

Ing. JAROSLAV LOOS, Potravinoprojekt, Praha

Klíčová slova: mladina, pivo, výroba, energie, úspora

1. ÚVOD

V posledním desetiletí byla v zahraničí vyvinuta pro pivovary řada různých varních systémů, a to s větší nebo menší snahou o zachování dosavadní tradiční technologie a kvality finálního výrobku. Všechny návrhy a provedení však jednoznačně směřovaly k radikální úspoře potřebné vstupní tepelné energie na 1 hl vystaveného piva, nebo vyrážené mladiny (VM). Stále aktuální je vzájemná srovnatelnost systémů z energetického hlediska, skutečná minimální spotřeba energie (teoretická nebo praktická pro vlastní vaření) a odpadní teplo.

Tato otázka a její složitost si vynucuje sama o sobě moderní systémový přístup k analýze i řešení, aby bylo možno objektivní srovnávání a příslušné rozborů. V zahraničí se při řešení podobných otázek objevuje stále častěji „metoda bilancování energie a hmoty“ [1]. Byla aplikována v roce 1985 pro bilanční výpočty v pivovarech, které byly prvním podkladem pro program hmotového a tepelného výpočtu varny počítačem.

V ČSSR se při projektování potravinářských závodů v posledních letech stále více prosazuje „procesní energetika“, zvaná také „netradiční energetika“ [2], která se zaměřuje na energetickou analýzu technologických pochodů a na optimalizaci vztahů „technologie — energetika“ v tepelně-energetických (TE) schématech. Základním principem všech těchto úvah jsou materiálně-energetické bilance. Použití metodiky procesní energetiky při projektování potravinářských závodů představuje do jisté míry určitou inovaci v projektování, resp. inovaci technologického procesu projektování.

V zásadě nejde o žádný převratný objev, ale pouze o důslednou systémovou aplikaci obecně platných zákonů o zachování energie a hmoty a o jejich vzájemně přehledné a kontrolovatelné schematické zobrazení a výpočet. V určitém vymezeném úseku technologického procesu se provede nejdříve materiálová bilance a k ní se přidruží příslušný tok tepelné a jiné energie. Výsledkem a zároveň kontrolou je bilanční rovnost vstupů a výstupů materiálů a energií. Takové bilanční schéma sestavené v rámci provozní jednotky, provozního souboru, nebo nakonec i celého závodu, pomáhá odhalovat nevyužitě odpadní hmoty a odpadní energie vhodné pro recirkulace. Při zmapovávání dosavadních provozů se tímto způsobem odhalují nepředvídané ztráty a často chyby v předpokladech.

2. ROZDĚLENÍ SPOTŘEBY TEPLA VE VARNĚ

Klasickou oblastí pro aplikaci metodiky materiálně-energetického bilančního toku je v pivovaru varna, a to jako celek i její jednotlivé části. Varna je ústředním orgánem tepelně-technického hospodářství celého pivovaru, a proto si zaslouží podrobnější rozbor.

Vzhledem k tomu, že v ČSSR není aplikace moderních varákových systémů rozvinuta v širším měřítku, bude dále pojednáno o klasické varně s konvenčním způsobem vaření, a to v rámci ohraničení od vystírání po vyráženou mladinu (VM). V bilančním tepelně-energetickém schématu jsou specifikovány všechny materiálové vstupy a výstupy s příslušnými teplotami a tepelnými obsahy. Je třeba zhodnotit vstupní tepelnou energii (v páře, vodě, v materiálu) a výstupní teplo v materiálu, teplo odpadní využitelné i ztracené a teplo vratné

(v kondenzátech). Jedině se znalostí všech těchto hodnot je možno stanovit objektivní energetickou náročnost určitého procesu

Posuzujeme-li vstupy tepelné energie do jednotlivých fází varního procesu, je rozdělení celkové spotřeby (100 %), pro normální konvenční vaření s 15 % odparu v mladinové pánvi a při dekokčním dvourmutovém způsobu, následující:

Vystírání a zapáčka	13,2 %
Rmutování (rmutová pánev)	14,4 %
Scezování (vyslazování)	18,2 %
Ohřev a vaření v mladinové pánvi	54,2 %
Celkem	100,0 % = 115 MJ . hl⁻¹ VM

Toto rozdělení a celková spotřeba se mění podle způsobu technologie rmutování a podle zvoleného procenta odparu v mladinové pánvi. Předpokládáme-li v našich poměrech neměnný rmutovací proces i scezování, mění se spotřeba tepla pro varnu pouze v závislosti na procentu odparu mladiny. Rozdělení při mezní minimální hodnotě odparu 6 %:

Vystírání a zapáčka	17,2 %
Rmutování ve rmutovací kádi	19,2 %
Scezování (vyslazování)	23,9 %
Ohřev a vaření v mladinové pánvi	39,7 %
Celkem	100,0 % = 87 MJ . hl⁻¹ VM

Jak je z uvedeného patrné, je v prvním případě rozhodujícím spotřebičem tepla mladinová pánev se spotřebou větší než 50 % a v druhém extrémním případě, při odparu 6 %, je spotřeba v mladinové pánvi podstatně menší a je rovna téměř spotřebě pro vystírání a rmutovací proces.

Je zřejmé, že z energetického hlediska bude žádoucí věnovat nyní rmutování stejnou pozornost jako vlastnímu chmelovaru a sledovat i jeho odpadní teplo.

Pro názorné srovnání uvádíme obdobné hodnoty ze zahraničních pramenů pro konvenční varní proces, pouze s tím rozdílem, že rmutovací proces je „jednorumutový“ [3].

Při odparu 15 %:

Ohřev a vaření v mladinové pánvi	53,8 %
Celková spotřeba tepla pro varnu	100,0 % = 100,9 MJ . hl⁻¹ VM

Při odparu 6 %:

Ohřev a vaření v mladinové pánvi	39,2 %
Celková spotřeba tepla pro varnu	100,0 % = 72,8 MJ . hl⁻¹ VM

U infúzního rmutovacího způsobu se celková spotřeba (100 %) tepla pro varnu ještě dále zmenší asi o 9 MJ . hl⁻¹ VM. Tento fakt, v případě, že se technologické požadavky ustálí na minimalizovaném procentu odparu 6 %, stojí za důkladnou ekonomickou rozvahu, podloženou kritériem „převedených nákladů“, zda a za jakou cenu lze dále redukovat spotřebu tepla pro vlast-

ní chmelovar s drahým zařízením z dovozu. Je třeba posoudit celkový efekt a přínos v kontextu celého pivovaru.

3. PŘÍKLAD TEPELNĚ-ENERGETICKÉHO (TE) SCHÉMATU

Prvním krokem při analýze technologického procesu z hlediska materiálně-tepebné bilance je sestavení bilance materiálového toku. Na obr. 1 je schéma toku materiálu a energie pro „vystírku“ a „rmuty“.

Podle konkrétního případu jsou uvedeny hmotnosti technologického toku materiálu v jednotlivých bodech technologických operací celé vystírací a rmutovací fáze, až k hotovým rmutům pro čerpání do scezovací kádě. V každém bodě jsou uvedeny rovněž příslušné technologické teploty a zakresleny jsou také energetické vstupy i výstupy.

Kontrolní materiálová bilance u jednoho konkrétního příkladu:

Vstupy		Výstupy	
Slad	(15,0 °C) 2 537,6 kg	Rmut	(78,8 °C) 15 876,6 kg
Voda	(39,0 °C) 4 597,0 kg	I. odpar	(100 °C) 479,0 kg
Voda	(56,6 °C) 9 700,0 kg	II. odpar	(100 °C) 479,0 kg
Celkem	16 834,6 kg		16 834,6 (75,8 °C)

Dále se k tomuto materiálovému schématu přiřadí příslušné energetické (tepelné) vstupy a výstupy a z nich se sestaví bilance tepelných obsahů. Vyrovnanost vstupů a výstupů (v kJ) je zároveň kontrolou toho, že i bilance materiálového toku je správná. Součet všech základních parametrů vstupů hmotového a energetického toku (zleva a zdola na schématu) se musí rovnat součtu základních parametrů všech výstupů hmotového a energetického toku (zprava a nahoru na schématu).

Technologicko-energetické schéma na obr. 1 je uvedeno jako příklad tvorby a analýzy dílčí fáze technologie. Není zde zatím vyjádřena další návaznost na vstupující hmoty a energie v kontextu celého pivovaru.

Je zřejmé, že tímto způsobem je možno znázornit i další fáze výroby, jako je scezování, chmelovar, chlazení mladiny atd. Při komplexním systémovém přístupu k řešení vztahu mezi technologií a energetikou je nutno zapojit do schématu i všechny technologie pomocné a obsluhující (kotelnu, chladicí zařízení, stlačený vzduch, vodní hospodářství, čistírnu odpadních vod atd.) a podobně vytvářet bilance všech médií (kromě vody také vzduchu, chladu, CO₂ atd.), a to po jednotlivých dílčích výrobních úsecích. Výsledkem pak bude celková bilanční technologicko-energetické schéma celého provozního celku pivovaru, které nejen prokáže zdůvodněné vstupy materiálu a všech druhů energií, ale zároveň poukáže na neodůvodněně odpadající energie, které jsou nevyužity a nabízejí možnosti recirkulací a jakéhokoliv dalšího zužitkování.

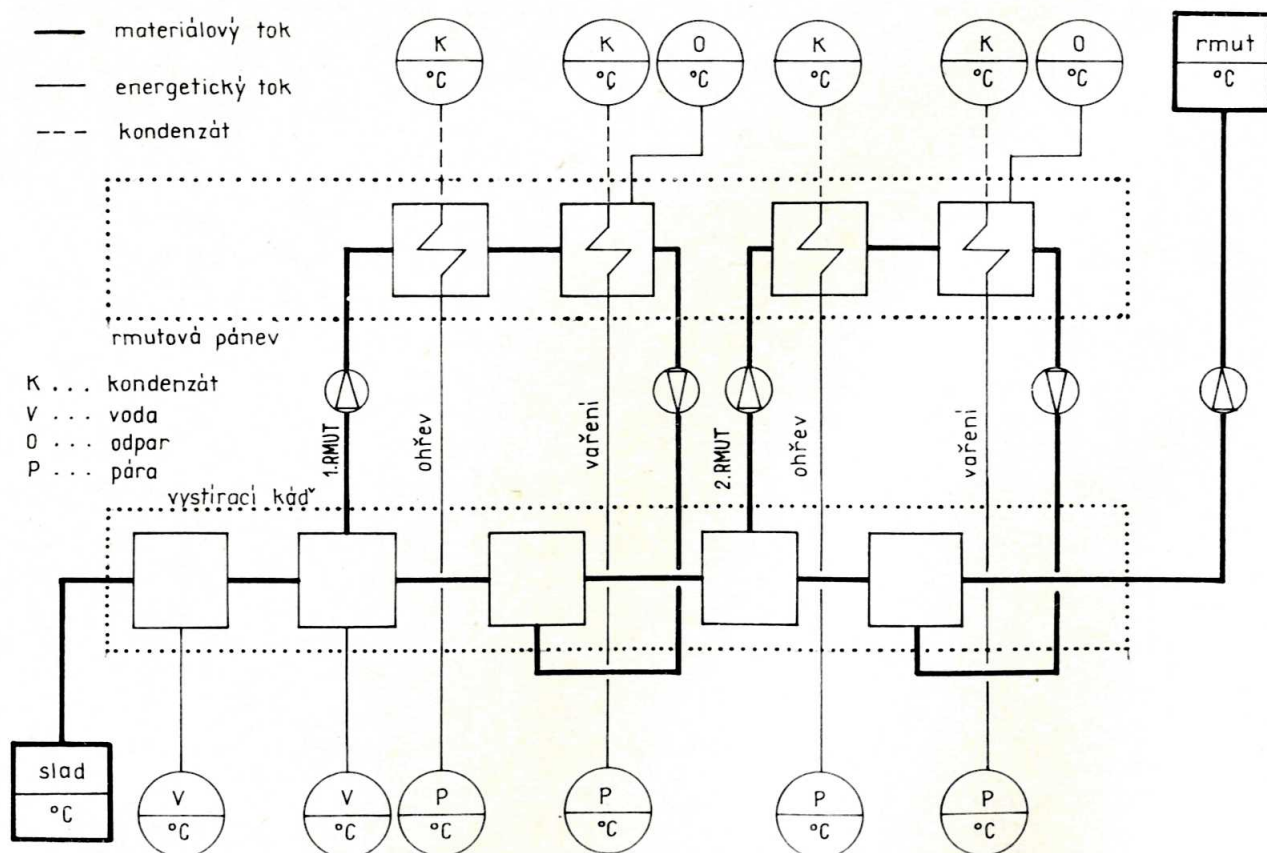
4. SPOTŘEBA TEPLA PRO CHMELOVAR

Vlastní chmelovar znamenal dosud, jak bylo již uvedeno, největší spotřebu tepla ve varně. Při odparu 15 % v mladinové pánvi to bylo až 54 % celkového tepla pro varnu.

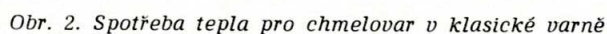
Spotřeba tepla pro chmelovar je přímo závislá na velikosti procenta odparu a pak na teplotě vstupující sladiny, tj. na teplotě sladiny „pohromadě“ u klasického taktového vaření.

Průběh spotřeby tepla pro mladinovou pánev na 1 hl vyřazené mladiny je znázorněn na obr. 2. Graf je sestaven pro předpoklad vstupní teploty sladiny 72 °C a při odhadu tepelných ztrát 5 %. Hodnoty MJ na hl VM jsou uvedeny pro rozsah odparu 5 až 16 % při normálním klasickém chmelovaru. Při posuzování spotřeby tepla pro vaření je nutno rozlišovat různé udávané údaje.

Rozhodující je údaj spotřeby tepelné energie v kJ přímo na vstup do teplosměnné plochy. Údaj hmotnosti páry v kg na hl VM je závislý na tlaku vstupní páry (MJ.h⁻¹ VM). Kromě toho je nutno rozlišovat teplo



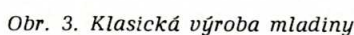
Obr. 1. Rmutovací proces



Na *obrázku 3* je materiálově-energetické schéma chmelovaru v mladinové pánvi s energetickými vstupy a výstupy pro technologický proces vaření 1,0 kg vyrážené mladiny, při vstupní teplotě mladiny 72 °C, odparu 6 % a za předpokladu použití páry 0,5 MPa s entalpií 2745,1 kJ na kg páry. Tepečná bilance tohoto úseku výroby pro 1 kg VM:

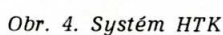
(Jde o početní příklad. V praxi jsou ztráty obvykle vyšší.)

Závěrem vyplývá, že množství vody, které je možno ohřát odpadním teplem z brýd, je přímo úměrné teplu v páře pro chmelovar a zároveň odpovídá procentu odpařované mladiny. Na tomto spojení je nutno založit



Při posuzování možností použití jiných progresivních varných systémů je proto důležité mít na zřeteli nejen otázku zmenšení spotřeby tepla pro vlastní vaření, ale také nezapomínat na množství tepla a jeho ekonomické využití v pivovaru.

Úspora tepla pro vaření (včetně ohřevu) je u tohoto systému velmi podstatná a při srovnatelném odparu 6 %



činí proti konvenčnímu vaření s odparem 6 % (porovnáváno ve spotřebě tepla v páře 0,5 MPa) 34,88 MJ.h⁻¹ VM — 17,9 MJ.h⁻¹ VM = 16,98 MJ.h⁻¹ VM, což znamená asi 48,6 % tepelné energie.

Pro další bilanční úvahy je však zařazení tohoto systému do teplovodního hospodářství varny a celého pivovaru nutno vzít v úvahu, že i velikost odpadního tepla z vaření HTK je menší proti konvenčnímu vaření a využitelné odpadní teplo z brýd a parního kondenzátu se rovněž několikanásobně zmenší proti běžnému klasickému vaření.

Za zmínku ovšem stojí otázka parních tlakových kondenzátů a jejich využívání. Pokud konstrukce zařízení je taková, že teplo vysokotlakých parních kondenzátů je v zabudovaném výměníku přímo využito pro varní proces, pak jsou hodnoty vstupního tepla zkresleny směrem dolů. Nesmí se také zapomínat na to, že prvotní energetickou snahou je vrácení všech kondenzátů zpět do kotelný, poněvadž cena kondenzátů, tj. upravené vody pro zařízení kotelný, je velmi vysoká. Kromě toho je také žádoucí vracet kondenzáty do kotelný pokud možno nejméně ochlazené pod 100 °C, protože při odplynění je nutno v kotelně potřebné teplo k ohřátí na 105 °C pro odplynění opět dodat.

6. ZÁVĚR

Jak vyplývá z podrobnějšího systémového rozboru jednotlivých spotřebních míst tepelné energie při celém procesu vaření (od vystráání až k vyrazení mladiny) je rozhodujícím momentem pro celkovou spotřebu tepla doba varu a velikost procenta odpařené mladiny. U normálního konvenčního vaření, kdy se odpar pohybuje kolem 15 %, tvoří teplo pro chmelovar více než 50 % z celkového tepla pro varnu. Poněvadž je odpadní teplo z varny pro další ohřev varní vody přímo závislé a téměř rovné teplo přiváděnému pro chmelovar, zmenšování odparu na 6 až 8 %, s nímž se nyní při konvenčním vaření počítá, ovlivňuje nezbytně bilanci teplovodního hospodářství varny i pivovaru. Při zavádění nových varních systémů, které znamenají citelnou úsporu vstupního tepla, je nutno zkoumat a zhodnotit také menší odpadní využitelné teplo z varny a dbát na ekonomickou vyrovnanost teplovodního hospodářství. Pou-

ze tak je možno dosáhnout určitého optima také v celkové spotřebě tepla na 1 hl hotového piva.

Literatura

- [1] Forum der Brauerei, 1985, s. 229.
- [2] KLAZAR, G. L.: Netradiční energetika (Interní publikace) Potravinoprojekt, Praha, 1982.
- [3] PENSEL, S.: Brauwelt, **125**, 1985, s. 1843.

Lektoroval Ing. Tomáš Lejsek, CSc.

Loos, J.: Tepelná energie k výrobě mladiny. Kvas. prům. **34**, 1988, č. 2, s. 39—42.

Popisuje se systémový přístup k řešení ekonomizace technologického procesu výroby mladiny pomocí podrobného rozboru a optimalizace vztahu technologie—energetika v symbolicky upraveném bilančním technologicko-energetickém schématu.

Лоос, Я.: Теплоэнергия для производства охмеленного сусла. Квас. прум., **34**, 1988, № 2, стр. 39—42.

Описывается системный подход к решению экономизации технологического процесса производства охмеленного сусла при помощи подробного анализа и оптимизации отношения технология-энергетика в символически обработанной схеме технолого-энергетического баланса.

Loos, J.: Thermal Energy for Wort Production. Kvas. prům., **34**, 1988, No. 2, pp. 39—42.

Economization of wort production using analysis and optimization of the relation between technology and energy in the adapted balance technology — energy scheme is described.

Loos, J.: Wärmeenergie für die Würzeerzeugung. Kvas. prům., **34**, 1988, Nr. 2, S. 39—42.

Es wird ein Entwurf einer Systemlösung der Ökonomisierung des technologischen Prozesses der Würzeerzeugung mittels einer ausführlichen Analyse und Optimalisierung des Verhältnisses Technologie-Energetik in einem symbolisch bearbeiteten technologisch-energetischen Bilanzschema beschrieben.