

Oponentní posudek diplomové práce

Vliv katalyzátorů a jejich velikosti na rychlost hoření homogenních TPH

Autor: Bc. David Šimák

Diplomová práce v rozsahu 74 stran se zabývá tématem katalýzy hoření homogenních tuhých pohonných hmot (TPH). Práce zahrnuje velmi širokou problematiku jak přípravy disperzí vybraných katalyzátorů a stanovení velikosti částic, tak přípravu vzorků TPH, stanovení rychlosti hoření TPH a zpracování a hodnocení výsledků. Zadání práce navazuje na dlouholetý výzkum v této oblasti, realizovaný na pracovišti autora.

V teoretické části práce autor uvádí stručnou charakteristiku a význam homogenních TPH a zdůvodňuje aktuálnost volby tématu. Tato část je zpracována stručně a přehledně. Autorem zpracovaný přehled literatury zahrnuje jak starší práce zahraničních autorů (Preckel, Kubota, Hewkin), které jsou v oboru katalýzy hoření homogenních TPH považovány za základní, tak původní práce vzniklé v minulosti na pracovišti autora. Je však třeba uvést, že touto problematikou se na vysoké úrovni zabývá i ruská odborná literatura (zejména Denisjuk, Glazkova, Zenin a řada dalších). Z přehledu literatury je však zřejmé, že je dostatečně reprezentativní a postihuje problematiku katalýzy hoření v celé šíři. Velmi dobře a přehledně je zpracována zejména část věnovaná mechanismu účinku katalyzátorů a přehled nejčastěji užívaných katalyzátorů.

K této části mám jen několik drobných připomínek:

- a) Str. 11, bod.3: Uváděná teplota v temné zóně při nízkých tlacích (1400 °C) bývá obvykle nižší (600 – 800 °C), což odpovídá i předpokládanému mechanismu působení katalyzátorů na bázi Pb (Cu), tj. ovlivnění oxidačně-redukčních reakcí při vzniku NO_x a rovnováze mezi CO, CO₂ a C.
- b) V závěru teoretické části chybí závěry a teoretické zdůvodnění pro vlastní experimentální část, tj. zdůvodnění, proč byly zvoleny právě katalyzátory ZnO a prášková měď, které se v rešeršní části nejsou uvedeny. V literatuře i analytických rozbořech používaných TPH se naopak vyskytují některé sloučeniny (TiO₂, MgO), které nejsou v uvedeném rešeršním přehledu vůbec uvedeny.

V části věnované metodám přípravy jemných disperzí katalyzátorů jsou popsány jednak metody pro rozrušení aglomerátů, případně dosažení menší velikosti částic. Způsob měření velikosti částic vychází z dostupnosti měřících zařízení a vzhledem k tomu, že se jedná o standardní metody, používané pro měření velikosti částic u pigmentů, považuji za výhodu reprodukovatelnost a možnost realizovat za stejných podmínek velikost částic i v případě pokračování prací. Rovněž tato část je zpracována stručně a přehledně a k uvedeným závěrům nemám připomínky, stejně tak jako k části věnované popisu zařízení a způsobu stanovení rychlosti hoření.

V části 2, nazvané „Praktická část“ (výstižněji by asi název této kapitoly měl být Experimentální část) jsou uvedeny jednak charakteristiky zvolených katalyzátorů hoření a metody pro snížení velikosti částic a jednak postup přípravy vzorků TPH. V této části bych považoval pro přehlednost za vhodné uvést formou tabulky přehledně velikosti částic v práci

dále používaných katalyzátorů hoření a jejich změnu po mletí apod. (tyto údaje jsou k dispozici pouze v textu v části 3).

Jak je uvedeno, některé použité katalyzátory vytvářejí aglomeráty částic, tj. vznik aglomerátů lze předpokládat i při stání mletím připravených suspenzí částic. Naopak, při zpracování vzorků TPH na válci může docházet vlivem frikce k rozrušení těchto aglomerátů (to se projevuje např. při zpracování vláknitých materiálů apod). Zvolená metoda pro posouzení kvality dispergace částic katalyzátorů v TPH (snímkování kotoučků TPH rtg metodou) je však spíše informativní a je schopna rozlišit pouze hrubé shluky částic.

Podrobně je uveden přehled přípravy vzorků TPH s jednotlivými katalyzátory. Jak vyplývá z textu, míchání masy, válcování a lisování probíhalo za standardních podmínek (teploty zpracování, lisovací tlaky) a případný nižší lisovací tlak u vzorků s práškovou Cu patrně odpovídá charakteru zapracovávaného materiálu. Přehled připravených a dále balisticky zkoušených vzorků je uveden v přehledné tabulce č.4 na str.40.

K této části mám následující obecné poznámky:

- a) Obsah katalyzátoru v TPH je uváděn pouze dle dávkování. Přestože je popsán způsob kontroly případných ztrát v průběhu míchání a válcování, bylo by v případě pokračování prací vhodné namátkově ověřit obsah katalyzátoru analyticky.
- b) Stejně tak je alespoň namátkově třeba ověřovat např. výbuchové teplo (potvrzení homogenity vzorků) a případně hutnoty u vzorků TPH, zejména pokud lisování proběhlo za nižších tlaků.
- c) V popisu stanovení balistických charakteristik vzorků není uveden počet stanovení u jednoho vzorku (tj. počet platných ran při měření v nízkotlaké BB) a počet zkoušek v ZRM CRK při jednom zahrazení.

V části 3. jsou shrnuty výsledky z přípravy a stanovení velikosti částic použitých katalyzátorů, výsledky radiografické analýzy vzorků TPH se zapracovanými katalyzátory a v části 3.4, což lze považovat za stěžejní část práce, jsou uvedeny balistické charakteristiky připravených vzorků. V dílčích kapitolách jsou zde autorem popsány a diskutovány vlivy jednotlivých katalyzátorů, případně kombinací katalyzátorů, na rychlost (případně stabilitu) hoření a případně další vlivy. S autorem uváděným hodnocením lze souhlasit, z uvedených dílčích výsledků mám připomínky k následujícím:

- a) Str.60, kapitola 3.4.1.11 – hoření TPH katalyzovaných různými typy práškové mědi – z uvedeného grafu, ve kterém jsou uvedeny výsledky je zřejmé, že rozdíl je pouze v oblasti relativně nízkých tlaků (do 5 MPa, což je spíše dolní hranice tlaků používaných v technické praxi při konstrukci RM). Použití tohoto katalyzátoru samostatně by tedy patrně nemělo očekávaný přínos z hlediska zvýšení rychlosti hoření.
- b) Vzorky se ZnO (str. 61 a 62). Uvedené křivky obecně vykazují charakter nestabilního hoření. I když charakter hoření v BB je poněkud odlišný od reálného RM, lze očekávat anomální průběh tlaku v komoře a vznik např. akustické nestability hoření. Uvedenému zdůvodnění, že se může jednat o nepravidelné zažehnutí apod. odporuje skutečnost, že tento jev se vyskytl u všech vzorků se ZnO a v extrémní podobě u vzorku s Cu kat a vzorku masy TPH G pouze se ZnO. K objasnění příčiny by bylo třeba provést testování v širším rozsahu koncentrací katalyzátoru a zejména ověřit reprodukovatelnost zkoušky v BB. Otázkou pak je vhodnost použití ZnO v TPH vůbec. (V technické praxi jsem se s použitím této látky jako katalyzátoru hoření nesetkal.)

- c) Vzorek v kapitole 3.4.1.19 rovněž vykazuje anomální průběh hoření ($\text{PbO} + \text{CuO}$ srážený + CaCO_3) a lze rovněž předpokládat nestabilní průběh hoření i v reálném raketovém motoru.
- d) Je škoda, že v komoře ZRM CRK nebyly testovány vzorky s katalyzátory na bázi mědi. Vzorek se ZnO vykazuje začátek platu až při tlaku 10 MPa, což je výrazné posunutí oproti standardní TPH G.
- e) Pro porovnání vypovídací schopnosti obou metod stanovení vnitrobalistických charakteristik by bylo vhodné uvést v jednom grafu (alespoň pro jeden vzorek TPH) výsledky získané oběma metodami, tj. v BB a ZRM CRK.

Závěr

Předložená diplomová práce je zpracována po formální stránce pečlivě a přehledně. Výskyt drobných překlepů a nejasných formulací není na závadu srozumitelnosti. Rozsah práce je značný a jednotlivé části mají vyrovnanou kvalitu. Drobné připomínky a některé náměty na případné doplnění experimentálních prací v této oblasti jsem uvedl v posudku. Práci považuji za velmi zdařilou a doporučuji ji k obhajobě.

Práci hodnotím

Výborně

V Pardubicích 22.5.2011

Doc.ing.Ladislav Lehký,CSc.

