Ekonomika hvozdění

VÁCLAV VLČEK, Brno a JIŘÍ VLČEK, VÚPS, Brno

663.43

V několika článcích Kvasného průmyslu [2] byl popsán způsob hvozdění 2krát 24 hod s vyloučením obracení sladu na horní lísce podle zlepšovacího návrhu autora, užívaný v jihomoravských pivovarech v Brně.

Výsledky celé kampaně 1960/61 přesvědčují, že při zlepšené kvalitě vyráběného sladu lze dosáhnout mnohých úspor na lidské práci a hlavně ve spotřebě otopné energie a touto se článek bude zabývat.

Při denním průměrném zatížení hvozdu 125 kg sladu z 1 m² plochy dolní lísky (pokusně byly i při ne zcela dokonalém zvyšování tahu hvozdu parníkovým ventilátorem dosaženy sbírky i 140 kg) bylo v celokampaňovém průměru spotřebováno na 100 kg odsušeného sladu 102,8 kg páry, o tlaku 5 až 6 atp, což při přepočtu po 620 kcal činí necelých 64 000 kcal (73 736 kcal) v hodnotě páry, resp. necelých 80 000 kcal po přepočtu jako by se pára vyráběla v parním kotli o účinnosti 80 %.

Přitom nepřesahuje spotřeba elektřiny pro pohon ventilátoru 0,5 kWh na 100 kg sladu. Bude proto tato při dalších výpočtech vynechána jako zanedbatelná, protože se eliminuje spotřeba elektrické energie pro pohon obraceče na horní lísce a značně se omezuje i spotřeba této energie na obracení sladu na lísce dolní.

Lze se domnívat, že nemusí mít všeobecnou platnost kalorická spotřeba tepla na výrobu 100 kg sladu, která bývá při 120 000 kcal všeobecně hodnocena jako příznivá.

Proč mohlo být a také bylo v Jihomoravských pivovarech v Brně dosaženo těchto příznivých hodnot?

V citovaných článcích [2] je uvedeno, že celková spotřeba tepla na hvozdě, tj. teplo dodané palivem, bývá označována jako Q a bývá obvykle rozdělována na tyto hlavní spotřebiče:

Q_1 — na ohřátí sladu z teploty nastírací na teplotu, při níž se slad sbírá,

Q_2 — na odpaření vody ze zeleného sladu, včetně sladového květu z vláhy 40 až 42 % na vláhu 4 %,

Q_3 — na ohřátí vzduchu, odcházejícího parníkem, z teploty venkovního vzduchu na teplotu v parníku,

Q_4 — na ztráty, v prvé řadě ztráty komínové, dále ztráty sáláním, netěsností aj.

Platí tedy rovnice:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

při čemž Q_4 bývá pro obtížnost měření obvykle vyjadřována jako rozdíl mezi teplem, dodaným palivem a součtem Q_1, Q_2 a Q_3.

V citovaném článku [2], je poukázáno na to, že zatím co hodnoty Q_1 a Q_2 jsou hodnotami, které při daných parametrech lze přesně vyčíslit, přičemž skutečná spotřeba je rovna spotřebě vypočtené, je hodnota Q_4 dána více konstrukcí hvozdu a způsobem a kvalitou topení (při správné obsluze topeniště dalo by se i tu mnohé ušetřit) a zbývá hodnota Q_3, která si zaslouží mimořádné pozornosti.

Její výše přímo závisí na množství vzduchu procházejícího hvozdem a na teplotním spádu, tj. teplotě venkovního vzduchu do hvozdu vstupujícího a vzduchu z hvozdu odcházejícího.

V práci [2] je z diagramů patrno, že množství vzduchu potřebného k hvozdění stoupá s teplotou a relativní vlhkostí (dále φ) vzduchu vstupujícího do hvozdu, a to pro danou hodnotu a 100% φ vzduchu odcházejícího parníkem. To jsou ideální hodnoty a současně i nejmenší spotřeby tepla Q_3 pro dané parametry.

V uvedených diagramech je však zaznamenán i případ z provozní praxe, kdy vzduch odcházející parníkem není plně nasycen vodní parou, z toho je vidět, že bylo pracováno s přebytkem vzduchu, často dvoj- i trojnásobným, k jehož ohřátí je ovšem třeba zvýšeného množství tepla.

Jako příklad (když provozní podmínky nebyly všude stejné) jsou uvedeny jednotlivé spotřeby tepla a jejich procentový podíl na celkové spotřebě na odsušení 100 kg sladu podle údajů *Lhotského* [3], *Goslich-Fehrmana* [4] a průměrnou spotřebou ve sladovně Starobrněnského pivovaru za kampaň 1960/61, a to pro porovnání celkové spo-

Tabulka 1

Zjištěné hodnoty	Lhotský		Goslich-Fehrmann		Sladovna Brno	
	kcal	%	kcal	%	kcal	%
Q_1	3 035	2,52	3 190	2,2	3 000	3,75
Q_2	50 184	41,84	40 020	27,6	44 000	55,00
Q_3	35 492	29,58	50 025	34,5	17,000	21,25
S_a	88 711	73,94	93 235	64,3	64 000	80,0
Q_4	31 266	26,06	51 765	35,7	16 000	20,0
Celkem Q	119 977	100,0	145 000	100,0	80 000	100,0

třeby tepla v páře a spotřebu přepočtenou na výrobu této páry pod kotlem o účinnosti 80 % *(viz tabulku 1)*.

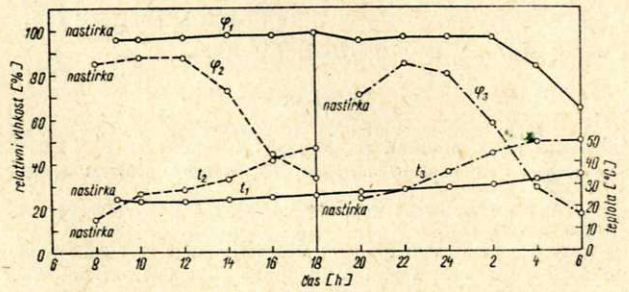
Q_3 pro sladovnu Brno byla vypočtena na základě průměrných ročních hodnot. Velmi rozdílné hodnoty v kcal, a to u př. *Lhotského* 35 492 svědčí o tom, že vzduch odcházející parníkem byl nasycen vodní parou jen asi na 60% φ, zatímco *Goslich* používal ještě většího množství vzduchu a ještě o menším φ, naproti tomu φ v brněnském případě byla asi 90%.

V diagramu jsou uvedeny φ odcházejícího vzduchu, zjištěné v provozu spolu s odpovídajícími teplotami nad horní lískou, přičemž plná čára byla zjištěna při odsuškách 2krát 24 hodiny spolu s teplotou za dobu 24 hodin, čára čárkovaná na témž hvozdě při turnusu 2krát 12 hodin za 12 hodin a čára čerchovaná rovněž při 12 hodinách hvozdění u sladovny *Y*.

Zatímco při odsuškách 2krát 24 hod dosahuje se φ téměř 100 % při nízké teplotě odcházejícího vzduchu, je u obou druhých pokusů dosahovaná φ nepoměrně nižší a teploty v parníku jsou podstatně vyšší, zvláště ke konci dotahování. Tyto závislosti jsou ovšem výrazně patrny na spotřebě otopné energie, která byla ve druhém případě o 20,5 % a ve třetím dokonce o 27,7 % vyšší.

Goslich a *Fehrmann* [4] uvádějí, že při hvozdění světlého sladu musí být u dvoulískových hvozdů používáno troj- až čtyřnásobného množství vzduchu, než činí teoretická potřeba, jinak že by se voda kondenzovala na klenbě hvozdu a odkapávala by zpět do díla.

Tento názor je naprosto nesprávný, neboť v tomto případě musíme topit nehospodárně, což je ostatně zřejmé z jimi uváděných příkladů. Můžeme na základě provozní praxe prokázat, že tato kondenzace nenastává vůbec, ojediněle jen v zanedbatelném množství, neboť ani v našem případě nedostáváme φ 100%, zvláště ne při dotahování a k dobru máme ještě sníženou potřebu tepla Q_3 o 60 až 70 %!



Obr. 1.

V technologii sladu a piva I. díl [5] je uvedeno, že nejnižší spotřeby tepla lze dosáhnout, pokud možno nejvyššími teplotami v parníku, přičemž je správně podotknuto, že by se musilo užít nadměrně vysokých teplot pod dolní lískou, což v zájmu zachování dobré jakosti sladu není možné, neboť optimální dotahovací teploty pro výrobu jakostních sladů plzeňského typu jsou 80 až 85 °C.

Má-li se zachovat ona optimální dotahovací teplota a současně i dodržet, aby odcházející vzduch měl φ blízkou 100 %, nelze dosáhnout vyšší teplotu v parníku, než dovoluje teoretický propočet.

Funkce hvozdu se řídí neúplatnými fyzikálními zákony. Teplota a relativní vlhkost vzduchu, odcházejícího z hvozdu, je závislá na teplotě a relativní vlhkosti vzduchu, vcházejícího do hvozdu, tedy na teplotě a φ vzduchu venkovního a na teplotě vzduchu ohřátého v sušárně, tzn. na teplotě vzduchu pod dolní lískou, jestliže se uvažuje hvozd za ideální sušárnu. Tyto relace, které mezi sebou vzájemně souvisí, možno vyčíst z Ramzin-Mollierova diagramu vlhkého vzduchu.

Tabulka 2

Výsledné teploty vzduchu nad horní lískou při φ = 100 %

Teploty vzduchu pod dolní lískou °C	Teplota venkovního vzduchu v °C, při 70 % φ						
	−5	0	5	10	15	20	25
	Skutečné teploty nad horní lískou °C						
40	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	23,0	25,5
50	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	28,0
60	23,5	24,5	25,5	26,5	27,5	29,0	30,5
70	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	32,5	33,0
80	28,0	29,0	30,0	31,0	32,5	34,0	35,5

Znalost tohoto diagramu, kterou by si měl osvojit každý technik a sladmistr, chce-li pochopit vzájemné vztahy vzduchotechniky, umožňuje poměrně snadno při známé teplotě a φ venkovního vzduchu a při skutečné teplotě ohřátého vzduchu pod dolní lískou:

a) předem určit skutečnou teplotu vzduchu, odcházejícího parníkem, jestliže by tento vzduch měl ideální relativní vlhkost 100% nebo

b) určit skutečnou φ, kterou při známé teplotě v parníku má odcházející vzduch.

Při sledování těchto závislostí v provozních poměrech, kde nejde o absolutní přesnost, nýbrž o běžnou kontrolu provozu, neudělá se velká chyba, bude-li se uvažovat φ venkovního vzduchu 70%, jak obyčejně v našich poměrech bývá. Pro přesné měření bylo by nutné stanovit tuto φ pro daný časový úsek a s touto hodnotou počítat.

a) *Tabulka 2* předkládá zhruba vypočtené teploty, které má mít vzduch odcházející parníkem (nebo teploty vzduchu nad horní lískou) při dané teplotě venkovního vzduchu, za předpokladu, že jeho φ je 70% a při skutečných teplotách horkého vzduchu pod dolní lískou (předpokládá se při vyrovnaném stavu, tj. za delší časový úsek), přičemž by měl vzduch, odcházející parníkem, ideální φ 100%.

Jestliže jsou skutečné teploty nad horní lískou oproti uvedeným podstatně vyšší, je to neklamným důkazem, že se topí neúsporně, neboť φ odcháze-

jícího vzduchu je nižší než 100 %, tj. spotřebuje se zbytečně velké množství vzduchu, ohřívá se a ne zcela využito odchází do ovzduší.

b) Naopak z Ramzin-Mollierova diagramu lze při daných parametrech (jako v prvním případu) bez dalšího měření zjistit při stanovené teplotě vzduchu, odcházejícího parníkem, jeho pravou relativní vlhkost.

V zájmu přehlednosti se nepředkládá diagram pro tyto vztahy, autoři jsou však ochotni jej doplnit nebo zájemcům, kteří mají snahu do této problematiky vniknout hlouběji, je blíže vysvětlit. Tyto vztahy jsou ostatně zřejmé z předchozího diagramu, s nímž i teoretické výpočty, resp. hodnoty, zhruba souhlasí.

Z těchto vzájemných vztahů je zřejmé, že při hvozdění 2krát 12 hodin s obracením sladů na horní lísce, je vzhledem ke krátkému času pro hvozdění, stoupání teplot příkřejší. Musí se proto žádat, aby byl slad na horní lísce, vzhledem k jakosti sladu, odsušen na vláhu 8 až 12 % a musí se pracovat s přebytkem vzduchu, a tím tedy nehospodárně, jak ukazuje *tabulka 1.*

Naproti tomu při odsoušení v cyklu 2krát 24 hod bez obracení sladu na horní lísce, jak již bylo dříve uvedeno [2], dovoluje tento způsob volnější stoupání teplot a není ani žádoucno, aby slad na horní lísce byl odsušen až na vláhu 8 až 12 %, nýbrž postačí odsoušení na 14 až 16 %, neboť máme dosti času, abychom po spuštění horní lísky na spodní mohli začít s nízkými odsoušecími teplotami a v této fázi nám vlastně dolní líska zastává funkci lísky horní.

Je pochopitelné, že tento postup umožňuje použít jen malého přebytku teoretického množství vzduchu, neboť vzduch již částečně sycený vodní parou z vrstvy dolní lísky se dosycuje průstupem horní lísky na φ blízkou 100% nasycení. Při dané dotahovací teplotě, tj. teplotě ohřátého vzduchu pod dolní lískou 80 až 85 °C, kterou nelze z technologického hlediska zvyšovat, nemůže se dosáhnout podstatně vyšších teplot nad horní lískou, než je udáno v *tabulce 2,* chce-li se současně dodržet maximální φ tohoto vzduchu.

Grafickými záznamy teplot pod dolní lískou lze dokázat, že se celoročně vystačí s povlovným stoupáním teplot od 40 °C počínaje a ani při dotahování nebyla překročena teplota 84 °C při dostatečně dosušeném a dotaženém sladu.

Lze považovat za velkou provozní chybu to, když se sladovny při hvozdění řídí jen teplotami mezi lískami. Musí se brát v úvahu, že vrstva sladu na dolní lísce odevzdává ještě část své vláhy, čímž prostupující sušicí vzduch ochlazuje, nehledě ani na to, že i tato vrstva akumuluje část tepla. Proto je teplota mezi lískami, zvláště v prvních fázích hvozdění, značně zkreslena, což se musí projevit při automatické programové regulaci přizpůsobené pro regulaci teploty mezi lískami. Může se stát, že se často nekontrolovaně používá příliš vysokých teplot pod dolní lískou, což musí nepříznivě ovlivnit jakost sladu ve spodních vrstvách nastírky, hlavně poklesem diastatické mohutnosti.

Je ovšem správné měřit a podle možnosti i graficky registrovat nejen teplotu pod dolní lískou, která má být vždycky směrodatná, ale i teploty mezi lískami. Podle těchto by se měl řídit chod ventilátoru. Dále je nutno měřit teplotu nad horní lískou a teplotu venkovního vzduchu, které podávají souhrnně dokonalý obraz teplotního režimu hvozdění.

Zhodnocení výsledků

1. Na základě výsledků provozních zkoušek na sladovnických hvozdech lze považovat za ekonomicky správný technologický postup, který současně umožňuje výrobu kvalitních sladů plzeňského typu, způsob hvozdění v turnusu 2krát 24 hodin bez obracení na horní lísce, s mírným obracením sladu na dolní lísce až při dosažení dotahovací teploty.

2. Při tomto způsobu není nutno používat při hvozdění velkého přebytku vzduchu, neboť pro výrobu jakostního plzeňského sladu postačí jen mírný přebytek proti teoretickému množství vzduchu.

3. Vzduch, odcházející parníkem, má být vždy nasycen vodní parou na relativní vlhkost blízkou 100% nasycení. Jsou-li v parníku podstatně vyšší teploty, než je uvedeno pro jednotlivé parametry v *tabulce 2,* je to důkazem, že vzduch není plně nasycen a že se pracuje kaloricky nehospodárně.

4. Z této *tabulky 2* je zřejmé, že teploty sladu, pracuje-li se bez obracení sladu na horní lísce, jsou v horních partiích, které nejsou ještě dostatečně proschlé, poměrně nízké a horní líska plní proto vlastně po dobu 12 hodin funkci valečky, což přispívá buď k doluštění zeleného sladu, nebo může být o tuto dobu zkrácena doba klíčení a zvětšena kapacita klíčidla.

5. Je naprosto chybné se řídit při hvozdění jen teplotami mezi lískami bez kontroly teploty pod dolní lískou, neboť tento způsob může vést k poškození kvality sladu. Je rovněž bezpodmínečně nutné, aby i event. automatická programová regulace topení byla zapojena na teploty pod dolní lískou, jinak se nelze vyhnout přehřátí sladu ve spodních vrstvách dolní lísky, a tím zhoršení jakosti sladu. Je ovšem nutné také kontrolovat a podle možnosti i registrovat průběh ostatních teplot, které dávají souhrnně ucelený obraz o teplotních režimech při hvozdění a o průběhu hvozdění vůbec.

Literatura

[1] A. Macey: Entwickelung der Mälzereitechnologie nach dem letzten Krieg. Brauwelt **101**, 35 (1961).
[2] Vlček V.: O hospodárnosti hvozdů. Kvasný průmysl **6**, 274 (1960).
[3] Lhotský A.: Technická kontrola sladařské a pivovarské výroby, Praha SNTL 1957.
[4] Goslich a Fehrmann: Brauerei Maschinenkunde II, 1920, str. 95.
[5] Technologie sladu a piva I. díl. Praha SNTL 1953, str. 206—207.

Došlo do redakce 26. 2. 1962.

ЭКОНОМНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СОЛОДОСУШИЛЕН

При сушке светлого солода так наз. плзенского типа на двухярусных солодосушильнях рекомендуется по экономическим соображениям длительность процесса 2 × 24 часа без ворошения на верхнем ярусе и с ограниченным ворошением на нижнем ярусе при температуре заключительной фазы процесса. Относительная влажность отходящего воздуха должна приближаться к 100 % насыщения, при чем его температура не должна превышать значения указанные для данного режима сушки в таблице. При соблюдении этих условий верхний ярус служит в течении 12 часов как подсушивающее устройство.

DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT DER DARRARBEIT

Bei dem Darren heller Malze vom Pilsner Typ auf Zweihordendarren ist es aus Wirtschaftlichkeitsgründen empfehlenswert in dem Zyklus 2 × 24 Stunden zu arbeiten, wobei das Darrgut auf der oberen Horde überhaupt nicht und auf der unteren Horde nur in begrenztem Ausmass gewendet wird, d. h. erst bei Erreichung der Abdarrtemperatur. Die relative Feuchtigkeit der durch den Dunstschlot entweichenden Luft soll der 100%-Sättigung naheliegen und die Temperatur der Abluft darf die in einer beigefügten Tabelle angegebenen Werte nicht überschreiten. Bei der Einhaltung des beschriebenen Darrarbeitsregimes übernimmt die obere Darrhorde während 12 Stunden die Funktion der Schwelke.

ECONOMICAL OPERATION OF MALT KILNS

When pale malt of the so called Plzeň type is to be dried in double-floor kilns, the process should last 2 × 24 hours without agitating malt on the upper floor. On the lower floor moderate agitation should be introduced at finishing temperatures in the closing stage of the process. The suggested method secures optimim economical results. The relative humidity of outgoing air must be close to 100 % and its temperature must not exceed values indicated for given drying conditions in the tables. In the described process the upper floor serves for 12 hours as a predrying stage.