

Způsoby chmelovaru z hlediska snížení spotřeby energie

W.FELGENTRAEGER, firma Huppmann, Kitzingen

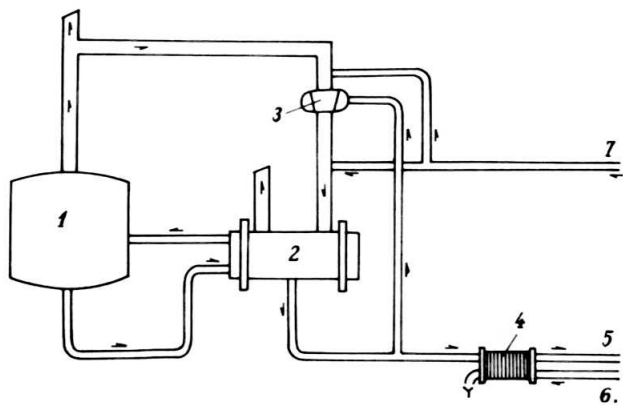
663.444.3

Klíčová slova: mladina, chmelovar, systém NDK, mechanická komprese brýd, energie

Chmelovar je velmi energeticky náročná operace, a proto se intenzivně hledají způsoby úspory energie. V současné době se používají tyto způsoby:

a) Konvenční chmelovar - probíhá v otevřené nádobě. Způsob ohřevu je rozmanitý, přímým plamenem, parním duplikátorem nebo hadem, interním nebo externím vařákem apod. Odpar bývá 10 až 15 %. Lze instalovat kondenzátor brýdových par pro ohřev varní vody. Pokud se vaří více než dvě várky denně, může vznikat přebytek horké vody. V některých případech lze horkou vodu použít k předehřívání hvozdičného vzduchu (pokud má pivovar vlastní sladovnu), nebo k vytápění bytových jednotek apod.

b) Konvenční chmelovar s mechanickou kompresí brýd. Tento způsob se používá zejména tehdy, pokud není žádoucí var nad 100 °C nebo jsou k dispozici nové klasické mladinové pánve. Při mechanické kompresi brýd se pracuje s uzavřeným systémem bez přítomnosti vzduchu. Pro ohřev mladiny a uvedení do varu se používá primární energie. Po dosažení varu se spustí kompresor brýdových par, který brýdy z mladinové pánve nasává, komprimuje a stlačené je vrací do zvláštního vařáku brýdových par, který může být vyroben jako interní nebo externí vařák. Provedení mladinové pánve s mechanickou kompresí brýd a externím vařákem je na obr. 1. Mladinová pánve 1 má párník spojen s kompresorem brýdových par 3. Komprimované páry vedou do externího vařáku 2, spojeného okružným potrubím s mladinovou páneví 1. Ochlazené brýdové páry z externího vařáku 2 jsou vedeny k dalšímu využití do chladiče 4. V chladiči 4 se ohřívá voda, přiváděná potrubím 5 a odváděná potrubím 6. V úseku mezi externím vařákem 2 a kompresorem brýdových par 3 je umístěn přívod čerstvé páry 7, která slouží pro uvedení mladiny do varu.



Obr. 1. Schéma zařízení na vaření mladiny s mechanickou kompresí brýd

1 - mladinová pánve, 2 - externí vařák, 3 - kompresor brýdových par, 4 - chladič, 5 - přívod studené vody, 6 - odvod ohřáté vody, 7 - přívod čerstvé topné páry

Pro mechanickou kompresi brýd se nejdříve používaly šroubové kompresory, které byly původně vyvinuty pro podstatně vyšší provozní tlaky. Při mechanické kompresi brýd se v důsledku podstatně nižších pracovních tlaků jejich účinnost velmi snížila.

Jako náhradní řešení se použila turbodmychadla, pracující sice v optimálním tlakovém režimu, frekvence otáčení rotorů se však pohybovala v rozsahu 20 000 až 30 000 min⁻¹, což nezapadalo do provozu pivovaru. Při snižování objemu komprimovaných brýdových par se provoz turbodmychadel stával nestabilním.

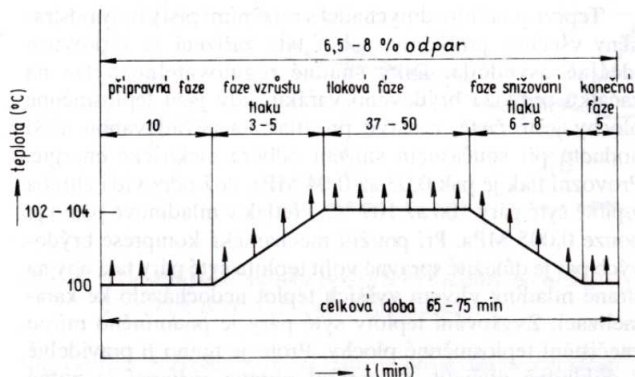
Teprve použitím dmychadel s rotačními písty byly odstraněny všechny problémy, neboť tato zařízení se v provozu ideálně osvědčila. Díky snadné regulovatelnosti lze na začátku provozu brýdového vařáku, kdy jsou teplosměnné plochy ještě čisté, nastavit protitlak na požadovanou nižší hodnotu při současném snížení odběru elektrické energie. Provozní tlak je pak 0,03 až 0,04 MPa, což odpovídá zhruba teplotě syté páry 106 až 109 °C. Přetlak v mladinové pánvi je pouze 0,005 MPa. Při použití mechanické komprese brýdových par je důležité správně volit teplotu syté páry tak, aby na straně mladiny vlivem vyšších teplot nedocházelo ke karamelizaci. Zvyšování teploty syté páry je podmíněno mírou znečištění teplosměnné plochy. Proto je nutno ji pravidelně a důkladně vyčistit. Generální oprava zařízení je nutná nejpozději po 20 000 provozních hodinách. Z použitých typů byla nejlepší Rootsova dmychadla.

Srovnání nákladů pro provoz zařízení s mechanickou kompresí brýdových par s ostatními způsoby je uveden v tabulce 1.

Tab.1. Srovnání energetické náročnosti různých způsobů chmelovaru

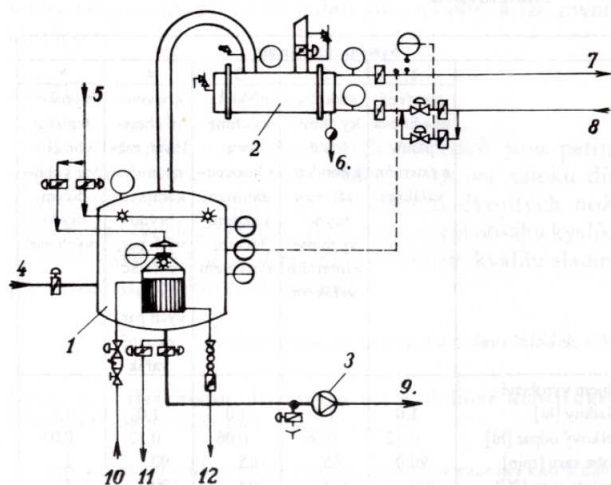
Systém chmelovaru					
	1. otevřená mladinová pánve s externím vařákem	2. nízkotla- kový chme- lovar s konden- zátozem brýdo- vých par a interním vařákem	3. nízkotla- kový chme- lovar s konden- zátozem a akumu- lačním systémem	4. konvenč- ní chme- lovar, me- chanická komprese brýdo- vých par, chladič brýdo- vých par, externí vařák	5. vysoko- teplotní chmelov- ar s chla- dičem brýdo- vých par
Objem vyrobené mladiny [hl]	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Celkový odpar [hl]	0,12	0,06	0,06	0,12	0,07
Doba varu [min]	90,0	65	65	90	1
Teplota varu [°C]	100	104	104	100	135
Teplota mladiny na vstupu [°C]	72	72	95	72	72
Spotřeba primární energie [kWh]	13,977	9,031	5,487	5,045	4,68
Výroba teplé vody 12/80 °C [m ³]	0,15	0,517	0,154	0,119	0,069
Spotřeba tepelné energie [kWh]	1,465	-	-	0,304	0,787
Celková spotřeba energie [kWh]	15,442	9,031	5,487	5,348	5,468
Spotřeba elektrické energie [kWh]	0,058	0	0,041	0,31	0,12
Provozní náklady [%]	100	57	36	45	40

c) Chmelovar za nízkého přetlaku (NDK = Niederdruckkochen) využívá poznatku, že požadované chemické reakce probíhají rychleji za zvýšené teploty a tlaku. Rozsah používané teploty je 102 až 104 °C, což odpovídá pracovnímu přetlaku 0,01 až 0,02 MPa. Mladinová pánve je řešena jako přetlaková nádoba do tlaku až 0,05 MPa, opatřená interním nebo externím vařákem. Chmelovar za nízkého tlaku většinou s interním vařákem je v současné době nejpoužívanějším způsobem vaření mladiny, neboť při úspoře energie se při dodržení správné technologie dosáhne stejné nebo dokonce lepší kvality mladiny (snížení obsahu dimethylsulfidu při lepším využití hořkých látek, barva mladiny zůstává stejná nebo je světlejší. Během varu se vyloučí 55 až 65 % koagulovatelného dusíku).



Obr. 2. Průběh teploty a tlaku při nízkotlakém chmelovaru

Průběh nárůstu teploty a tlaku během chmelovaru za nízkého tlaku (systém NDK) je na obr. 2. Nízkotlaký chmelovar se skládá z přípravné fáze (ve které se začne vařit mladina), fáze zvyšování tlaku, tlakové fáze, fáze snižování tlaku a konečné fáze. Celkový odpar se pohybuje v rozsahu 6,5 až 8 %, doba chmelovaru je asi 65 až 75 minut.



Obr. 3. Schéma zařízení na nízkotlaké vaření mladiny (systém NDK)

1 - mladinová pánve, 2 - brýdový kondenzátor, 3 - mladinové čerpadlo, 4 - přívodní potrubí sladiny, 5 - přívod sanitálního roztoku, 6 - odvod kondenzátu z brýdových par, 7 - odvod ohřáté vody, 8 - přívod studené vody

Na obr. 3 je schéma zařízení systému NDK. Je tvořeno mladinovou pávní 1 opatřenou interním vařákem. Pávník

pánve je odbočkou spojen s brýdovým kondenzátorem 2. Na potrubí vyrážené mladiny 9 je umístěno mladinové čerpadlo 3. Sladina se přivádí potrubím 4, pro čištění mladinové pánve 1 se používají mycí hlavice, zařazené do okruhu CIP, sanitální roztok se přivádí potrubím 5. Teplo z odpadních brýdových par se používá pro ohřev vody, přiváděné potrubím 8 a odváděné potrubím 7.



Obr. 4. Interní vařák Heat Star

Firma Huppmann vyrábí pro systém NDK interní trubkový vařák Heat Star, zaručující optimální technologický režim, neboť nastavením protitlaku lze regulovat teplotu vystupující mladiny v rozsahu 100 až 108 °C při současném zamezení nebezpečí karamelizace mladiny. Chmelovar může probíhat již při malém objemu mladiny. Další výhodou vařáku Heat Star je konstrukční uspořádání spodní části vařáku, které akumuluje sanitální roztok uvnitř varní trubky. Tím lze zvýšit čistící efekt a zkrátit dobu čistění. Během chmelovaru projde mladina interním vařákem 8krát až 25krát. To je dáno požadkem na výši odparu. Pokud se uživatel rozhodne pro interní vařák, získá tyto výhody: odpadá cirkulační čerpadlo, nutné pro provoz externího vařáku, a okružní potrubí s izolací. Ušetrí se sanitace a nárok na zastavěnou plochu je rovněž nižší. Pohled na vařák Heat Star je na obr. 4.

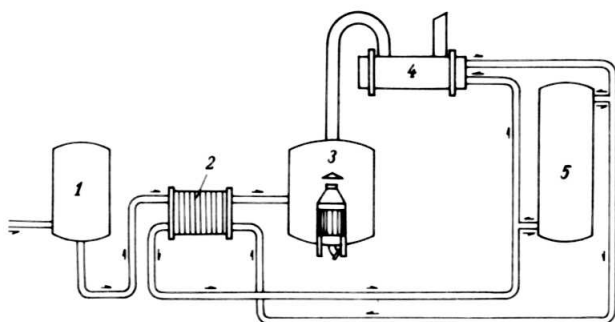
Celý systém NDK, tj. chmelovaru za nízkého tlaku, je napojen na automatickou sanitální stanici. Porovnání spotřeby energie je v tab. 1.

d) Chmelovar za nízkého tlaku se systémem akumulace tepla - získané teplo z brýdových par se využívá k ohřevu vody, akumulované v jednom nebo dvou zásobnících.

Na obr. 5 je znázorněn systém s jedním zásobníkem. Sladina z tanku 1 je přiváděna do protiproudého tepelného výměníku 2, ve kterém se ohřívá z teploty přibližně 72 °C na 95 °C, při které vstupuje do mladinové pánve s interním vařákem 3. Brýdové páry, vznikající během chmelovaru, jsou vedeny do brýdového kondenzátoru 4, ve kterém ohřívají pod tlakem přiváděnou vodu na teplotu 97 až 102 °C, vedenou do zásobníku 5. Potrubní uspořádání umožňuje cirkulaci vody ze zásobníku 5 buď do protiproudého výměníku 2, kde předejde mladině, přičemž se ochladí na teplotu asi 78 °C, se kterou se vrací zpět, nebo do brýdového kondenzátoru 4, ve kterém se voda opět ohřeje na původní teplotu. Doba přečerpávání trvá maximálně půl hodiny.

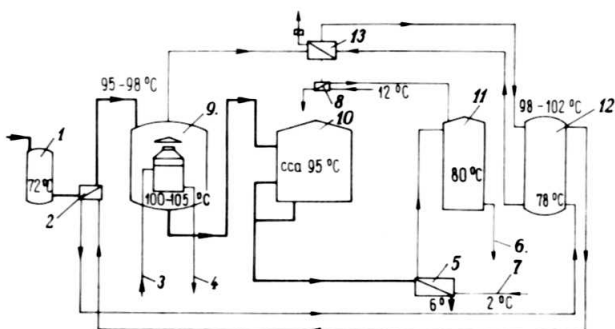
Na obr. 6 je zařízení se dvěma zásobníky vody a zařízením na chlazení mladiny. Jedná se o předeřtání sladiny ze zásobní-

ku 1 ve výměníku 2 a vlastní chmelovar v mladinové pánvi s interním vařákem 9, vytápěným párou, přiváděnou potrubím 3. Vzniklý kondenzát je odváděn potrubím 4. K separaci horkých kalů se vede uvařená mladina do vířivé kádě 10, ze které je vedena do deskového chladiče 5, kde se protiproudě chladí ledovou vodou, přiváděnou potrubím 7. Brýdové páry z mladinové pánve 9 jsou vedeny do brýdového kondenzátoru 13, kde odevzdají převážnou část své tepelné energie na ohřev vody akumulované v jednom ze zásobníků 12. Zbývající teplo z brýdových par se jímá v chladiči brýdového kondenzátu 8 pro ohřev vody, akumulované ve druhém zásobníku 11. Mladina z vířivé kádě 10 je chlazená v deskovém protiproudém chladiči 5, ve kterém se ochlazuje na zákvasnou teplotu při současném ohřátí ledové vody, která se rovněž jímá ve druhém zásobníku 11. Ohřátá voda je z druhého zásobníku 11 vedena potrubím 6.



Obr. 5. Schéma zařízení na nízkotlaké vaření mladiny (systém NDK) s jedním zásobníkem

1 - zásobník sladiny, 2 - protiproudý tepelný výměník, 3 - mladinová pánev s interním vařákem, 4 - kondenzátor brýdových par, 5 - zásobník vody akumulující teplo z brýdových par

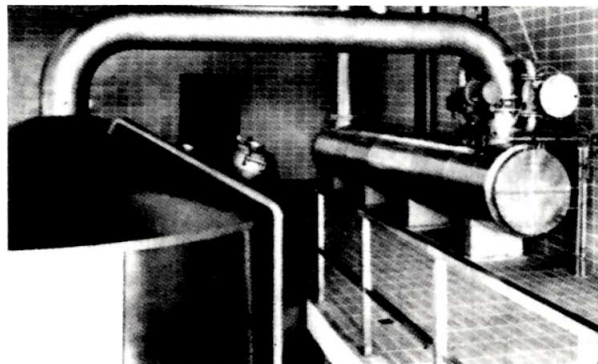


Obr. 6. Schéma zařízení na nízkotlaké vaření mladiny (systém NDK) se dvěma zásobníky

1 - zásobník sladiny, 2 - protiproudý tepelný výměník, 3 - přívod páry do interního vařáku, 4 - odvod kondenzátu, 5 - deskový chladič, 6 - odvod ohřáté vody, 7 - přívod ledové vody, 8 - chladič brýdového kondenzátu, 9 - mladinová pánev s interním vařákem, 10 - vířivá kád', 11 - zásobník horké vody, 12 - zásobník cirkulační vody, 13 - kondenzátor brýdových par

Použitím systému chmelovaru za nízkého tlaku se systémem akumulace tepla získáme úsporu ve výši až 70 % v porovnání s klasickým způsobem vaření mladiny.

e) Chmelovar za vysokých teplot (systém HTW = Hochtemperaturwürzekochung) probíhá za teplot, pohybujících se v rozsahu 130 až 140 °C. Při odzkušování tohoto způsobu se vycházelo ze stejného principu jako u nízkotlakového chmelovaru, tj. že zvyšováním teploty a tlaku se zkrátí potřebný čas na proběhnutí chemických reakcí, což umožní podstatnou úsporu energie.



Obr. 7. Kondenzátor brýdových par PFADUKO, množství vyražené mladiny 240 hl, teplota získané vody 97 °C

Chmelovar za vysokých teplot probíhal v kaskádě tepelných výměníků, z nichž první byl vytápěn vždy brýdovými parami následujícího stupně. Pouze poslední výměník byl vytápěn čerstvou párou. Za každým výměníkem byla instalována expanzní nádoba pro realizaci vlastního odparu.

Výhodou tohoto uspořádání bylo zejména velmi dobré využití odpadního tepla brýdových par. Na druhé straně však bylo nevýhodné použití velmi vysokých teplot, které mohly způsobovat karamelizaci mladiny, dlouhé čekání mladiny v zásobním tanku, rázový odpar na vstupu do expanzní nádoby i nutnost instalace více vířivých kádí.

Za současného stavu techniky tento systém pravděpodobně nemá větší šanci na rozšíření. Porovnání energetické náročnosti tohoto systému je opět v tabulce 1.

DISKUSE VÝSLEDKŮ

Při zavedení některých z uvedených systémů není zanedbatelná skutečnost, že jímáním brýdových par vedle energetické úspory se též řeší otázka emisí a tím i životního prostředí, která bude stále více nabývat na důležitosti.

Z porovnání údajů v tabulce 1 je patrné, že při převládajících nevýhodách chmelovaru za vysokých teplot (systém HTW) přicházejí v úvahu pouze systémy NDK a mechanické komprese brýd. Použijeme-li za základ nákladů klasický chmelovar, pak při použití systému NDK potřebujeme pouze 57 % nákladů, při systému NDK s akumulací tepla jen 36 %, mechanická komprese brýdových par vyžaduje asi 45 % a vysokoteplotní chmelovar přibližně 40 %.

Přeložil a lektoroval Ing. L. Chládek, CSc.

Felgentraeger, W.: Způsoby chmelovaru z hlediska snížení spotřeby energie. Kvas. prům., 38, 1992, č. 1, s. 11 - 14

Je uvedeno porovnání energetické náročnosti klasického, nízkotlakového chmelovaru s připojeným akumulátorem energie, s mechanickou kompresí brýdových par a vysokotlakového chmelovaru. Jsou popsány přednosti a nedostatky jednotlivých systémů.

Фелгентрэгер, В.: Способы варки хмеля с точки зрения понижения расхода энергии. Квас.прум., 38, 1992, N° 1, стр. 11 - 14

Приводится сопоставление энергетической требовательности классической варки хмеля под низким давлением с присоединенным аккумулятором энергии, механической компрессией вторичного пара и варки хмеля под высоким давлением. Описаны преимущества и недостатки отдельных систем.

Felgentraeger, W.: Types of Hop Boiling Procedure from the Standpoint of a Lowering of Energy Consumption. Kvas.prům., 38, 1992, No. 1, pp 11 - 14

A comparison of the energy consumption during the classical low-pressure procedure with a combined energy accumulator, mechanical

compression of vapour and the high-pressure hop boiling procedure is described. Advantages and disadvantages of both the systems are described.

Felgentraeger, W.: Systeme der Hopfenkochung vom Standpunkt der Senkung des Energieverbrauchs. Kvas.prům., 38, 1992, Nr. 1, S. 11- 14

Der Artikel enthält einen Vergleich der energetischen Ansprüche verschiedener Systeme: des klassischen Hopfenkochens, der Niederdruckkochung mit angeschlossenem Energieakkumulator, der mechanischen Kompression der Brügendämpfe und der Hochdruck-Hopfenkochung. Es werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme beschrieben.