

Výsledky ekonomické analýzy průmyslové pyrolýzy lehkých a těžkých benzínů

Jan Bartoň, Luděk Mašek,
Výzkumný ústav anorganické chemie, Ústí nad Labem,
Jaromír Lederer, CHZ ČSSP — VÚCHVU, Litvínov

665.633
65.012.7
66.040.3

Redakci došlo 30. 12. 1988

V práci jsou shrnuty výsledky rozboru režimu průmyslové pyrolýzní pece při štěpení lehkých a těžkých benzínů. Pro tyto dvě suroviny byly hodnoceny upravené vlastní výkony při různých režimech reaktoru. Z rozboru vyplynulo, že je z ekonomického hlediska vhodné přizpůsobit režim vlastnostem suroviny a nepoužívat režimy identické. Ekonomický výsledek je ovlivněn i metodikou vnitropodnikové kalkulace cen.

Úvod

V CHZ ČSSP Litvínov byla postavena ethylenová jednotka na výrobu ethylenu a propyenu z primárních benzínů a plynových olejů, které se na ethylenovou jednotku přivádějí z rafinerie ropy. Pyrolýzní pece firmy LUMMUS jsou tvořeny spalovací komorou, v níž jsou umístěny vláskeny (trubkové reaktory). Spaliny vzniklé spálením topného plynu opouštějí spalovací komoru pyrolýzní pece a proudí do komína tzv. konvektivní části pyrolýzní pece. V této části se předehřívá a zplyňuje kapalným nástřikem uhlovodíků, předehřívá procesní pára po smísení se směsí zplyněných uhlovodíků, předehřívá napájecí voda pro výrobu vysokotlaké páry a předhřívá vysokotlaká pára na teplotu kolem 510 °C. Vysokotlaká pára se vyrábí v kotlích na odpadní teplo, v nichž se ochladí reakční směs z pyrolýzy na teplotu kolem 400 až 500 °C.

Ethylenová jednotka je výrobnou se složitým energetickým hospodářstvím. Při hodnocení účinnosti jejího režimu je proto nutné vyhodnocovat vztahy mezi dosaženými výstřiky žádaných látek a spotřebou surovin a paliv. Cílem této práce bylo právě porovnání účinnosti režimu pro dvě základní suroviny, těžký a lehký benzín, zejména posoudit, zda je účelné používat pro obě suroviny identický režim nebo režim specificky přizpůsobený surovině.

Energetický model pece

Výsledky měření energetických charakteristik pyrolýzní pece jsou uvedeny ve výzkumné zprávě¹⁾. Výsledky energetických měření byly využity²⁾ pro sestavení energetického modelu pyrolýzní pece. Matematický model pyrolýzní pece je založen na vztazích pro průstup tepla jednotlivými výměnkami konvektivní části pece, přičemž součinné průstupu tepla pro jednotlivé výměnkami byl stanoven z výsledků provozních měření na pyrolýzní pece. Spalovací komora pyrolýzní pece byla popsána statistickou závislostí mezi zatíže-

ním pece a teplotou spalin na jízku pece. Součástí modelu pyrolýzní pece jsou celková entalpiická bilance pece, včetně kotlů na odpadní teplo a závislosti hodnot součinné průstupu tepla výměnkami v konvektivní části pece i kotle na odpadní teplo, na prosazení pece.

Analýza reakční směsi

Nutnou podmínkou pro optimalizaci režimu pyrolýzní pece je znalost vlivu podmínek pyrolýzy na složení reakční směsi po pyrolýze.

Pro odběr horkého pyrolýzního plynu z pyrolýzní pece se používá odběrové zařízení. U reálné pyrolýzní pece bylo možné odebrat reakční směs z pyrolýzy až za kotlem na odpadní teplo. Vzhledem k vysoké zdánlivé aktivaci energii pyrolýzní reakce se snížení teploty reakční směsi o 200 K, které je dosaženo v kotli na odpadní teplo na prvních přibližně 10 % celkové výměnné plochy kotle na odpadní teplo, projeví prakticky zastavením všech reakčních pochodů (reakční rychlost se sníží řádově 300 ×). Složení reakční směsi za kotlem na odpadní teplo proto odpovídá složení reakční směsi za pyrolýzním reaktorem.

Odběrové zařízení na horký plyn z pyrolýzy je detailně popsáno v řadě prací, např. v³⁾. Zařízení, které bylo použito v našem případě, sestávalo z kovového chladiče typu trubka v trubce, do něhož vstupoval horký pyrolýzní plyn a v němž zkondenzovala převážná část procesní páry a uhlovodíků tvořících pyrolýzní benzín. Pyrolýzní plyn se dochlazoval ve skleněných chladičích na teplotu kolem 5 °C. Chladičím médiem byl roztok Fridexu s teplotou okolo -5 °C. Nezkondenzovatelná část pyrolýzního plynu (za daných podmínek v odběrovém zařízení), jejíž množství bylo v případě pyrolýzy benzínu asi 80 % hmot. uhlovodíků v reakční směsi, procházela plynoměrnými hodinami, v nichž byl měřen objem. Chromatografická analýza nezkondenzovatelné části pyrolýzního plynu byla prováděna v provozní laboratoři ethylenové jednotky.

Kapalná část, obsahující zkondenzovanou procesní vodu a převážně nasycenou uhlovodíky tvořící pyrolýzní benzín, byla zpracována tak, že po oddělení vodné fáze byla uhlovodíková část podrobená destilaci, přičemž podíl vroucí do 200 °C byl označen jako pyrolýzní benzín a destilátní zbytek jako pyrolýzní olej. Složení pyrolýzního benzínu bylo analyzováno plynovou chromatografií.

Vliv technologických parametrů pyrolýzy na složení reakční směsi byl testován faktorovými experimenty pro 3 faktory na dvou úrovních⁴⁾. Nástřik benzínu byl nastaven na 20 000 nebo 25 000 kg h⁻¹, poměr hmotnostních průtoků vodní páry k uhlovodíkům byl 0,5 nebo 0,75 a teplota reakční směsi na vstupu z pyrolýzního reaktoru byla 810 °C nebo 840 °C.

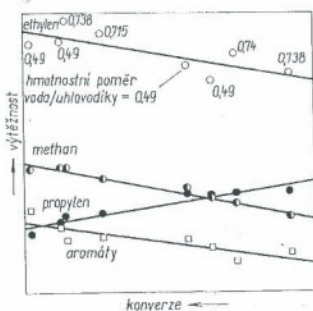
Výsledky a diskuse

Byl zjišťován vliv poměru voda/uhlovodíky na výťažnost ethylen v produktech pyrolýzy. Pro všechny typy benzínů se výťažnost ethylen zvyšuje s rostoucím poměrem voda/uhlovodíky, tj. se snižováním parciálního tlaku uhlovodíků v reaktorech. Zvlášť markantní je tento jev v případě lehkých typů benzínů. Vliv tohoto poměru na výťažnost propylen, metanu a aromátů je již méně významný (obrázek 1).

Výhodou nízkých poměrů voda/uhlovodíky pro pyrolýzu je zejména snížení nutné výstupní teploty pro daný nástřik benzínu a žádanou konverzi, tím snížení zakoksování vlásenek, prodloužení cyklů pece mezi odkoksováním, a tím i prodloužení životnosti vlásenek.

Energetická náročnost pyrolýzy, definovaná množstvím tepla uvolněného spálením topného plynu na hmotnostní jednotku nástřiku benzínu, roste s rostoucím nástřikem uhlovodíků a rostoucím poměrem voda/uhlovodíky.

Významný vliv na náklady výroby má i úroveň řízení spalovacího procesu v pece. Růst koncentrace kyslíku ve spalnách o 1 % vede ke zvýšení měrné spotřeby tepla na hmotnostní jednotku nástřiku benzínu o asi 4 %.



Obr. 1. Závislost výťažnosti některých produktů pyrolýzy na konverzi benzínu

Analýza různých strategií řízení pyrolýzní pece vedla k návrhu tří způsobů řízení: řízení při konstantní selektivitě, při konstantní konverzi benzínu a při konstantní hodnotě upravených vlastních výkonů (UVV).

Výhodou řízení pece na konstantní selektivitu je rovnoměrné plnění produkce pyrolýzy v celé šíři sortimentu. Řízení pece na konstantní konverzi benzínu nebo maximální hodnoty UVV vede k proměnlivé

selektivitě pyrolýzy podle podmínek na pece. Řízení pece speciálně na maximální hodnotu UVV vede k preferenci nejdražších produktů pyrolýzy, kterými jsou v současnosti ethylen a benzen.

Při analýze byla posouzena hodnota UVV, které se stanoví jako rozdíl ceny produkce ethylenové jednotky a součtu ceny suroviny a měrných energetických nákladů na pyrolýzu. Maximální hodnoty UVV se dosahují za těchto podmínek:

Pro lehké benzíny při nízkých zatíženích reaktoru benzínem s nízkými hmotnostními poměry voda/uhlovodíky a s nízkou teplotou na výstupu z pyrolýzních reaktorů. Při vysokých zatíženích reaktoru benzínem je výhodné pracovat s vysokými poměry voda/uhlovodíky a s vysokými teplotami na výstupu z reaktorů. Vliv cenové tvorby na hodnotu UVV se projevuje tím, že se i při vysokých prosazeních benzínu jeví výhodnější nízké poměry voda/uhlovodíky, jestliže je procesní pára drahá.

Pro těžké benzíny se maximální UVV dosahují při nízkých prosazeních benzínu s maximálním poměrem voda/uhlovodíky a minimální výstupní teplotě z reaktoru. Při vysokém prosazení benzínu je pro maximální UVV nutné provozovat pece s minimálním poměrem voda/uhlovodíky a minimální teplotou na výstupu z reaktoru. V případě, že je procesní pára drahá, jsou preferovány minimální poměry voda/uhlovodíky pro nízké i vysoké prosazení benzínu.

Závěr

Bylo posouzeno separátní zpracování lehkého a těžkého benzínu na pyrolýzní pece. Bylo ukázáno, že o ekonomičnosti takového dělení rozhoduje i správná vnitropodniková kalkulace cen těchto dvou typů benzínů. Produkce z pyrolýzy lehkých benzínů vztažená na tunu zpracované suroviny je přibližně o 80 Kčs/t dražší. Z hlediska UVV by proto měla být cena těžkého benzínu přibližně o 100 Kčs t nižší než cena lehkého benzínu, aby pyrolýza obou typů benzínu byla stejně lukrativní.

Výhodou separace lehkých a těžkých benzínů a jejich oddělené zpracování na pyrolýze je i to, že pyrolýza těžkých benzínů probíhá za velmi setrpných teplotních podmínek, což by mohlo vést k prodloužení životnosti vlásenek pece.

Literatura

1. Bartoň J., Novotný O.: Racionalizace parního systému ethylenové jednotky, zpráva VZ-E-1217 VÚ AnOH, Ústí nad Labem, 1986. — 2. Bartoň J., Tichý V., Ohánka V.: Hung. J. Chem. Ind. 16 (3) 305 (1988). — 3. Kuzmin S. T., Kozlov I. A., Kudrjashov V. P., Kopernikij L., Gollk A.: *Automatizirovannaja sistema upravlenija krupnotonnnyh proizvodstvom etilena*, Chimija, Moskva 1986. — 4. Lihová J.: *Navehodni průmyslových experimentů*, SNTL, Praha 1968.