

**BOSCH**

Stvorené pre život

Odborná informácia

www.bosch-industrial.com/sk

Zásobovanie procesným teplom
v kontexte dekarbonizácie – ako budú
vyzerať priemyselné kotly budúcnosti?

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Gosse MBA, Leiter Marketing Bosch Thermotechnik Gewerbe und Industrie

Takmer každý produkt denného použitia v priemyselných krajinách sa vyrába s použitím tepelnej energie – od potravín až po diely motorových vozidiel, oblečenie alebo lieky. Toto teplo často pochádza zo zdrojov energie ako parné kotly, horúcovodné kotly alebo kogeneračné jednotky, zriedkavejšie aj z tepelných čerpadiel, odpadového tepla alebo solárnych zariadení. Doteraz bolo v oblasti procesného tepla pod pojmom dekarbonizácia myslené odstránenie uhlíkových nánosov v kotle, vznikajúcich pri procese spaľovania. V prípade diskusií o CO₂ ako príčine klimatických zmien je témou niečo iné. Dekarbonizácia tu znamená prechod výrobných procesov na CO₂ neutrálne technológie. Najmä v súvislosti s procesným teplom je táto téma o niečo citlivejšia a treba ju náležite zhodnotiť, nakoľko predstavuje väčšie technické výzvy ako pri čisto vykurovacích aplikáciách. Mnoho procesov v priemysle potrebuje vyššie teploty a tlaky, ako aj veľké pripojovacie výkony až po stovky megawattov.

Hospodárske a globálne posúdenie

Ceny energie sú regionálne extrémne odlišné. Zatiaľ čo v Saudskej Arábii je možné počuť vyjadrenia typu „u nás je nafta lacnejšia ako voda“, inde je snaha „vyžmýkať“ poslednú desatinu percenta účinnosti zo systémov procesného tepla. Aj v samotnej Európe existujú veľké rozdiely. Pre porovnanie napr. cena za elektrickú energiu pre veľkoodberateľov vo Francúzsku (z jadrových elektrární 9 ct/kWh) alebo vo Švédsku (z vodných elektrární 7 ct/kWh) a v Nemecku (16 ct/kWh). Jedno má ale spoločné mnoho krajín. Zemný plyn je s cenou 2,5 – 3,5 ct/kWh cenovo výhodný. Zásobovanie zemným plynom a jeho spaľovanie je mimoriadne spoľahlivé a ponúka celkom nízke emisie pri súčasne vysokom stupni energetickej účinnosti. To je aj dôvodom, prečo u väčšiny existujúcich zariadení zostáva aj v súčasnosti nevyužitý veľký potenciál šetrenia prostredníctvom modernizačných opatrení. Spolu s komponentami pre využitie odpadového tepla a efektívnejšími spotrebičmi energie, noví digitálni asistenti efektívnosti ponúkajú príležitosť na zníženie strát optimalizáciou prevádzky.

Zatiaľ čo je použitie vykurovacieho oleja stále na ústupe, teší sa zemný plyn pri priemyselnom zásobovaní procesným teplom naďalej stúpajúcej oblúbe. Zdanenie emisií CO₂ zavedené v niektorých krajinách má ale priamy vplyv na ceny plynu. Skúsenosť z uplynulých desaťročí ukazuje, že v prípade rastúcich cien energií sa v priemysle najskôr uplatňujú opatrenia na zvyšovanie účinnosti. Až potom, ako sa tieto využijú, nastane zmena v technológii alebo zmena paliva. Je preto pravdepodobné, že priemyselné podniky budú jedným z posledných sektorov, ktoré sa úplne odvrátia od zemného plynu ako zdroja energie. Prechod tu spravidla znamená väčšie investície, bez toho aby sa napr. zvýšilo výrobné množstvo. Mnoho rozhodnutí je

preto hnaných ekonomicky. Podľa skúseností sa rozhodnutia o investíciách často prijímajú až vtedy, keď sa dosiahne kapitálová návratnosť do 2-3 rokov a z dlhodobého hľadiska možno očakávať vysoké zníženie nákladov. V opačnom prípade sú rozhodnutia o veľkých investíciách pri výmene veľkých tepelných zariadení skôr zriedkavé.

Na ktoré oblasti použitia a procesy sa to vzťahuje?

Ak sa tepelné aplikácie pre priemyselné a výrobné podniky posudzujú podľa určitých skupín, je možné ich rozlíšiť ako: tepelné aplikácie, s nízkoteplotnými procesmi do 110°C a vysokoteplotné procesy, ktoré sú väčšinou v rozsahu 110-300°C. V špeciálnych prípadoch, ako je výroba pohonných látok alebo pri priamom ohreve napr. pri výrobe kovov je možné sa stretnúť aj s výrazne vyššími teplotami.

Či sa ako teplonosné médium v rozsahu nad 110°C používa horúca voda alebo para, nehrá to pri téme dekarbonizácia takmer žiadnu rolu. Omnoho dôležitejšia je požadovaná výstupná teplota. Pre nízkoteplotné aplikácie (<110°C) existujú alternatívne technológie, ktoré možno použiť jednotlivo alebo ich kombinácie, napríklad vysokoteplotné tepelné čerpadlá alebo solárne systémy ako tepelná podpora. Je najpravdepodobnejšie, že práve toto odvetvie podstúpi technologickú transformáciu ako prvé. Prudký rast cien plynu a pokles cien technológií by poskytli potrebnú atraktivnosť alternatívnych technológií. Okrem použitia na vykurovanie môžu napríklad do tohto teplotného rozsahu spadať aj čistiace resp. CIP (čistenie na mieste) procesy.

Pre aplikácie nad 110°C je tradičnou technológiou pre zabezpečenie vysokých teplôt spaľovanie palív v pevnej/kvapalnej/plynnej forme. Príležitostne sa

„Preberáme zodpovednosť za ochranu životného prostredia a preto teraz konáme“, hovorí Dr. Volkmar Denner, predseda správnej rady Robert Bosch GmbH. „Ochrana životného prostredia je možná a s potrebnou dôslednosťou ju možno rýchlo presadiť“, zdôrazňuje Denner ďalej. „Naše investície neslúžia iba nám v spoločnosti Bosch, ale slúžia celému ľudstvu.“



Okamžitý prechod všetkých zdrojov procesného tepla z fosílnych palív v Nemecku na elektrickú prevádzku by pravdepodobne preťažil tak kapacitu výroby elektrickej energie ako aj elektrické siete.

používajú aj systémy na báze elektrického prúdu. V prípade výrazného nárastu cien plynu/ropy sa predpokladá, že sa alternatívne zdroje stanú z hľadiska nákladov atraktívnejšie. Ak cenový rozdiel za kWh medzi zemným plynom a elektrickou energiou prudko vzrastie, mohli by sa hybridné systémy alebo elektrické systémy stať zaujímavou perspektívou. Konkrétne sa to týka kotlov, ktoré majú okrem konvenčného horáka aj elektrický ohrievací prvok. Toto riešenie však prispieva k dekarbonizácii iba vtedy, ak elektrická energia nepochádza z uhoľných elektrární alebo podobných zdrojov. V Nemecku má aktuálne ešte každá kilowatthodina elektrickej energie dopravená po domovú prípojku, za následok približne dvojnásobné množstvo CO₂ v porovnaní s rovnakým množstvom energie zemného plynu.

Pripojovací výkon: Hrozia výpadky siete pri nábehu zariadení?

Aktuálne sa v elektrárnach v Nemecku vyrába ročne spolu približne 545 terrawatthodín elektrického prúdu. Súčasne je inštalovaná kapacita výrobných/priemyselných kotlových zariadení (iba plynových zariadení) 340 terrawatthodín. Aj v strednodobom horizonte je rozšírenie výroby a rozvodu elektrického prúdu o tento objem (cca. 60%) nerealistické. Napriek tomu si predstavme čisto elektrický scenár, v ktorom všetky dnešné parné kotly, horúcovodné a teplovodné kotly sú prestavané na elektrické kotlové zariadenia.

Ako príklad si vezmeme papiereň alebo elektráreň s parnou turbínou, ktorá spúšťa svoje parné kotlové zariadenie s kapacitou 100 ton pary za hodinu. Pri plnom zaťažení odoberá zariadenie výkon, ktorý zodpovedá cca. 75000 vysávačom na plný výkon (od roku 2017 limitovaný na 900 wattov). Na niektorých miestach je v tej istej rozvodnej sieti viac takýchto odberateľov a mnohé podniky spúšťajú ráno výrobu v podobných ranných hodinách. Dnešné elektrické siete a elektrárne sú týmito vysokými výkonmi a dyna-



mickými kolísaniami zo strany spotrebiteľov jednoducho preťažené. Ak vezmeme do úvahy aj rastúce kolísanie dostupnosti elektrickej energie z veterných a solárnych zdrojov, budeme môcť výpadkom prúdu sotva zabrániť.

Čistá elektrifikácia väčších kotlových zariadení v krátkodobom alebo strednodobom časovom horizonte je preto nepravdepodobná. Ak by cena plynu výrazne narástla a súčasne by cena za kilowatthodinu elektrického prúdu zostala na dnešnej úrovni, sú predstaviteľné skôr hybridné riešenia s horákom a prídavným elektrickým vykurovacím prvkom. Kvôli vysokým nákladom sa však toto riešenie súčasne používa iba veľmi zriedkavo. Dnešné príklady použitia zahŕňajú výrobu vlastného elektrického prúdu pri nedostatočnej možnosti napájania elektrickou energiou, účasť na regulácii trhu s energiou, moderná pred niekoľkými rokmi alebo využitie v škandinávskych krajinách s mimoriadne nízkymi cenami elektrickej energie.

Biomasa - obnoviteľná, ale so znepokojujúcou úrovňou spalín

Pre zariadenia používajúce biomasou ako napr. drevo, ale aj priemyselný odpad prírodného pôvodu platili vždy výrazne vyššie prípustné hraničné hodnoty pre škodlivé skleníkové plyny a jemného prachu v spaľinách. Technicky by boli možné aj lepšie hodnoty, vyžadovali by si ale drahé filtre a katalyzátory. Zdanlivo zelená energia zo spaľovania biomasy je sprevádzaná výrazne zvýšenými emisiami spalín.

Okrem jemného prachu sú aj hodnoty oxidov dusíka a uhlíka výrazne vyššie ako pri spaľovaní zemného plynu. Z väčšinou vyšších teplôt spalín okrem toho vyplývajú nižšie stupne účinnosti. Aj napriek tomu má spaľovanie biomasy svoje oprávnenie. V mnohých prípadoch chýbajú pri spaľovaní horľavých odpadov biomasy (napr. šrotu z dreva, orechových škrupín, ryžových pliev) často alternatívne možnosti využitia. Je potrebné spomenúť, že v celkovej bilancii CO₂ nie je ani drevo úplne klimaticky neutrálne. Ak napr. posudzujeme celkový proces výroby drevených peliet z hľadiska CO₂, dostaneme protichodné efekty. Len pre samotné sušenie a výrobu sa použije cca. 10% obsiahnutej energie, k tomu treba pripočítať transport surového materiálu a peliet.

Bilancie emisií biomasy sú často skráslené o množstvo CO₂, ktorý stromy počas ich rastu odoberú z atmosféry. Nie je pritom ale žiaľ zohľadnené, aké množstvo CO₂ mohol ešte strom počas svojho ďalšieho životného cyklu naviazať. Na konci dňa je rozhodujúci jeden faktor: spaliny vypúšťané z komína. Okrem toho pri téme biomasa vzniká aj otázka rozšíriteľnosti. Potrebne plochy na pestovanie pre celosvetovú náhradu dnešných systémov procesného tepla zo spaľovaním plynu/oleja by boli enormné (alebo skôr, enormne nereálne) a súvisiaca logistika by zo sebou taktiež priniesla výzvy.

Sú biopalivá/bioplýny skutočnou alternatívou?

Už dnes sa mnoho pestovateľských plôch na základe subvencií využíva na vytváranie biomasy pre výrobu bioplynu alebo rastlinného oleja ako zdroja energie. To má rozhodujúce vplyvy na ekológiu a dostupnosť pestovateľských plôch pre produkciu potravín. Podobne ako pri biomase aj tu vznikajú výzvy súvisiace s rozšíriteľnosťou pri celosvetovej energetickej potrebe priemyslu. Okrem toho sa ťažšie spaľujú resp. vykazujú vyššie emisie spalín. Dlhodobý, globálne dominantný podiel biopalív preto možno len sotva očakávať.

Vodík – čistá alternatíva s nástrahami

Princíp je tak geniálny ako jednoduchý. Voda sa rozloží elektrolýzou na jej súčasti a tieto sa znova spoja spaľovaním. Namiesto CO₂ vzniká pri horení vodná para. Vodík ako zdroj energie sa na prvý pohľad zdá byť ako dlhodobé a atraktívne riešenie pre zdroje výroby procesného tepla. V praxi toto riešenie vedie k niekoľkým výzvam, ktoré je však možné vyriešiť.

Postup výroby vodíka

- ▶ Reakcia s kovmi
- ▶ Parné reformovanie
- ▶ Tepelné štiepenie vody s termochemickými kruhovými procesmi
- ▶ Elektrochemické štiepenie vody
- ▶ Elektrolýza vody
- ▶ Elektrolýza vodnej pary
- ▶ Biologické štiepenie vody (tvorba biomasy)
- ▶ Fotolytické štiepenie vody (priamy vývoj vodíka)

Začína to už pri výrobe vodíka. V čistej forme vznikajú problémy pri uskladňovaní a bezpečnostné riziká, lebo pri netesnostiach hrozia výbušné reakcie plynu. Pomerný podiel prímеси do stávajúcej plynovej infraštruktúry sa už teraz realizuje vo veľmi malom percentuálnom rozsahu (2%). Zvýšenie je pri narastajúcej dostupnosti pravdepodobné, vyžaduje si ale prispôsobenia infraštruktúry a spotrebičov. Takzvané reverzibilné palivové články sľubujú vyššie stupne účinnosti ako elektrolýza, slúžia ale v prvom rade na využitie vodíka pre výrobu elektrickej energie. Aj pri spaľovaní vodíka vznikajú nové technické výzvy, ktoré pri dnešných metódach spaľovania oleja a plynu nastávajú. Vznikajú nové požiadavky na horák a kotol ako aj na distribúciu a bezpečnostné zariadenia. Spoločnosť Bosch už realizovala viacero zariadení s vodíkom, niektoré z toho sú v prevádzke s čistým vodíkom.

Pre zákazníkov v priemysle je využívanie čistého vodíka ako paliva ešte praktickejšie ako napr. pre domáce účely vykurovania. Pri priemyselných systémoch procesného tepla hrajú nadobúdacie náklady významne menšiu úlohu (priemerne cca. 2% celkových prevádzkových nákladov v priebehu 15 rokov).

Na zvýšenie obchodovateľnosti vodíka existuje viacero technických postupov, ktoré majú ale všetky jedno spoločné – znižujú celkový stupeň účinnosti výroby konečného média. Pri výrobe vodíka elektrickou

energiou a následnom metanizovaní pre napájanie siete s tlakom 80 bar sa stráca 36-50% pôvodnej energie. Ak vezmeme do úvahy ďalšiu potrebnú technológiu, cena za MWh sa podstatne zvyšuje. Nevyriešenou otázkou je tu ešte aj nákladovo efektívna extrakcia CO₂ zo vzduchu, nakoľko nie sú k dispozícii dostatočne veľké zdroje čistého vodíka. (Aktuálne stojí extrakcia CO₂ zo vzduchu niekoľko sto Euro na tonu.) Taktiež ešte nie dostatočne ekonomicky predstaviteľné nahradenie zemného plynu ako paliva extrahovaním vodíka zo zemného plynu, aby sa zabránilo vzniku CO₂ v procese spaľovania. V nasledujúcich desaťročiach môžeme počítať s pokrokom vo vodíkovej technológii.

Zhrnutie

Aj v priemyselnom sektore začína odklon od fosílnych palív pre tepelnotechnické zariadenia. Hneď ako to bude ekonomicky možné, je pravdepodobné, že budú mnohé procesy pracujúce do 110°C a vykurovacie aplikácie prebudované na alternatívne technológie alebo palivá. Podstatne dlhšie bude trvať prebudovanie u zariadení na procesné teplo. So zreteľom na možnosti vysokých úspor u existujúcich zariadení tu možno najprv počítať s rozsiahlymi energetickými modernizáciami. Z dlhodobého hľadiska zostáva otvorené, či sa presadia vodíkové systémy alebo systémy na báze elektrickej energie a ako sa toto presadenie regionálne rozdelí.

Pre väčšinu použití sa pre bezpečnú výrobu pary alebo ako hydraulické systémové komponenty v uzatvorených systémoch naďalej budú používať veľkoobjemové kotly. Z dlhodobého hľadiska sa vodotrubné kotly naproti tomu budú vyskytovať takmer už len v existujúcich a veľkých závodoch alebo v špeciálnych aplikáciách (teploty > 300°C). Výrobcovia kotlových zariadení a výrobcovia horákov sa pravdepodobne budú musieť v strednodobom horizonte pripraviť na narastajúci počet projektov so špeciálnymi palivami. Tu sa núka prestavba množstva existujúcich zariadení. Samotné zdroje energie sa môžu často ešte mnoho desaťročí prevádzkovať so zmeneným palivom, pokiaľ budú dodržané stále prísnejšie limity emisií spalín.

Keďže kotlové zariadenia majú pri dobrej údržbe často veľmi dlhú životnosť a môžu byť v prevádzke viacero desaťročí, je potrebné zavčas uvažovať o neskoršom použití. Ak je z dlhodobého hľadiska predstaviteľná prevádzka na vodík alebo alternatívne palivá, možno to už dnes zohľadniť v konštrukcii kotla, nakoľko tieto kotly budú v princípe vyžadovať trochu inú konštrukciu.

Modernizovanie existujúcich zariadení pre zvyšovanie efektívnosti alebo využívanie obnoviteľných palív sú krátkodobé účinné opatrenia na zníženie emisií CO₂ v priemysle.



Robert Bosch, spol. s r.o.

Ambrušova 4
821 04 Bratislava
Tel.: +421 2 48703 200

industrial.slovakia@bosch.com
www.bosch-industrial.com/sk

© Bosch Industriekessel GmbH | Vyobrazenia slúžia len ako príklad |
Právo na zmeny je vyhradené | 08/2019 | TT/MKT-CH_de_FB_Dekarbonisierung_01