Možnosti energetických úspor ve sladovně

R. BIENER, W. FELGENTRAEGER, firma HUPPMANN, Kitzingen

663.443 663.44

Klíčová slova: *slad, ječmen, hvozď, energetická úspora, tepelné čerpadlo*

Energetická krize ze sedmdesátých let i současné konflikty nutí provozovatele pivovarů a sladoven spolu s příslušnými dodavateli strojních zařízení k zamyšlení nad možnostmi úspor v této oblasti. Z těchto důvodů jsou do výrobních závodů instalovány nové prvky mající snížit energetickou náročnost výroby. Na příkladu jedné sladovny je ukázán možný postup úspory energie.

KLÍČENÍ A HVOZDĚNÍ SLADU PŘI POUŽITÍ CHLADICÍHO ZAŘÍZENÍ

Při výrobě sladu je možno postupovat v úseku klíčení dvěma způsoby:

- klíčení s konstantní teplotou, při kterém se udržuje ve středu hromady teplota převážně 12 °C. Ztráty dýcháním jsou asi 5 až 6,5 %,

- klíčení s klesající teplotou, kdy se začíná s poměrně vysokou teplotou 18 °C ve středu hromady a během klíčení se teplota postupně snižuje na 14 °C. Poslední den ji lze snížit o 1 až 2 °C. Ztráty jsou asi 4 až 5,5 %. V obou případech se teplota v hromadě reguluje ochlazováním čerstvého nebo cirkulovaného vzduchu. Udržování teploty vstupního vzduchu do klíčicích skříní na konstantní teplotě nebo její průběžnou změnu podle předem nastaveného režimu umožňuje zkrácení doby klíčení a snížení ztrát až o 2 %. Redukce ztrát a zvýšení kapacity klíčicích skříní včetně

možnosti provozu i v horkých letních měsících vedou k rychlé amortizaci nákladů na instalované chladicí zařízení.

Instalace chladicího zařízení nabízí možnost využívání odpadního kondenzovaného tepla pro předehřátí vzduchu, určeného k hvozdění. Do přírodního tahu vzduchu na hvozdu byly instalovány žebrové tepelné výměníky, předávající kondenzační teplo vstupujícímu vzduchu. Zbylé nepředané kondenzační teplo se využívá ve vodou chlazeném kondenzátoru pro předehřátí vody, určené pro máčení ječmene v náduvnících. Zchlazení kondenzátu na teplotu asi 25 °C při současném předehřátí máčecí vody vede ke zvýšení výkonu chladicího zařízení asi o 8 až 12 %. Současně je zaručeno, že kondenzát neobsahuje bublinky.

Využití odpadního tepla v tomto úseku vede k úspoře asi 22 % primární energie.

Návrh vlastního chladicího zařízení se v současné době omezuje zejména dostupností vhodného chladiva. V minulosti se sice prosadilo chladivo R 12 a R 22, avšak z ekologického hlediska se v devadesátých letech pravděpodobně bude znovu používat amoniak.

Uživatel sladovny si bude moci vybrat z následujících typů chladicích zařízení pro chlazení vzduchu, vstupujícího do klíčicích skříní;

- zařízení s přímým odparem; jeho výhodou je vysoká účinnost a snadná regulace, nevýhodou zůstává možnost poškození klíčicího sladu při úniku chladiva,

- zařízení s nepřímým odparem; pro chlazení vzduchu se používá sekundární okruh. Nosným médiem chladu je zpravidla vodný roztok ethanolu nebo glykolu. Výhodou tohoto uspořádání je zpravidla úspora části amoniaku nebo chladiva R 12, popř. R 22, neboť primární okruh pracuje s vysokou účinností přestupu energie v systému odpařujícím chladivo - kapalina oproti zařízení s přímým odparem. Další předností je malý požadavek na zastavěnou plochu a krátká doba montáže. Nevýhodou však zůstávají náklady na instalaci sekundárního okruhu a provozní náklady oběhového čerpadla, stupeň účinnosti je rovněž nižší.

Při návrhu parametrů chladicího zařízení je nutno vedle dlouhodobého ročního rozložení teploty přesně znát následující parametry:

- použitou technologii sladování,
- které druhy ječmene se budou převážně sladovat,
- kolik klíčicích skříní bude současně provozováno při maximu spotřeby chladu,
- zda se pro chlazení bude používat výhradně recirkulující vzduch, nebo se bude do okruhu pouštět čerstvý vzduch; v kladném případě v jakém poměru,
- množství tepla přecházejícího v teplém období z okolí do prostoru klíčicích skříní,
- zda se používá dokrápění ječmene; v kladném případě, jaká je teplota vody.

Dále je nutno znát specifické teplo klíčicího ječmene. Obecně platí, že ječmen pěstovaný v suché oblasti má vyšší hodnotu specifického tepla než ječmen z vlhké lokality. Dodavatel chladicího zařízení musí rovněž počítat se špičkou, která nastává druhý až třetí den, kdy je nutno ochladit celý obsah klíčicích skříní o 1 až 2 °C.

PODÍL ČERSTVÉHO VZDUCHU

Při používání pouze recirkulovaného vzduchu pro chlazení klíčicích skříní dochází k jeho postupnému obohacování CO₂. To vede k přibarvování sladu. Na druhé straně však se zpomaluje dýchání a snižují ztráty. Provozovatel proto musí průběžně měřit obsah CO₂ a jeho podíl regulovat v optimálním rozsahu, zaručujícím kvalitní slad i minimální ztráty. Optimální podíl CO₂ je však závislý na druhu ječmene použitého ke sladování, jeho ročníku a složení.

Potřebné množství vzduchu pro chlazení se vypočítá z tepelné bilance. Při výpočtu minimálního množství vzduchu je nutno uvažovat dobu maximálního vývinu tepla v klíčicích skříní. Je výhodné vybavit elektromotory ventilátorů přepínačem pólů nebo měničem frekvence, neboť při optimální spotřebě elektrické energie se dosahuje vždy potřebného množství chladicího vzduchu.

Potřebný výkon chladicího zařízení se získá z následujícího vzorce:

$$Q_0 = q_0 \cdot n \cdot S$$

kde Q_0 je chladicí výkon (kW)
 n - počet klíčicích skříní (1)
 S - množství klíčicího ječmene (t)
 q_0 - specifický chladicí výkon (kW.t⁻¹)

Již při projekci sladovny se nabízejí další opatření snížení spotřeby energie, neboť při klíčení je nutno vyrábět chlad s využitím elektrické energie, při hvozdní je naopak zapotřebí teplo. Využití odpadního tepla vzduchu odcházejícího z hvozdu pro ohřev přiváděného vzduchu v křížovém tepelném výměníku přináší úsporu primární energie v průměru 30 %.

Takto předehřátý vzduch lze ještě dále ohřát v kondenzátorech chladiva. To vede k další úspoře primární energie asi o 20 až 25 %.

Další úsporné opatření lze realizovat, pokud jsou podstatně nižší ceny zemního plynu ve srovnání s elektrickou energií. V tomto případě se vyplatí pro pohon chladicího agregátu použít plynovou turbínu. Využitím odpadního tepla chladicí vody a kouřových plynů lze uspořit 8 až 10 % primární energie.

Rovněž stojí za úvahu realizovat vlastní výrobu elektrické energie při současném využití odpadního tepla z plynové turbíny. V tomto případě je nutno eliminovat všechny energetické špičky optimalizací provozu klíčicích skříní a hvozdu. Zkušenosti prokázaly úsporu primární energie až 12 % a ve SRN byla doba amortizace tohoto zařízení 1,5 až 2 roky.

Úsporu asi 3 % energie nutné pro pohon chladicího zařízení s přímým odparem přineslo též zvýšení výparné teploty o 1 °C.

Realizací uvedených opatření se podařilo v jedné sladovně dosáhnout specifické spotřeby elektrické energie 10,4 kWh/100 kg sladu a tepelné energie 58,0 kWh/100 kg sladu.

DISKUSE VÝSLEDKŮ

Velký počet sladoven pracujících s chladicím zařízením pro klimatizaci klíčicích skříní dosáhl po realizaci teoretických úvah předpokládaných úspor energie až o 50 %. Vzhledem k předpokládanému zákazu provozu dosavadního chladiva řady R stojí provozovateli sladovny za úvahu, zda se při rekonstrukci chladicího zařízení nevyplatí realizovat jedno nebo více uvedených úsporných opatření.

Přeložil a lektoroval ing. L. Chládek, CSc.

Biener, R. - Felgentraeger, W.: Možnosti energetických úspor ve sladovně. Kvas. prům., 38, 1992, č. 1, s. 1 - 2.

Popisuje se způsob možné realizace úspory primární energie a elektrického proudu ve sladovně použitím křížového tepelného výměníku, využitím kondenzačního tepla chladicí jednotky pro předehřátí hvozdicího vzduchu a další opatření. Uvedenými postupy lze snížit spotřebu energie až o 50 %.

Бинер, Р. - Фелгентрагер, В.: Возможности экономии энергии при производстве солода. Квас. прум., 38, 1992, № 1, стр. 1 - 2

Описывается способ возможной реализации экономии первичной энергии и электрического тока в солодовне с применением крестообразного теплообменника, использованием конденсационного тепла охлаждающей установки для предварительного обогрева высушивающего воздуха и другие мероприятия. Приведенными способами можно понизить даже на 50 % расход энергии.

Biener, R. - Felgentraeger, W.: Possible Energy Savings in Malt-House. Kvas. prům., 38, 1992, No. 1, pp 1 - 2

The saving of electric energy in malt-house using the cross heat exchanger, utilising the heat of condensation from a refrigeration plant for a preheating of kilning air is described. Using this procedure the drop of an electric consumption can be as high as 50 %.

Biener, R. - Felgentraeger, W.: Möglichkeiten der Energieeinsparungen in der Mälzerei. Kvas. prům., 38, 1992, Nr. 1, S. 1 - 2

Es werden die Möglichkeiten der Realisierung bedeutender Einsparungen der Primärenergie und des elektrischen Stroms in der Mälzerei durch Verwendung des Kreuzwärmeaustauschers, Ausnützung der Kondensationswärme der Kühleinheit für das Vorwärmen der Darrluft und durch weitere Maßnahmen beschrieben. Durch die beschriebenen Verfahren und Maßnahmen kann der Energieverbrauch der Mälzerei bis um 50 % vermindert werden.