

Využití cylindrokónických tanků v pivovarství

663.45

Ing. MIROSLAV KAHLE, CSc., Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, Ing. TOMÁŠ LEJSEK, CSc., Pivovary a sladovny, koncern, Praha

Klíčová slova: *pivo, mladina, kvašení, cylindrokónické tanky, technologie jednofázového a dvoufázového kvašení, náklady*

Modernizace pivovarského průmyslu v oblasti kvašení a dokvašování je zaměřena na využití cylindrokónických tanků (CKT). Od roku 1976, kdy byl ukončen výzkumný úkol „Kvašení a dokvašování v jedné nádobě“, bylo zatím provozně odzkoušeno šest prototypových CKT o celkovém plnicím objemu 1 400 m³. V současné době se dokončuje výstavba 28 CKT, jejichž celkový objem je 5 600 m³. Tanky výrobní řady ZVÚ Hradec Králové jsou konstruovány pro technologii jednofázového kvašení [1, 2], které se úspěšně ověřilo v praxi.

Společně s vývojem CKT byla vypracována řada variací technologií, které zajišťují optimální kvalitu piva pouze ve vazbě s odpovídajícími základními prvky strojního zařízení a pochopitelně i za určitých a mnohdy rozdílných investičních a provozních nákladů.

Názory odborníků na nejvhodnější technologii pro CKT se různí právě podle míry zkušeností s moderními výrobami, podle místních podmínek a podle investičních možností a cenových relací. Obecně platí, že CKT v kvalitním provedení z nerezavějící oceli nejsou zařízením levným, avšak jejich zapojení na sanitaci horkými roztoky zajišťuje v provozu technicky sterilní prostředí, kterého nelze u jiných materiálů dosáhnout. Proto rozumně a ekonomicky uvažující sládek by neměl investovat do tzv. „levných“ zařízení, jejichž životnost je podstatně kratší a spojena s vysokými náklady na údržbu. Obvykle se při volbě technologie hovoří o jednofázovém nebo dvoufázovém způsobu, protože snahy převést technologii z kvasných kádí a ležáčkových tanků beze změny do CKT skončily neúspěšně, a to zvláště u ekonomicky zajímavých velkoob-

jemových tanků. Proto chceme v tomto článku porovnat obě technologie, požadovaná strojní zařízení a jejich ekonomické předpoklady.

JEDNOFÁZOVÁ VÝROBA PIVA

Jak již název naznačuje, spojuje se u této technologie kvašení, zrání a ležení v jednu výrobní fázi, bez nutnosti jakéhokoli přecherpávání meziodtoků [3, 4, 6]. Odpouštění usazených kvasnic při vyšší teplotě (14 °C) před zchlazením zralého piva zajišťuje jejich rychlé odstranění z tanku a snižuje výtraty piva minimálně o 1 % (porovnání s klasickou výrobou). Nejdůležitější technologické parametry lze shrnout do těchto bodů:

1. Zákvasná teplota mladiny 6 až 7 °C.
2. Do každé várky (bez ohledu na koncentraci mladiny) dávkovat na hl mladiny 500 ml hustých kvasnic. Případnou korekci dávky kvasnic přesunout na poslední dvě várky. Konečná koncentrace kvasinek má odpovídat 50 až 70 mg sušiny ve 100 ml mladiny.
3. Koncentraci rozpuštěného kyslíku ve spílané mladině udržovat okolo 6 mg.l⁻¹. Nikdy neprovzdušňovat již zakvašenou mladinu.
4. Tanky naplnit na 92 % celkového objemu nejdéle za 24 hodin. Optimální doba plnění je 15 až 18 hodin.
5. Po naplnění tank ihned zahradit a udržovat přetlak 90 až 100 kPa.
6. Při kvašení nechat vystoupit samovolně teplotu až na 14 °C (maximální teplota) a na této hodnotě (± 1 °C) ji udržovat během celé doby zrání piva.
7. Usazené kvasnice odpouštět při maximální teplotě (14 °C) za 144 až 240 h (počítáno od zahrazení tanku) podle koncentrace vyráběného piva a použitého kmene kvasnic do sběrného tanku, ve kterém je nastaven protitlak o 20 kPa nižší, než je tlak u dna tanku. Po stáhnutí usazených kvasnic se může podle potřeby nechat zrát pivo při 14 °C ještě 1 až 2 dny.
8. Zralé pivo zchladit rychle na teplotu 1 až 2 °C, nejlépe během 30 hodin.
9. Po zchlazení na 0 °C lze pivo stočit nejdříve za 3 až 7 dní (podle koncentrace vyráběného piva). Vyloučené a usazené kaly se z tanku vypustí den před stáčením do sběrného tanku na kvasnice při stejném protitlaku jako v případě odpouštění kvasnic.
10. Pivo se musí stočit z tanku během jedné pracovní směny, maximálně v prodloužené směně. Pivo je velmi dobře nasyceno CO₂, a proto se musí brát v úvahu tato skutečnost při seřizování stáčečích stroje.
11. Výrobní doba včetně manipulačního času je pro:

- 8 % pivo — 12 dní
- 10 % pivo — 13 dní
- 11 % pivo — 15 dní
- 12 % pivo — 18 dní

S ohledem na pětidenní pracovní týden, zejména na úseku filtrace a stáčení piva, prodlužuje se vý-

robní doba piva mimovolně o jeden až dva dny (pracovní volno v sobotu a v neděli), a to v závislosti na vyráběném typu piva.

Podle provozních výsledků se touto technologií zkracuje výrobní doba o 57 až 64 % a hotové pivo má stejnou nebo lepší kvalitu než pivo vyrobené klasickou technologií.

U jednofázové výroby piva odpadá v podstatě význam dokvašování, protože mladina prokvasí v průběhu kvašení prakticky až na konečný stupeň prokvašení. S ohledem na zrání mladého piva při vyšší teplotě je hlavním cílem ležení piva při 0 °C dokonalé vyloučení a sedimentace kalických látek, které zůstaly při kvašení vlivem vyšší teploty v roztoku. Současně se při nízké teplotě zlepšuje vazba oxidu uhličitého. Uvedená minimální doba ležení není v podstatě časově omezena a může se podle požadavku odbytu piva libovolně prodloužit. Zbytečné prodlužování této doby je však nezdůvodnitelné. Výpočet měsíční kapacity se vztahuje maximálně na měsíc, takže pro vyrovnání běžných výkyvů odbytu piva je vždy zajištěn dostatečný počet tanků. Zmíněný trvalý technologický zásah na úseku ležení piva (prodloužení doby) by vyžadoval zvýšit počet tanků, a tím i zvýšit investiční náklady.

Výsledkem strojního vývoje CKT pro jednofázové kvašení je válcovitá stojatá nádoba, jejíž celková výška je až šestinásobkem průměru, je opatřena kuželovým dnem o vrcholovém úhlu 65 až 75 °. Víko tanku je klenuté nebo jen mírně kuželové. Tanky jsou dimenzovány na vnitřní přetlak 100 kPa nad hladinou a vyrábějí se o objemu 400 až 2 500 hl. Důležitý je požadavek na dokonalou těsnost všech armatur, především při chlazení na nízkou teplotu.

Chladicí plocha na povrchu tanku je bohatě dimenzována s ohledem na rozhodující požadavek rychlého zchlazení na teplotu ležení. Návrh rozložení chladicí plochy na povrchu tanku vychází z technologických nároků. Při snaze jim plně vyhovět je výhodné rozdělení do tří sekcí zahrnujících celou výšku tanku. Horní hrana nejvyššího duplikátoru musí zhruba odpovídat výšce hladiny, neboť ani při bouřlivém kvašení nelze při větším rozdílu od hladiny zaručit rovnoměrné chlazení obsahu. Na konci kvašení by pivo nad duplikátorem bylo teplotně nezávislé a prakticky by se nemohlo zchladit. Diskutabilní je umístění chladicí plochy na kuželovém dnu, a to nejen pro zvýšenou náročnost výroby této plochy, nýbrž především pro izolační vlastnosti kvasničných buněk a kalů, které záhy pokrývají vnitřní povrch kužele. Z těchto důvodů jsme doporučili rozdělení chladicí plochy na tři samostatně ovladatelné sekce rozložené pouze na válcovém lubu tanku (obr. 1). Horní sekce je určena především pro regulaci teploty kvašení a spodní sekce pro dochlazení piva na teploty pod teplotní anomálií. Uvedené rozložení chladicích ploch má dále příznivý účinek na stabilitu tanku, vhodně vztužuje válcovou stěnu a zvyšuje tak odolnost nádoby proti vnitřnímu a především vnějšímu přetlaku. U takto konstruovaných tanků nejsou problémy s destrukcí, jak ji známe v jiných případech vlivem podtlaku, který může vzniknout při změnách teploty nebo koncentrace CO₂, při sanitaci nebo i nárazy při chybné manipulaci s pivem.



Obr. 1. Montáž komplexu cylindrokónických tanků v pivovaru Velký Šariš (firma ZVÚ Hradec Králové)

V duplikátorech je chladicím médiem buď teplosná látka (solanka A, glykol), nebo přímo amoniak. O použití jednoho nebo druhého způsobu rozhodují především ekonomické důvody, jež jsou při rozšiřování kapacit značně ovlivněny již vybudovaným způsobem chlazení. Pro orientaci v našich podmínkách platí, že při využití přímého odparu vzrostou investiční náklady o 8 až 23 % a náklady na energii klesnou o 33 až 55 %. Celkově však převažuje negativní vliv vyšších investičních nákladů.

DVOUFÁZOVÁ VÝROBA PIVA

Úvaha o tzv. dvoufázové výrobě piva [5, 7] vplynula především z požadavku využít ležáckých tanků v závodech, kde jejich kapacita je dostatečná a také technický stav je ještě velmi dobrý. Návrat k přečerpávání mladého piva nebo zralého piva z CKT do ležáckých tanků, popř. do jiného CKT, zvyšuje výtraty minimálně o 1 %. Tato položka výrazně ovlivňuje vlastní náklady každého závodu. Při navrhovaném využití CKT pro dvoufázovou výrobu jsou v podstatě možné tři varianty.

1. Kvasný proces se reguluje jako při klasickém kvašení, maximální je teplota 9 °C, suduje se při zdánlivém prokvašení 65 až 69 % a teplotě 5,5 °C. Mladé pivo dokvašuje v normálních ležáckých tankách při teplotě 2 až 1 °C. Hlavním nedostatkem kombinace CKT — ležácké tanky je přechod z techniky sterilního prostředí při kvašení do nesterilního prostředí v ležáckých tankách, protože nelze u nich využít sanitace systémem CIP, jež je nutnou součástí vybavení CKT. Dalšími nevýhodami jsou nejednotnost objemů mezi CKT a ležáckými tanky, náročné dodržování předepsaných podmínek hlavního kvašení při intenzivním pohybu kvasící mladiny a zvýšení výtrat vlivem sudování mladého piva. CKT pro hlavní kvašení se mohou plnit pouze na 80 % celkového objemu, což snižuje jejich využití. Snižování plnicího objemu CKT je nutné pro zachycení pěny při kvašení. Vzhledem k tomu, že se mladé pivo z CKT suduje obvykle propadlé, musí se pamatovat případně na jeho dosycení před stáčením. Snižovaná plocha chladicího duplikátoru a bez-

tlakové provedení nádoby trvale zabraňují využít CKT i pro jiné technologické varianty.

2. U druhé varianty lze využít CKT ke kvašení mladiny a k zrání mladého piva. Po částečném zchlazení piva v CKT na 10 °C přečerpá se potom přes průtokový dochlazovač do ležáckých tanků, ve kterých se uvažuje se šestidenní až dvanáctidenní dobou ležení při teplotě 2 až 1 °C (podle teploty okolí v ležáckém sklepě). Technologie hlavního kvašení a zrání piva odpovídá technologii jednofázové výroby včetně odpouštění kvasnic do sběrného tanku s příslušně nařízeným protitlakem. Kromě nejednotnosti objemů se zvyšuje negativní vliv nesterilního prostředí ležáckých tanků, protože se suduje pivo zcela prokvašené a bez kvasinek. Současně se při sudování zralého piva zhoršuje jeho redox-hodnota vlivem provzdušnění. Stupeň provzdušnění piva lze omezit krátkou dobou přečerpávání (optimum 2 hodiny), avšak za těchto podmínek se prudce zvyšují nároky na výkon dochlazovače a chlazení (vzniká neúměrně vysoká špička). Rovněž v úvahu připadající předplňování ležáckých tanků CO₂ je náročné jednak pro jeho spotřebu, jednak i na obsluhu. CKT určené pro hlavní kvašení jsou opět tlakové nádoby s jednodušším vybavením chladicích duplikátorů. Zhruba postačuje čtvrtina celkové plochy uvažované pro jednofázovou výrobu piva. Duplikátory jsou umístěny blízko horního víka. Nevýhodou je menší stabilita tanků a v případě potřeby velmi pomalé zchlazování celého objemu na nízkou teplotu. Celkové řešení při využití ležáckých tanků je investičně méně náročné. Výsledná ekonomie je však zpochybněna růstem provozních nároků na obsluhu a náklady na vyšší výtraty.

3. Technologie kvašení zůstává stejná jako u druhé varianty. Místo do ležáckých tanků se suduje zralé pivo do CKT bez chladicích duplikátorů. Toto uspořádání odstraňuje nejednotnost objemů, avšak neodstraňuje negativní vliv nadměrného provzdušnění zralého piva při sudování. Možnosti snížení stupně provzdušnění jsou obdobné jako u druhé varianty. CKT určené pro ležení piva mohou být izolované, takže lze dodržet technicky sterilní prostředí i na tomto výrobním úseku. Při instalaci v chlazeném prostoru se mohou tanky sanitovat pouze studenými roztoky.

Sudování zralého piva u této varianty vyžaduje vyšší počet CKT než pro jednofázovou výrobu, avšak tanky určené pro ležení piva jsou cenově výhodnější. Podle Krále [7] se sníží hmotnost např. u 250 m³ CKT o 4 300 kg, jestliže nemá duplikátory. Kromě ušetření materiálu ovlivňuje konečnou cenu tanku také nižší pracnost při výrobě. Tento investiční přínos je však negován vyšším počtem CKT a především zvýšením vlastních nákladů (vyšší výtraty piva a požadavky na obsluhu).

ZÁVĚR

Cylindrokónické tanky se uplatňují v pivovarské výrobě stále ve větším měřítku. Hlavním důvodem stoupajícího uplatnění CKT je jednoduchá obsluha a téměř bezpracná sanitace, která je výsledkem jejich konstrukčního a materiálového provedení. CKT

pro jednofázovou výrobu jsou investičně náročnější, avšak celkový provozní soubor při porovnání s dvoufázovým způsobem zahrnuje nejnižší počet tanků, takže nároky na automatizaci, sanitaci a obsluhu jsou nejmenší. Velkou předností tohoto způsobu je snížení výtrat minimálně o 1 % a zajištění výroby piva v biologicky čistém prostředí.

Využití CKT k dvoufázové výrobě piva lze považovat za provizorní řešení technologicky zdůvodnitelné v případě, že se mohou použít ležácké tanky pro ležení piva. Dalším předpokladem je dostatečný výkon chladicího zařízení ve sklepě a dochlazení piva. Při instalaci CKT bez duplikátorů pro ležení piva nevyvážá nižší investiční požadavky zvýšené nároky na provozní náklady a na obsluhu. Kromě izolovaných CKT pro ležení piva nelze ostatní ležácké nádoby sanitovat horkými roztoky jako u CKT pro jednofázovou výrobu.

Literatura

- [1] KAHLER, M., LEJSEK, T.: Kvas. prům. **23**, 1977, s. 248.
- [2] ŠEDOVÁ, H. et al.: Kvas. prům., **27**, 1981, s. 218.
- [3] LEJSEK, T., KAHLER, M.: Kvas. prům., **30**, 1984, s. 265.
- [4] KAHLER, M., LEJSEK, T.: Kvas. prům., **30**, 1984, s. 169.
- [5] ŠTICHAUER, J.: Zkoušky dvoufázového kvašení s využitím prototypu CKT v závodě Kutná Hora. (Zpráva) PVS, Praha-Braník, 1986.
- [6] ŠTICHAUER, J., KAHLER, M.: Kvas. prům., **32**, 1986, s. 305.
- [7] KRÁL, F.: Dvoufázové kvašení piva v cylindrokónických tancích. (Zpráva) VÚPCHT Hradec Králové, 1986.

Kahler, M. - Lejsek, T.: Využití cylindrokónických tanků v pivovarství. Kvas. prům. **33**, 1987, č. 8—9, s. 266—269.

V článku se porovnávají možnosti využití CKT pro jednofázovou a dvoufázovou výrobu piva a současně se hodnotí výrobní postupy, konstrukce zařízení a ekonomický přínos. Tanky pro jednofázovou výrobu jsou investičně náročnější, poskytují však možnost všestranného využití. Technologie jednofázové výroby umožňuje podstatně snížit výtraty piva, výrazně omezit nároky na obsluhu a zajištění technicky sterility prostředí při kvašení.

Instalace CKT pro dvoufázovou výrobu je zdůvodňována nižšími investičními nároky na úseku ležení piva, případně možnosti jejich spojení s ležáckými tanky, které jsou ještě v dobrém technickém stavu. Tyto uváděné výhody

jsou potlačovány většími nároky na obsluhu, sanitaci, při které se může používat ve většině případů pouze studených roztoků, a zvýšením výtrat piva minimálně o 1 %.

Калер, М. - Лейсек, Т.: Использование цилиндроконических танков в пивоварении. Квас. прум. **33**, 1987, № 8—9, стр. 266—269.

Цилиндроконические танки находят все более широкое применение в пивоваренном производстве особенно из-за простоты и эффективности своей санитации. Обсуждаются возможности использования цилиндроконических танков для однофазного или двухфазного способов производства и анализируются требования отдельных технологий к конструкции оборудования и эксплуатации. Танк, оснащенный для однофазного производства наиболее требователен с точки зрения капиталовложений, однако он предоставляет возможность всестороннего использования. Технология однофазного производства по сравнению с двухфазными методами имеет выгоду — более низкие эксплуатационные требования.

Kahler M. - Lejsek, T.: Application of Cylindro-Conical FV in Brewing. Kvas. prům. **33**, 1987, No. 8—9, pp. 266—269.

Cylindro-conical vessels become still more wide-spread in the beer production due to its simple and effective sanitation. The application of these vessels in one-stage and two-stage procedures are discussed. Also the construction and operation of the vessels with respect to the technology are discussed. The vessel equipped for the one-stage procedure has the highest investment costs but its application is most flexible. An advantage of the one-stage procedure in comparison to the two-stage ones is in lower production costs.

Kahler, M. - Lejsek, T.: Die Anwendung zylindrokónischer Tanks in der Brauindustrie. Kvas. prům. **33**, 1987, Nr. 8—9, S. 266—269.

Zylindrokónische Tanks finden in der Brauindustrie eine immer grössere Verbreitung, was durch ihre einfache und wirksame Sanitierbarkeit erklärbar ist. In dem Artikel werden die Möglichkeiten der Applikation der zylindrokónischen Tanks zu dem Gärverfahren in einer oder in zwei Phasen diskutiert; weiter werden die Anforderungen der verschiedenen Technologien an die Konstruktion der Anlagen und ihren Betrieb angeführt. Die für die Einphase-Technologie ausgestatteten Tanks sind durch den relativ höchsten Investitionsaufwand gekennzeichnet, sie bieten jedoch die Möglichkeit einer vielseitigen Anwendung. Der Vorteil der Ein-Phase-Technologie gegenüber der Zwei-Phasen-Verfahren liegt in den niedrigeren Betriebskosten und Ansprüchen.