

# Vysokovýkonný hvozď s přirozeným tahem

ALOIS LHOTSKÝ

MPPV - HS pivovarů a sladoven, Praha

663 434

V posledním desetiletí byl světový vývoj konstrukce sladovnických hvozďů zaměřen na zvýšení ekonomie hvozďení, a to stupňováním výkonu a mechanisací pomocných prací. K možnostem v tomto směru i k jejich dosavadnímu využití zaujal kritické stanovisko náš konstruktér-specialista, Ing. M. Růžička v článku, který otiskl Kvasný průmysl 1 (1955) 195.

Nejvýznačnější z novodobých cizích konstrukcí je nesporně jednolískový hvozď Muegerův s přímým topením splodinami spalování koksu. Umělý tah, možnost využití vratného vzduchu, značná výška nastření, sbírání v cyklech po 20 až 24 hodinách, snížily kalorickou spotřebu na minimum. Tím, že se slad na lísce neobrací a odpadá parník, je konstrukce jednoduchá a investičně levná.

Výkon těchto hvozďů dosahuje až 240 kg odklíčeného sladu za 24 hodiny, spotřeba paliva (hutnický koks) odpovídá 85 000 až 90 000 kcal/100 kg, spotřeba elektrického proudu na pohon ventilátoru 3,5 kW/100 kg.

Přibližně stejných výkonů bylo dosaženo podle Růžičkových údajů také na novodobých hvozdech vytápěných nepřímou, ať již konstrukce Huberovy nebo Steineckerovy s topením přehřátou vodou nebo středotlakou parou.

V Československu respektujeme co nejvíce technologická hlediska při výrobě typických českých sladů z jakostní suroviny. Proto měli konstruktéři snahu vyhnout se použití přímého topení splodinami spalování a vysokému nastření zeleného sladu, který se na lísce neobrací. Nevyhovuje nám ani použití hutnického koksu jako paliva, ani zvýšení spotřeby elektrického proudu k pohonu ventilátorů u hvozďů s nuceným tahem.

Náš konstruktér Ing. Mojmír Růžička se proto snažil zvýšit ekonomii hvozďení použitím nových prvků při zachování osvědčeného dvoulískového hvozdu s přirozeným tahem, který současně způsobí maximální mechanisaci.

Jeho nová konstrukce, chráněná patentem, je významná použitím kombinovaného topení kouřovými plyny (nepřímou) a nízkotlakou parou. Místo šamotové vyzdívky má topeniště vodní plášť (skříňový kotel systému Roučka) a dosavadní kalorifery jsou nahrazeny taškovými ohřivači vzduchu s velkou výhřevnou plochou, které při minimálním obestaveném prostoru kladou také minimální odpor procházejícímu vzduchu. Tepla převzatého vodou se využívá v radiátorech na předhřívání vzduchu ke hvozďení a vzduchu pod rošt. Řešení je originální a obdobného principu nebylo dosud použito u zahraničních konstrukcí.

Hvozď má instalováno účelné nastírací zařízení, sklopné lísky (obr. 1), obraceče sladu na lískách a vestavěné koše na sbírání hotového sladu.

S hlediska ekonomického má nová konstrukce mnoho výhod. Nejdůležitější je odstranění velké většiny odporů, které musí přemáhat vzduch procházející hvozdem. Tím se mimořádně zvýšil tah, jehož se využívá k vyššímu nastření. Současně se snižují tepelné ztráty obvodovým zdívkem a tepelný obsah vnitřního zařízení, který se ztrácí dvakrát denně při sbírání hotového sladu a nastírání zeleného sladu. Konečně odpadá nákladná údržba šamotových vyzdívek pece, odstraňování sazí je podstatně jednodušší a protipožární bezpečnost je dokonalejší.

Vyšší výkon a nižší tepelné ztráty snižují spotřebu paliva bez zvýšení spotřeby elektrické energie.

Mechanisace nezbytných pomocných úkonů zvyšuje nejen produktivitu práce, nýbrž je významná také proto, že časové úspory při nastírání a sbírání prodlužují dobu danou v každém cyklu pro vlastní technologický proces.

Při rekognoskacích a provozních zkouškách na nových hvozdech tohoto typu jsme se snažili posoudit technologickou funkci a zjistit výkonnost a potřebu tepla k hvozďení.

## Vyhřívání sladu a tah hvozdu

Ukázalo se, že přirozený tah nových hvozďů je velmi vysoký. Nutně vyžaduje vyšší nastření zeleného sladu, aby byla zajištěna předepsaná gradace teplot ve sladu na obou lískách a eliminovány tepelné ztráty ohříváním přebytečného procházejícího vzduchu. K regulaci přívodu vnějšího vzduchu pod hvozď slouží kovové žaluzie, umístění v přívodních kanálech velkého průřezu, ovládané na dálku. Za normálních povětrnostních podmínek nemohly být ani na počátku hvozďení zcela otevřeny, v čemž je podstatný rozdíl proti hvozďům kaloriferovým, jejichž tah je i při velké světlosti parníku podstatně nižší.

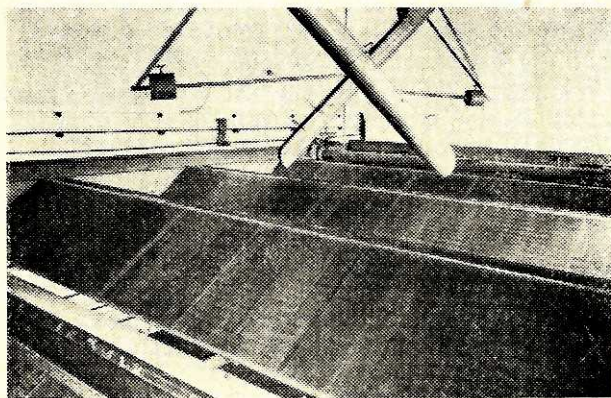
Přílišný a při nedostatečném zatížení neekonomický tah hvozdu se projevuje ve vzduchu odcházejícím parníkem, a to nízkým stupněm nasycení vodní parou již v prvních hodinách po nastření a vyšší teplotou, jež nesmí překročit ani při dotahování 35 °C. Dalšími ukazateli nadměrného tahu jsou malé rozdíly mezi teplotami ve vzduchu a ve sladu na lískách a konečně technologicky nevyhovující vzrůst teplot ve sladu na horní lísce, který by mohl způsobit přibarvení sladu.

Tahu má být ekonomicky využito především k maximálnímu zatížení hvozdu, jež je omezeno dosažením vláhly 8 až 10 % ve sladu při spouštění na dolní lísku. Teprve průchod přebytečného vzduchu plně zatíženým hvozdem se musí omezovat přivíráním žaluzií. Je v něm reserva, využitelná za nepříznivých povětrnostních podmínek.



Sledováním tahu v parniku byly u nedostatečně zatížených hvozďů a při nesprávné regulaci zjištěny rychlosti vzduchu, odpovídající hodnotám  $c = 150$  až  $228$  m/min, při zvýšeném zatížení hodnoty kolem  $100$  m/min přirozeným tahem.

Při správné regulaci tahu a plném zatížení se hvozď dobře ovládá a snadno se dodržují teploty



Obr. 1

předepsané diagramem hvozďení. Nahodilé výkyvy se snadno vyrovnávají a rovněž dosažení dotahovací teploty je snadné.

#### Odpařování vody ze sladu

Analyticky bylo zjištěno, že prosychání sladu je na obou lískách normální. Základní požadavek, aby slad měl při spouštění na dolní lisku 8 až 10 % vláhy, se na nových hvozdech poměrně snadno plní. Hotové slady mají vláhu pod 4 %.

Při provozních zkouškách jsme se snažili získat současně přehled o vertikálním prosychání sladové vrstvy na horní lisce. Kontrolu jsme prováděli před prvním obrácením zeleného sladu (4. hodina v cyklu), a to stanovením vláhy ve vzorcích ze tří vrstev a v průměrném vzorku po obrácení. Výsledek byl tento:

	a	b	c
vláha zeleného sladu při nastření	41,9 %	43,4 %	40,4 %
po 3 hod hvozďení: horní vrstva	42,6 %	43,4 %	40,2 %
střední vrstva	42,8 %	42,0 %	38,5 %
dolní vrstva	32,9 %	34,9 %	32,1 %
průměrný vzorek po obrácení	31,2 %	32,9 %	31,2 %

Nálezy svědčí o tom, že difuze vodní páry ze zrna se uplatňuje skokem při náhlé změně parciálního tlaku vodní páry ve sladové vrstvě. Týž účinek nastává spuštěním sladu na dolní lisku. V jednom ze sledovaných případů byla zjištěna na horní lisce vyšší průměrná vláha sladu 14,2 %. Tento slad měl na dolní lisce (před zatopením) průměrnou vláhu 8,1 %. Je tudíž třeba řídit zejména na horní lisce obrácení sladu tak, aby se vytvořily podmínky pro náhlou změnu parciálního tlaku vodní páry ve sladové vrstvě k umožnění rychlé difuze vodní

páry ze zrna. Tomu přispívá ponechání sladu bez obrácení na horní lisce v prvních třech až čtyřech hodinách po nastření.

#### Vyhřívání sladové vrstvy

Protože se nové hvozdy stavějí vesměs na velký výkon, takže plocha lísek překročila maximum, pro které ještě stačí jediné topeniště u kaloriferových hvozďů a současně jsou vestavěny koše na sbírání sladu, byla sledována stejnoměrnost vyhřívání sladu na dolní lisce osmi teploměry, umístěnými 1 cm nad liskou. Teploty byly odčitány v časových intervalech po 15 minutách, celkem čtyřikrát. Výsledky kontroly jsou uvedeny v přehledu:

Místo měření	Teplota ve sladu (°C)			
	a	b	c	d
1	72,2	78,7	84,2	85,7
2	73,7	78,7	83,0	84,2
3	74,7	79,2	84,2	85,7
4	73,7	76,7	84,2	86,2
5	74,2	78,2	83,2	85,2
6	73,7	77,7	82,7	83,7
7	75,7	77,7	82,7	83,7
8	75,7	78,7	83,7	85,7
$\bar{x} \pm s_x$	$74,2 \pm 1,16$	$78,2 \pm 0,80$	$83,5 \pm 0,67$	$85,0 \pm 0,99$

Z přehledu je patrné kolísání teploty v různých místech lisky. Vypočtené směrodatné odchylky ( $s_x$ ) od aritmetického průměru ( $\bar{x}$ ) se pohybují od minima 0,80 v serii c do maxima 1,16 v serii a. Je nutno uvést, že vedle možných konstrukčních závad mají vliv na stejnoměrnost vyhřívání sladové vrstvy odchylky ve výšce nastření a vzdálenost teploměru od lisky při měření.

Neprojevovale-li se nejvyšší směrodatná odchylka  $s_x = 1,16$  a maxima a minima trvale na těchže místech lisky, nezpůsobuje výkyvy konstrukční závada. Vyhřívání sladu na liskách lze proto považovat za stejnoměrné a technologicky vyhovující.

#### Výkonnost

Podle výsledků provozních zkoušek a podle výsledků z běžného provozu odpovídá průměrný výkon hvozďů nové Růžickovy konstrukce více než  $160$  kg/m<sup>2</sup>/24 h. Při dosavadních zkouškách bylo dosaženo na jednom z hvozďů  $173,1$  kg/m<sup>2</sup>/24 h a na jiném přes  $180$  kg/m<sup>2</sup>/24 h.

Statistická evidence nedává zatím spolehlivý přehled o maximální výkonnosti těchto hvozďů v běžném provozu, a to proto, že zvýšený výkon rekonstruovaných hvozďů nestačí plně saturovat kapacita humen. Až do odstranění tohoto úzkého profilu nemohou sladovny plně využít kapacity nových hvozďů.

Nicméně je dosavadní výkon nových hvozďů v běžném provozu nejméně o 25 % vyšší než u nejnovějších kaloriferových hvozďů a nejméně o 50 % vyšší vzhledem k dnešnímu sektorovému průměru.



### Potřeba tepla

Při provozních zkouškách, prováděných za různých povětrnostních podmínek, kolísala kalorická spotřeba mezi 92 000 kcal/100 kg hotového sladu u hvozdu posledního typu a nejvýše 120 000 kcal/100 kg u hvozďů prvních. První zkoušky probíhaly za teplot vnějšího vzduchu mezi  $-10$  až  $-15^{\circ}\text{C}$ . Kampaňový průměr odpovídal u tohoto prvního hvozdu asi 114 000 kcal/100 kg. Je ovšem třeba uvést, že výkonnost hvozdu nebyla plně vytižena. Kampaňové průměry kalorické spotřeby hvozdu posledního typu zatím nejsou k dispozici.

Dosavadní výsledky ukazují, že při plném využití kapacity klesne kalorická spotřeba hvozďů nové konstrukce v běžném provozu na hodnoty kolem 100 000 kcal/100 kg, což přibližně odpovídá kalorické spotřebě jedolískových hvozďů po započítání elektrické energie k pohonu ventilátoru. Úspory dosahují ve srovnání s nejnovějšími kalorifernými hvozďi 25 až 30 %.

Recirkulaci vzduchu po dosažení dotahovací teploty se kalorická spotřeba ještě dále sníží. Osvědčí-li se zařízení pro recirkulaci, které se u nově stavěných hvozďů tohoto typu zkušebně montuje, bude možno jednoznačně prokázat hospodárnost hvozďů s přirozeným tahem.

Konečně je třeba ještě dodat, že u hvozďů Rúžickovy konstrukce je spotřeba tepla vztažena na palivo přímo spotřebované na hvozď. Naproti tomu u hvozďů vytápěných parou nebo přehřátou vodou by měl být údaj o kalorické spotřebě zvýšen s přihlédnutím k účinnosti kotelny dodávající páru a o tepelné ztráty v přívodním i vratném potrubí.

### Tepelná účinnost

Účinnost byla při provozních zkouškách stanovena průměrnou hodnotou asi 73 %. Výpočet byl proveden podle starších údajů (C. Jakob) a získaný výsledek je v porovnání s těmito údaji asi o 10 % vyšší. Autentické údaje o účinnosti ostatních našich hvozďů nejsou k dispozici.

### Závěr

Z výsledků provozních zkoušek i z výsledků dosažených v běžném provozu vyplývá, že nová Rúžickova konstrukce vysokovýkonného, dvoulískového hvozdu s přirozeným tahem, kombinované vytápěného kouřovými plyny a nízkotlakou parou s hlediska technologického plně vyhovuje při vysokém výkonu a relativně nízké kalorické spotřebě v provozu.

S hlediska technologického je nutno vyzvednout, že byl u nové konstrukce zachován osvědčený princip hvozďení po dvou lískách s obracením, takže nejsou rušeny zejména enzymatické reakce na horní lísce, jež mají příznivý vliv na jakost sladu. V tom je výhoda proti jedolískovým hvozďům, kde tato podmínka může být splněna jen na povrchu vrstvy 80 cm vysoké, takže produkt nemůže být v jakosti zcela homogenní.

S hlediska ekonomického je významné, že použitím taškových ohřivačů vzduchu a přehřátím veškerého vzduchu v radiátorech se podstatně zvýšil přirozený tah hvozdu, jehož využití zvýšilo výkon a snížilo spotřebu paliva.

Použití účelného nastíracího zařízení a zejména sklopných lísek zvýšilo mechanisaci pomocných prací na hvozď.