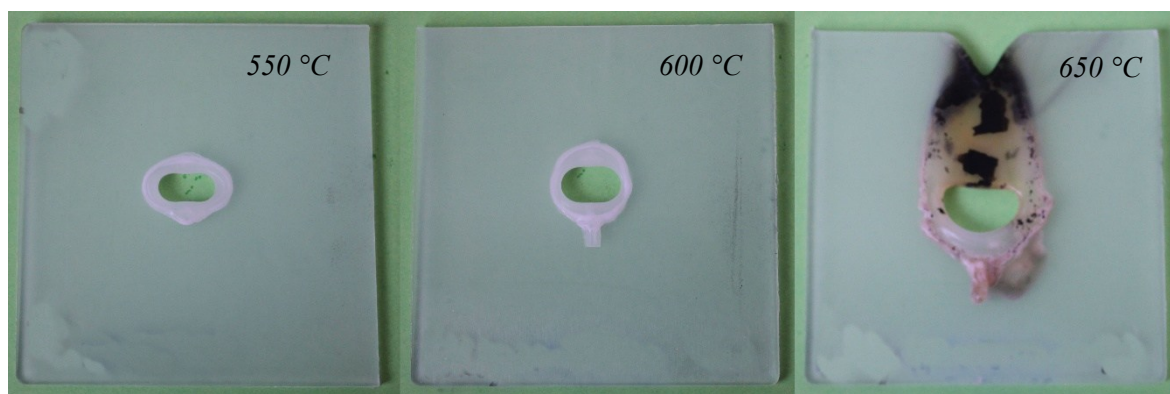
Obr. 27. Shrnutí zkoušek hořlavosti neozářených polymerů.

10 ZKOUŠKY HOŘLAVOSTI A ZAPALITELNOSTI OZÁŘENÝCH POLYMERŮ

V druhé části experimentu byly zkouškám hořlavosti podrobeny materiály modifikované ozářením. U každého typu polymeru byly k dispozici vzorky neozářené a vzorky s 33, 66, 99, 132, 165 a 198 kGy. Gy (Gray) je jednotka absorbované dávky záření odpovídající energii záření jednoho joulu absorbované jedním kilogramem látky.

10.1 Polypropylen

Polypropylen je z těch zástupců polymerů, kterým ozářením nepropůjčuje žádné žáruvzdorné vlastnosti. To znamená, že při všech hodnotách dávek reagoval testovaný vzorek stejně, a to protavením smyčky skrz a po dosažení teploty 650 °C, přičemž vznikl v průměru po 9 s plamen, který už nezhasnul. Pro potvrzení byl dvakrát proveden test při 600 °C, což je hodnota GWFI, hodnota GWIT je pak o 25 °C vyšší.



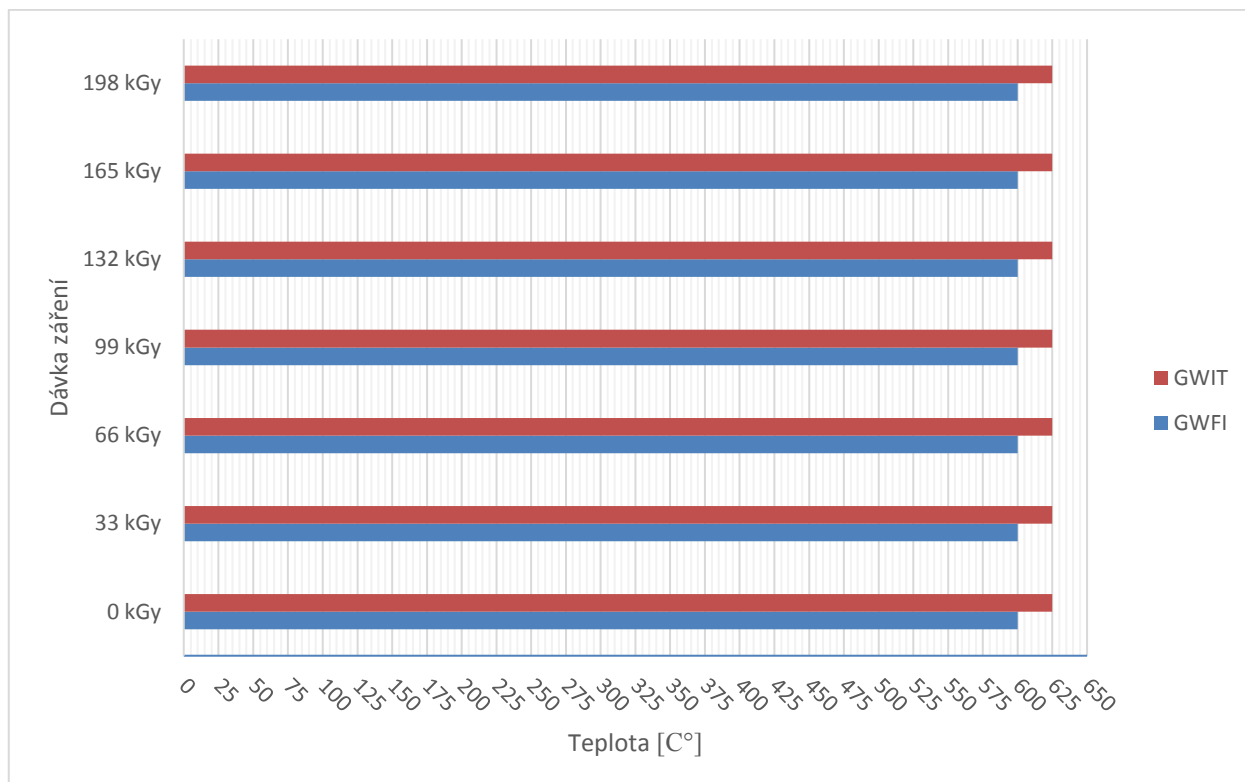
Obr. 28. Zkouška hořlavosti polypropylenu ozářeného 66 kGy od 550 °C po 650 °C.

Tab. 11. Vyhodnocení zkoušky GWFI ozářeného polypropylenu.

Norma:	ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		29.3.2017				
Obchodní název:	HOMOPOLYMER DUCOR 1100L		Typ:	PP	Příprava:	Vstřík.			
			Výrobce:						
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balicí papír:		Zkušební tělíska:					
	ANO	ANO		ANO					
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %		VYHOVUJE					
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ČIRÁ	ANO - 30GF						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	10	-	NE	ANO	NE	60	NE
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5
33	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	650	1	8	-	NE	ANO	NE	50	NE
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5
66	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	650	1	8	-	NE	ANO	NE	50	NE
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5
99	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	650	1	9	-	NE	ANO	NE	50	NE
99	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5
132	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	650	1	8	-	NE	ANO	NE	50	NE
132	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5
165	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	650	1	9	-	NE	ANO	NE	50	NE
165	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5
198	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	650	1	7	-	NE	ANO	NE	50	NE
198	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	600	1	-	-	-	NE	NE	-	600/2,5

Tab. 12. Vyhodnocení zkoušky GWIT ozářeného polypropylenu.

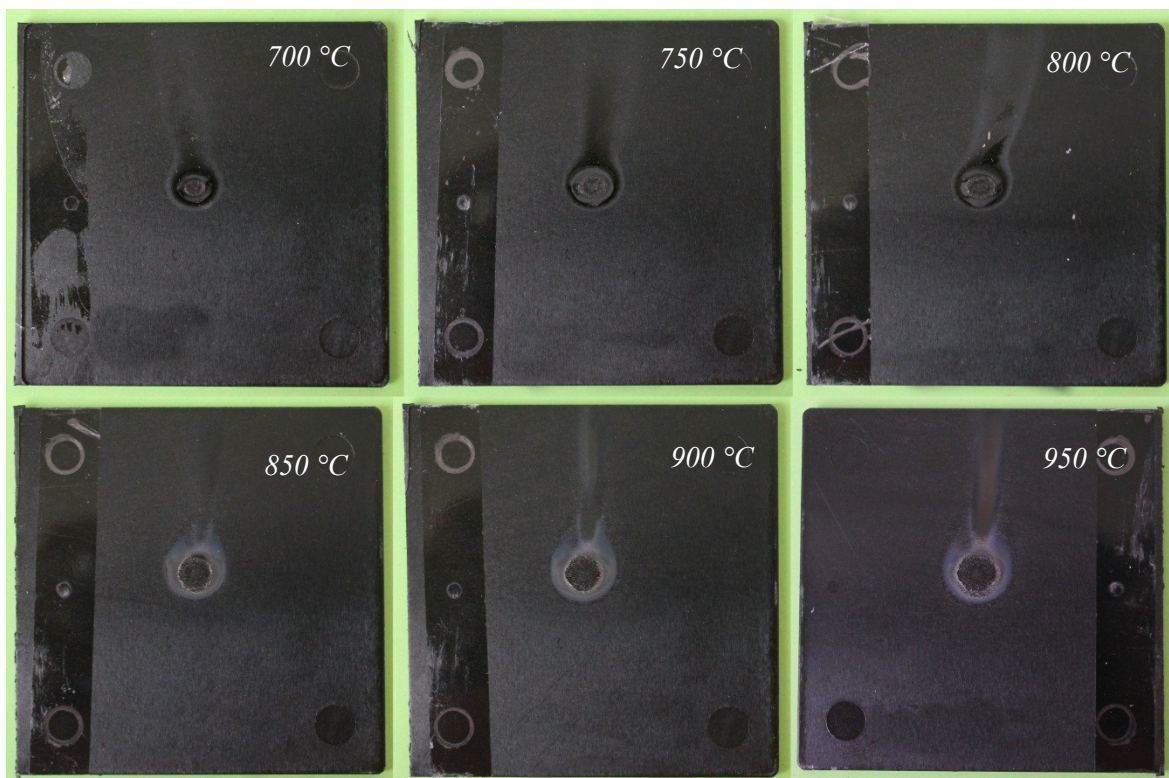
Norma:		ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		29.3.2017			
Obchodní název:		HOMOPOLYMER DUCOR 1100L		Typ:	PP	Příprava:	Výrobce:		
						Vstřík.			
Aklimatizace před zkouškou:		Dřevěná podložka:		Balící papír:		Zkušební tělíska:			
		ANO		ANO		ANO			
Kalibrace systému měření teploty:		Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE			
Rozměr hrotu A:		4 mm		>90 %		VYHOVUJE			
Zkušební tělíska:		Rozměry:				Tloušťka tělísek:			
		75 x75 mm				2,5 mm			
Materiál:		Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:				
		5.	ČIRÁ	ANO - 30GF					
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělísco [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělísco	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	10	-	ANO	ANO	NE	50	NE
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5
33	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	650	1	8	-	ANO	ANO	NE	50	NE
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5
66	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	650	1	8	-	ANO	ANO	NE	50	NE
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5
99	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	650	1	9	-	ANO	ANO	NE	50	NE
99	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5
132	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	650	1	8	-	ANO	ANO	NE	50	NE
132	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5
165	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	650	1	9	-	ANO	ANO	NE	50	NE
165	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5
198	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	650	1	7	-	NE	ANO	NE	50	NE
198	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	600	1	-	-	-	NE	NE	-	625/2,5



Obr. 29. Shrnutí zkoušek hořlavosti ozářeného polypropylenu.

10.2 Polyamid – 66

Při testování neozářeného polyamidu – 66 docházelo k hoření již při 650 °C, a to neustávajícím plamenem vysokým 5 cm. Neozářený polyamid – 66 dosáhl hodnoty GWFI 675 °C a hodnoty GWIT 650 °C. Už při testování polyamidu – 66, který pohltil 33 kGy, dochází k razantnímu nárůstu žáruvzdornosti. U všech dalších ozářených vzorků se plamen začínal objevovat při 850 °C a byl viditelně menší. Tento plamen navíc v momentě přerušení kontaktu smyčky a tělesa ustal. Ozářený polyamid – 66 proto dosáhl hodnoty GWFI 950 °C. Hodnota GWIT lehce kolísala mezi 825 °C až 875 °C, což si vysvětlují nedokonalým očištěním dotykové plochy smyčky, která je v kontaktu se zkoušenou destičkou.



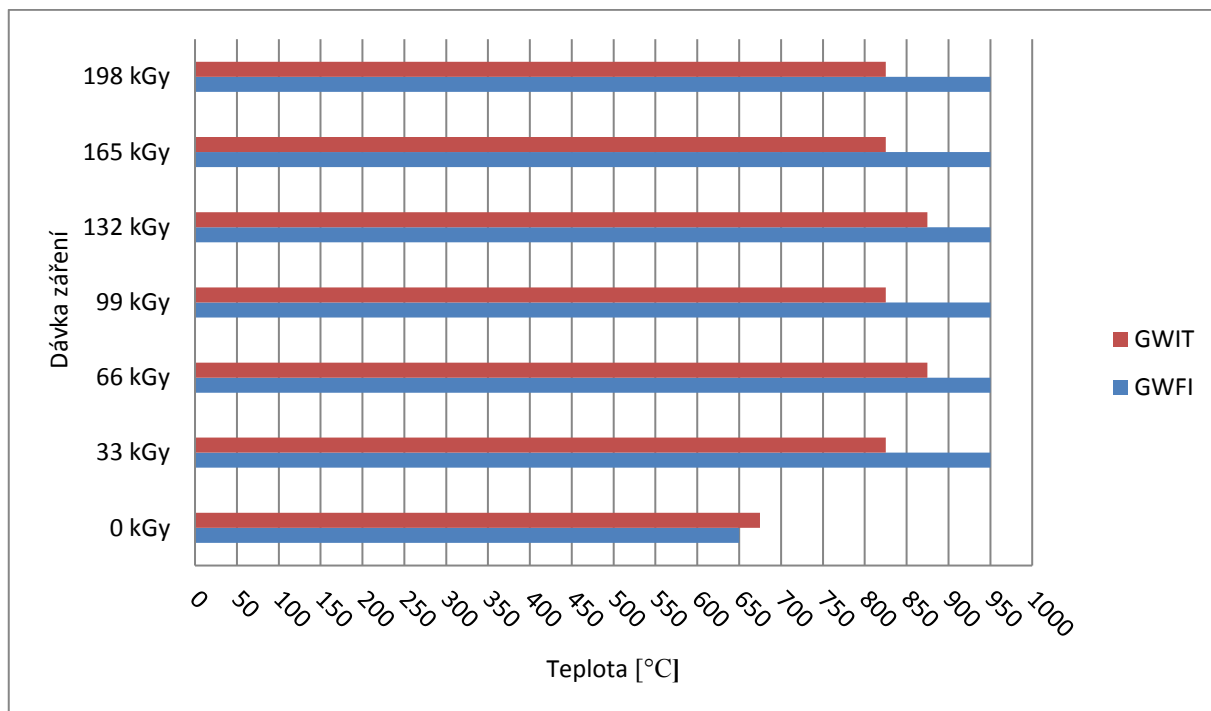
Obr. 30. Zkouška hořlavosti polyamidu – 66 ozářeného 99 kGy od 700 °C do 950 °C.

Tab. 13. Vyhodnocení zkoušky GWFI ozářeného polyamidu – 66.

Norma:		ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		29.3.2017			
Obchodní název:		V-PTS-CREAMID-A3H7.2G6		Typ:	PA-66	Příprava:	Vstřík.	Výrobce:	
Aklimatizace před zkouškou:		Dřevěná podložka:		Balicí papír:		Zkušební tělíska:			
		ANO		ANO		ANO			
Kalibrace systému měření teploty:		Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE			
Rozměr hrotu A:		4 mm		>90 %		VYHOVUJE			
Zkušební tělíska:		Rozměry:				Tloušťka tělísek:			
		75 x75 mm				2,5 mm			
Materiál:		Číslo:	Barva:	Plněný:		Polyfunkční mon.:			
		5.	ČERNÁ	ANO - 30GF					
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	700	1	8	-	NE	ANO	NE	50	NE
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	650/2,5
33	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	750	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	850	1	13	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
33	900	1	14	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
33	950	1	3	30	ANO	ANO	NE	30	ANO
33	950	1	3	30	ANO	ANO	NE	30	ANO
33	950	1	3	30	ANO	ANO	NE	30	950/2,5
66	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	850	1	28	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
66	900	1	8	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
66	950	1	2	30	ANO	ANO	NE	30	ANO
66	950	1	1	30	ANO	ANO	NE	30	ANO
66	950	1	2	30	ANO	ANO	NE	30	950/2,5
99	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	850	1	19	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
99	900	1	9	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
99	950	1	6	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
99	950	1	5	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
99	950	1	5	30	ANO	ANO	NE	20	950/2,5
132	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	850	1	29	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
132	900	1	10	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
132	950	1	4	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
132	950	1	3	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
132	950	1	4	30	ANO	ANO	NE	20	950/2,5
165	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	850	1	14	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
165	900	1	8	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
165	950	1	5	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
165	950	1	4	30	ANO	ANO	NE	20	ANO
165	950	1	4	30	ANO	ANO	NE	20	950/2,5
198	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	850	1	23	30	ANO	ANO	NE	5	ANO
198	900	1	13	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
198	950	1	7	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
198	950	1	6	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
198	950	1	7	30	ANO	ANO	NE	10	950/2,5

Tab. 14. Vyhodnocení zkoušky GWIT ozářeného polyamidu – 66.

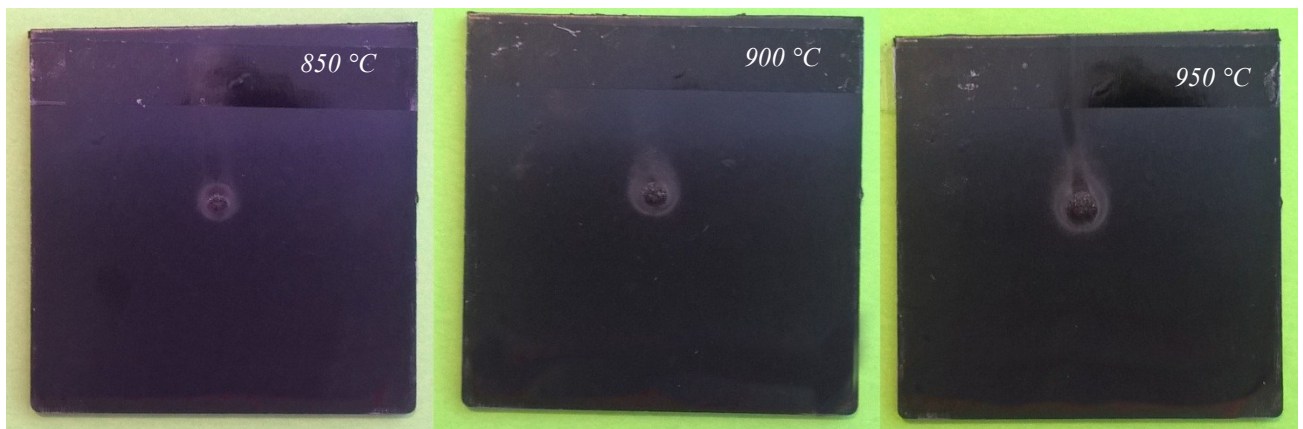
Norma:	ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		29.3.2017				
Obchodní název:	V-PTS-CREAMID-A3H7.2G6		Typ:	PA-66	Příprava:	Výrobce:			
					Vstřík.				
Aklimatizace před zkouškou:	Dřevěná podložka:	Balicí papír:		Zkušební tělíska:					
	ANO	ANO		ANO					
Kalibrace systému měření teploty:	Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE				
Rozměr hrotu A:	4 mm	>90 %		VYHOVUJE					
Zkušební tělíska:	Rozměry:				Tloušťka tělísek:				
	75 x75 mm				2,5 mm				
Materiál:	Číslo:	Barva:	Plněný:	Polyfunkční mon.:					
	5.	ČERNÝ	ANO - 30GF						
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	700	1	8	-	ANO	ANO	NE	50	NE
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
0	650	1	-	-	-	NE	NE	-	675/2,5
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	750	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	850	1	13	30	ANO	ANO	NE	20	NE
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	825/2,5
66	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	850	1	28	30	NE	ANO	NE	10	ANO
66	900	1	8	30	ANO	ANO	NE	20	NE
66	850	1	28	30	NE	ANO	NE	10	ANO
66	850	1	28	30	NE	ANO	NE	10	875/2,5
99	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	850	1	18	30	ANO	ANO	NE	10	NE
99	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	800	1	-	-	-	NE	NE	-	825/2,5
132	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	850	1	29	30	NE	ANO	NE	10	ANO
132	900	1	10	30	ANO	ANO	NE	10	NE
132	850	1	29	30	NE	ANO	NE	10	ANO
132	850	1	28	30	NE	ANO	NE	10	875/2,5
165	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	850	1	14	30	ANO	ANO	NE	10	NE
165	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	800	1	-	-	-	NE	NE	-	825/2,5
198	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	850	1	23	30	ANO	ANO	NE	5	NE
198	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	800	1	-	-	-	NE	NE	-	825/2,5



Obr. 31. Shrnutí zkoušek hořlavosti ozářeného polyamidu – 66.

10.3 Polyamid 7T

U dalšího typu polyamidu je patrné postupné zlepšení žáruvzdorných vlastností se zvětšující se dávkou ozáření. U vzorku s počáteční dávkou ozáření se nízký plamen objevuje při 850 °C po dobu trvání 12 s. Stejně jako u ozářeného polyamidu – 66 plamen zhasíná ihned po odejmutí žhavé smyčky. U vzorku s dávkou 66 kGy a větší se plamen objevuje až při 900 °C, ale ani při jednom testování netrval déle než 3 s. Při působení teploty 950 °C se plamen objevoval již kolem 17 s a uhasnul opět v momentě odejmutí smyčky. Proto polyamid 7T s dávkami 66 kGy až 198 kGy dosáhnul hodnoty GWFI 950 °C a hodnoty GWIT 925 °C.



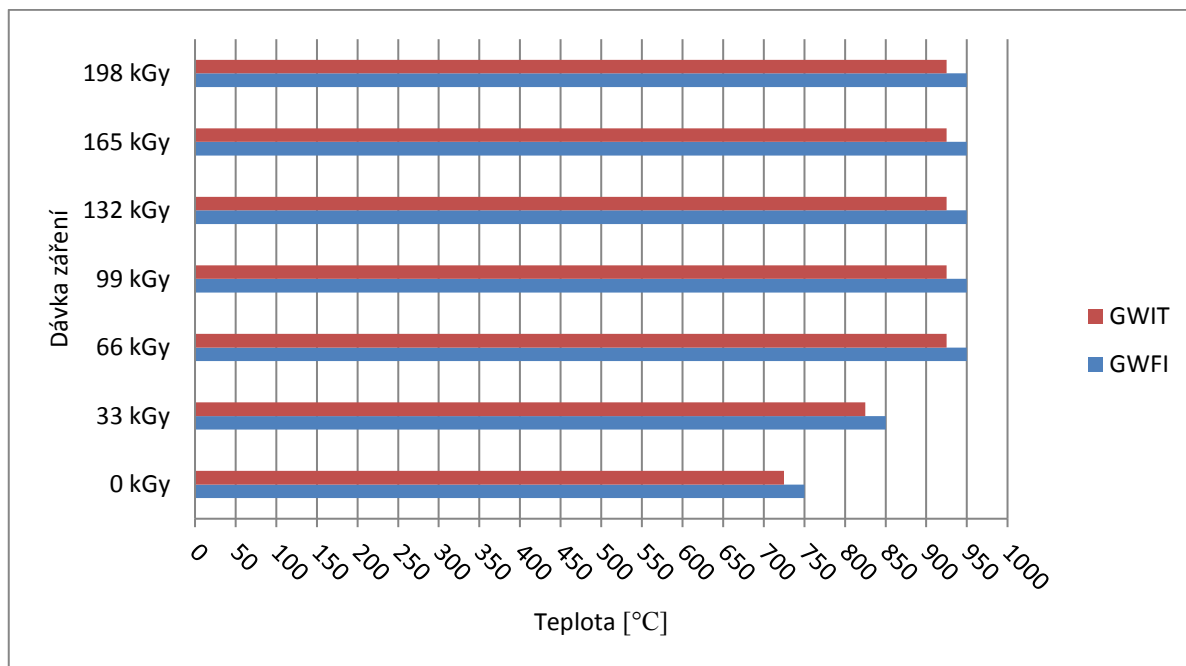
Obr. 32. Zkouška hořlavosti polyamidu 7T ozářeného 132 kGy od 850 °C do 950 °C.

Tab. 15. Vyhodnocení zkoušky GWFI ozářeného polyamidu 7T.

Norma:		ČSN EN 60695-2-12		Datum zkoušky:		12.4.2017			
Obchodní název:		V-DURAMID-TH7G12.0SZB		Typ:	PA 7T	Příprava:	Výrobce:		
						Vstřík.			
Aklimatizace před zkouškou:		Dřevěná podložka:		Balící papír:		Zkušební tělíska:			
		ANO		ANO		ANO			
Kalibrace systému měření teploty:		Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE			
Rozměr hrotu A:		4 mm		>90 %		VYHOVUJE			
Zkušební tělíska:		Rozměry:				Tloušťka tělísek:			
		75 x75 mm				2,5 mm			
Materiál:		Číslo:	Barva:	Plněný:		Polyfunkční mon.:			
		5.	ČERNÁ	ANO - 56 % GF					
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělísco [ks]	Časy [s]		Uhasnutí do 30 s	Zapálení		Výška plamene	GWFI
			t _i	t _e		Tělísco	Podložka		
0	750	1	-	-	-	-	-	-	750/2,5
33	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	750	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	850	1	20	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
33	900	1	8	58	NE	ANO	NE	10	NE
33	850	1	26	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
33	850	1	23	30	ANO	ANO	NE	10	850/2,5
66	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	750	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	900	1	28	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
66	950	1	13	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
66	950	1	10	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
66	950	1	13	30	ANO	ANO	NE	10	950/2,5
99	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	900	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	950	1	16	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
99	950	1	13	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
99	950	1	14	30	ANO	ANO	NE	10	950/2,5
132	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	900	1	29	30	ANO	ANO	NE	5	ANO
132	950	1	16	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
132	950	1	18	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
132	950	1	16	30	ANO	ANO	NE	10	950/2,5
165	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	900	1	27	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
165	950	1	15	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
165	950	1	15	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
165	950	1	18	30	ANO	ANO	NE	10	950/2,5
198	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	900	1	29	30	ANO	ANO	NE	5	ANO
198	950	1	18	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
198	950	1	18	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
198	950	1	16	30	ANO	ANO	NE	10	950/2,5

Tab. 16. Vyhodnocení zkoušky GWIT ozářeného polyamidu 7T.

Norma:		ČSN EN 60695-2-13		Datum zkoušky:		12.4.2017			
Obchodní název:		V-DURAMID-TH7G12.OSZB		Typ:	PA 7T	Příprava:	Výrobce:		
Aklimatizace před zkouškou:		Dřevěná podložka:		Balicí papír:		Zkušební tělíska:			
		ANO		ANO		ANO			
Kalibrace systému měření teploty:		Datum provedení kalibrace:				VYHOVUJE			
Rozměr hrotu A:		4 mm		>90 %		VYHOVUJE			
Zkušební tělíska:		Rozměry:				Tloušťka tělísek:			
		75 x75 mm				2,5 mm			
Materiál:		Číslo:	Barva:	Plněný:		Polyfunkční mon.:			
		5.	ČERNÁ	ANO - 56 % GF					
VYHODNOCENÍ									
Ozáření [kGy]	Teplota [°C]	Tělíska [ks]	Časy [s]		Plamen > 5 s	Zapálení		Výška plamene	GWIT
			t _i	t _e		Tělíska	Podložka		
0	750	1	-	-	-	-	-	-	725/2,5
33	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	750	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	850	1	20	30	ANO	ANO	NE	10	NE
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
33	800	1	-	-	-	NE	NE	-	825/2,5
66	550	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	600	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	650	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	700	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	750	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	800	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
66	900	1	28	30	NE	ANO	NE	10	ANO
66	950	1	13	30	ANO	ANO	NE	10	NE
66	900	1	-	-	-	ANO	NE	10	ANO
66	900	1	27	30	NE	ANO	NE	10	925/2,5
99	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	900	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
99	950	1	16	30	ANO	ANO	NE	10	NE
99	900	1	29	30	NE	ANO	NE	10	ANO
99	900	1	-	-	-	NE	NE	-	925/2,5
132	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	900	1	29	30	NE	ANO	NE	5	ANO
132	950	1	16	30	ANO	ANO	NE	10	NE
132	900	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
132	900	1	-	-	-	NE	NE	-	925/2,5
165	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
165	900	1	27	30	NE	ANO	NE	10	ANO
165	950	1	15	30	ANO	ANO	NE	10	NE
165	900	1	27	30	NE	ANO	NE	10	ANO
165	900	1	29	30	NE	ANO	NE	10	925/2,5
198	850	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	900	1	29	30	NE	ANO	NE	5	ANO
198	950	1	18	30	ANO	ANO	NE	10	ANO
198	900	1	-	-	-	NE	NE	-	ANO
198	900	1	28	30	NE	ANO	NE	5	925/2,5



Obr. 33. Shrnutí zkoušek hořlavosti ozářeného polyamidu 7T.

11 DISKUZE VÝSLEDKŮ

Dosažené výsledky testováním neozářených polymerů:

Tab. 17. Výsledky testování neozářených polymerů.

	Teplota GWIT [°C]	Teplota GWFI [°C]
Polypropylen	625	600
Polyamid - 66	825	900
Polyamid - 6	575	550
Polykarbonát	725	750
Polystyren	575	550

Mezi polymery, které nebyly dodatečně ozářeny, dosahoval nejvyšších hodnot odolnosti vůči žhavé smyčce polyamid – 66. Těchto výsledků polyamid - 66 dosáhnul především díky přítomnosti plniva, přesněji 60 % skelného vlákna ve svém objemu. Nejnižších a shodných výsledků dosáhl polystyren a polyamid – 6, ani jeden z těchto materiálů neobsahoval žádné plnivo.

Dosažené výsledky testováním ozářených polymerů:

Tab. 18. Výsledky testování ozářeného polypropylenu.

Dávka záření [kGy]	Teplota GWIT [°C]	Teplota GWFI [°C]
0	625	600
33	625	600
66	625	600
99	625	600
132	625	600
165	625	600
198	625	600

Podle výsledků zkoušek hořlavosti a zapalitelnosti se polypropylen řadí mezi polymery, kterým ozařování nedodává vyšší odolnost vůči vysokým teplotám. Hodnoty GWIT a GWFI u neozářeného zkušební tělesa jsou stejné jako u zkušebních těles ozářených, jakoukoliv vysokou dávkou.

Tab. 19. Výsledky testování ozářeného polyamidu – 66.

Dávka záření [kGy]	Teplota GWIT [°C]	Teplota GWFI [°C]
0	675	650
33	825	950
66	875	950
99	825	950
132	875	950
165	825	950
198	825	950

U polyamidu – 66 byl vliv ozařování zřejmý již při dávce 33 kGy, kdy hodnota GWFI dosahovala maxima měřitelného zkouškou pomocí žhavé smyčky. Hodnota GWIT se oproti neozářenému vzorku rovněž zvýšila, docházelo zde ale k drobnému kolísání mezi výsledky, které mohlo být způsobeno nedokonalým očištěním smyčky, na které zůstávaly zbytky roztaveného polymeru.

Tab. 20. Výsledky testování ozářeného polyamidu 7T.

Dávka záření [kGy]	Teplota GWIT [°C]	Teplota GWFI [°C]
0	725	750
33	825	850
66	925	950
99	925	950
132	925	950
165	925	950
198	925	950

Polyamid 7T získal rovněž ozařováním vlastnosti lepší, než vzorek bez ozáření. Dávkou 33 kGy navýšil své hodnoty GWIT a GWFI o 100 °C. Zvýšením ozáření na 66 kGy obě hodnoty znovu vzrostly o 100 °C, čímž se hodnota GWFI dostala na své měřitelné maximum. Hodnota GWIT už dalším zvýšením ozáření nevzrostla.

ZÁVĚR

Předmětem bakalářské práce bylo stanovit jednu ze základních bezpečnostních charakteristik materiálu, míru zapalitelnosti při působení vysokých teplot skrze žhavou smyčku. Porovnány byly různé typy polymerních materiálů s odlišnými vlastnostmi a modifikacemi.

V teoretické části práce jsem se zabýval původem, vlastnostmi a výrobou polymerních materiálů. Druhá kapitola teoretické části byla věnována hořlavosti polymerů, kde jsou rozebrány faktory ovlivňující hoření, retardéry hoření a v neposlední řadě také zkoušky hořlavosti.

V praktické části bakalářské práce byly vystaveny zkoušce žhavou smyčkou destičky z různých polymerních materiálů. Odzkoušené vzorky byly zdokumentovány a výsledky zaneseny do tabulek. Kromě typu se polymery také lišily tím, zda byly nebo nebyly ozářeny. Ozářením je možné u některých polymerů dodat materiálu výrazně lepší vlastnosti. Jako první byly testovány neozářené polymery, z těchto materiálů dosahoval nejvyšší odolnosti polyamid – 66, naopak nejnižších hodnot dosáhl polyamid – 6 a polystyren. PA66 dosáhl svého výsledku díky výraznému obsahu skelného vlákna. Polyamid – 6 a polystyren nejsou vzhledem ke své tendenci hořlavosti používány v oblastech, kde hrozí přímé vznícení. Poté byly testovány materiály modifikované ozářením. Zde bylo dosaženo nejnižších hodnot u polypropylenu, na který neměla jakkoli vysoká dávka ozářením žádný vliv. Další materiály modifikované ozářením, tedy polyamid – 66 a polyamid 7T, reagovaly zvýšením odolnosti vůči žhavé smyčce už při dávce 33kGy. Po zvýšení dávky na 66 kGy už dosahovaly oba materiály nejvyšší odolnosti vůči teplotám měřitelných pomocí žhavé smyčky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [10] ČERMÁK R. *přednášky T3KP*.
- [2] DVOŘÁK Z; LAMBOROVÁ L. *Základy Výrobních Procesů I – Konstrukční materiály polymerní a kompozity*. Zlín, 2008.
- [3] Katedra tváření kovů a plastů – Skripta. Dostupný z <http://ksp.vslib.cz/>.
- [4] BĚHÁLEK L. *Polymery*. Dostupné z <https://publi.cz/books/180/Cover.html>.
- [5] MALLOY R. *Plastic Part Design for Injection Molding*, 2nd edition. Munich, 2010. ISBN 978-3-446-40468-7.
- [6] MASÁŘÍK I. *Plasty a jejich požární nebezpečí*. Ostrava, 2003. ISBN 80-86634-16-7.
- [7] ŠÍMČÍK M. *Vliv dávek ionizačního záření na index hořlavosti a zapalitelnosti konstrukčních polymerů*. Zlín, 2015. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati, Konstrukce technologických zařízení, 2015–06-04.
- [8] KUPILÍK V. *Stavební konstrukce z požárního hlediska*. Praha, 2006. ISBN 80-247-1329-2.
- [9] DUCHÁČEK V. *Polymery: Výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, 3. vyd. Praha, 2011. ISBN 978-80-7080-788-0.
- [10] Tepelné vlastnosti polymerů. Dostupný z <https://publi.cz/books/180/Cover.html>.
- [11] Cvzl.cz [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z http://www.cvzl.cz/portals/0/Images/I-LVD/Odolnost_teplu_ohni/1.JPG .
- [12] Etsablecomponents.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z <https://www.etsablecomponents.com/2014/05/ul94-flammability-rating-mean/>.
- [13] Heyman.cz [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z https://www.heyman.cz/media/useruploads/files/cz/technische_angaben/ul-94.pdf?f=.
- [14] HOLÍK Z. *Vliv záření na vlastnosti polymerů*. Zlín, 2013. Disertační práce. Univerzita Tomáše Bati, Technologie makromolekulárních látek, 2013-11-22.
- [15] Obal-centrum.cz [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z <http://www.obal-centrum.cz/pet-obaly/pet-lahve>.
- [16] Technologie zpracování plastů. Dostupný z <https://publi.cz/books/183/Cover.html>.

- [17] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=31924#DV_DS.
- [18] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=7067#DV_DS.
- [19] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=112181#DV_DS.
- [20] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=246440#DV_DS.
- [21] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=246397#DV_DS.
- [22] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=81102#DV_DS.
- [23] ulprospector.com [online]. [cit 2017-5-9] dostupné z
https://materials.ulprospector.com/Profile.aspx?I=34&E=84870#DV_DS.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PP	Polypropylen
PE	Polyetylen
PVC	Polyvinylchlorid
PA	Polyamid
POM	Polyoxymetylén
PC	Polykarbonát
PET	Polyetylentereftalát
PEEK	Polyetereterketon
PSU	Polysulfan
PI	Polyimid
PS	Polystyren
PMMA	Polymetylmetakrylát
PC	Polykarbonát
UV	Ultrafialové
LDPE	Nízkohustotní polyetylen
PA6	Polyamid – 6
PBT	Polybutylen tereftalát
SBR	Styren – butadienová guma
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren
λ	Součinitel tepelné vodivosti
OI	Kyslíkové číslo
ČSN	Česká technická norma
kGy	Kilogray
PA66	Polyamid – 66

s	Sekunda
m	Metr
cm	Centimetr
mm	Milimetr
g/cm ³	Gram na centimetr krychlový
°C	Stupeň Celsia
N	Newton
MPa	Megapascal

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Větvení polymeru [2].....</i>	12
<i>Obr. 2. Rozdělení polymerů na trhu [2].....</i>	12
<i>Obr. 3. Srovnání použití typů plastů v roce 1975 s realitou v roce 1997 [1]</i>	13
<i>Obr. 4. Schéma nadmolekulární struktury polymerů a) amorfni; b) semikrystalické [4]...14</i>	
<i>Obr. 5. Získávání přírodního kaučuku [11].....</i>	15
<i>Obr. 6. Zbarvené PET lahve.....</i>	16
<i>Obr. 7. Proces polymerace [2].....</i>	16
<i>Obr. 8. Vliv retardéru hoření na hořlavost polymeru [10]</i>	20
<i>Obr. 9. Zařízení pro stanovení kyslíkového čísla [10].....</i>	22
<i>Obr. 10. Zkušební zařízení pro zkoušku žhavou smyčkou [11].....</i>	24
<i>Obr. 11. Vertikální metoda UL94 [12]</i>	24
<i>Obr. 12. Horizontální metoda UL94 [12].....</i>	25
<i>Obr. 12. Zkouška žhavou smyčkou polystyrenu při 600 °C.....</i>	30
<i>Obr. 13. Zkušební těleso polystyrenu.....</i>	31
<i>Obr. 14. Zkušební těleso polykarbonátu.....</i>	32
<i>Obr. 15. Zkušební těleso polyamidu – 6.....</i>	33
<i>Obr. 16. Zkušební těleso polyamidu – 66 Duramid.....</i>	33
<i>Obr. 17. Zkušební těleso polypropylenu 30 % GF.....</i>	34
<i>Obr. 18. Zkušební těleso ozářeného polypropylenu Ducor.....</i>	35
<i>Obr. 19. Zkušební těleso ozářeného polyamidu – 66 Creamid.....</i>	35
<i>Obr. 20. Zkušební těleso ozářeného polyamidu 7T.....</i>	36
<i>Obr. 21. Zkouška žhavou smyčkou polystyrenu při 600 °C.....</i>	37
<i>Obr. 22. Zkouška hořlavosti polystyrenu při 550 °C a 600 °C.....</i>	38
<i>Obr. 23. Zkouška hořlavosti polykarbonátu od 550 °C po 800 °C.....</i>	40
<i>Obr. 24. Zkouška hořlavosti polyamidu – 6 od 550 °C po 650 °C.....</i>	42

<i>Obr. 25. Zkouška hořlavosti polyamidu – 66 od 800 °C po 950 °C.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 26. Zkouška hořlavosti polypropylenu od 550 °C po 650 °C.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 27. Shrnutí zkoušek hořlavosti neozářených polymerů.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 28. Zkouška hořlavosti polypropylenu ozářeného 66 kGy od 550 °C po 650 °C.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 29. Shrnutí zkoušek hořlavosti ozářeného polypropylenu.....</i>	<i>52</i>
<i>Obr. 30. Zkouška hořlavosti polyamidu – 66 ozářeného 99 kGy od 700 °C po 950 °C.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 31. Shrnutí zkoušek hořlavosti ozářeného polyamidu – 66.....</i>	<i>56</i>
<i>Obr. 32. Zkouška hořlavosti polyamidu 7T ozářeného 132 kGy od 850 °C do 950 °C.....</i>	<i>57</i>
<i>Obr. 33. Shrnutí zkoušek hořlavosti ozářeného polyamidu 7T.....</i>	<i>60</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Vyhodnocení zkoušky GWFI polystyrenu.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 2. Vyhodnocení zkoušky GWIT polystyrenu.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 3. Vyhodnocení zkoušky GWFI polykarbonátu.....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 4. Vyhodnocení zkoušky GWIT polykarbonátu.....</i>	<i>40</i>
<i>Tab. 5. Vyhodnocení zkoušky GWFI polyamidu – 6.....</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 6. Vyhodnocení zkoušky GWIT polyamidu – 6.....</i>	<i>42</i>
<i>Tab. 7. Vyhodnocení zkoušky GWFI polyamidu – 66.....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 8. Vyhodnocení zkoušky GWIT polyamidu – 66.....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 9. Vyhodnocení zkoušky GWFI polypropylenu.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 10. Vyhodnocení zkoušky GWFI polypropylenu.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 11. Vyhodnocení zkoušky GWFI ozářeného polypropylenu.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 12. Vyhodnocení zkoušky GWIT ozářeného polypropylenu.....</i>	<i>50</i>
<i>Tab. 13. Vyhodnocení zkoušky GWFI ozářeného polyamidu – 66.....</i>	<i>53</i>
<i>Tab. 14. Vyhodnocení zkoušky GWIT ozářeného polyamidu – 66.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 15. Vyhodnocení zkoušky GWFI ozářeného polyamidu 7T.....</i>	<i>57</i>
<i>Tab. 16. Vyhodnocení zkoušky GWIT ozářeného polyamidu 7T.....</i>	<i>58</i>
<i>Tab. 17. Výsledky testování neozářených polymerů.....</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 18. Výsledky testování ozářeného polypropylenu.....</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 19. Výsledky testování ozářeného polyamidu – 66.....</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 20. Výsledky testování ozářeného polyamidu 7T.....</i>	<i>61</i>