

Manometrické přístroje pro měření oxidu uhličitého v pive

Ing. JAN ŠAVEL, CSc., Jihočeské pivovary, k. p., České Budějovice

663.4 663.452.3

Klíčová slova: pivo, nápoj, oxid uhličitý, obsah, měření, manometrický přístroj, rovnovážný tlak, rovnovážná teplota

Obsah oxidu uhličitého je důležitým znakem kvality piva a jeho sledování je stálým úkolem provozní kontroly. Ačkoliv existují automatické analyzátory obsahu CO_2 , zapojené přímo v potrubí na dopravu piva a jiných sycených nápojů, používají se dosud jednoduché manometrické přístroje. Tyto přístroje měří obsah CO_2 v pivu v transportních obalech, láhvích nebo plechovkách, popř. se před měřením plní nápoji z potrubí a nádob.

Základem manometrické metody stanovení CO_2 je měření rovnovážného tlaku CO_2 a teploty nápoje. V předešlém sdělení jsme popsali způsob výpočtu obsahu CO_2 v nápojích z těchto údajů [1].

Obecné schéma manometrického přístroje uvádí obr. 1. Jeho hlavní část tvoří reakční nádobka s nápojem, v nejjednodušším případě přímo naplněný obal, láhev nebo plechovka. Nádobka přitom musí obsahovat plynovou komůrku pro uvolnění CO_2 .

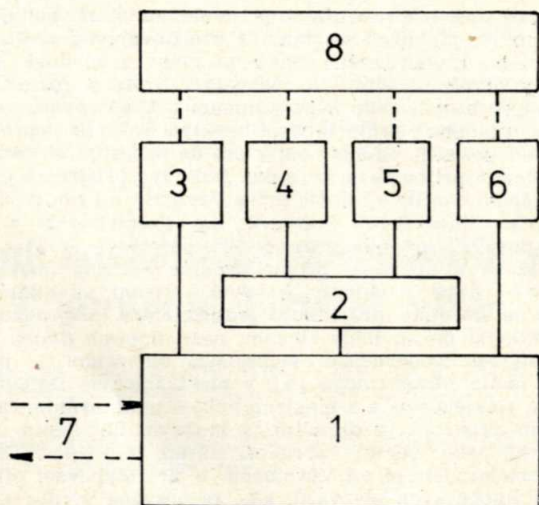
Velikost komůrky má rozhodující vliv na dynamické vlastnosti přístroje. Při měření v transportním obalu

tvoří plynovou komůrku volný hrdlový prostor láhve, nebo plechovky. Ostatní příslušenství přístroje, které má jehlu k propíchnutí uzávěru obsahu, se připojuje přímo na láhev nebo plechovku.

Důležitou částí přístroje je zařízení pro uvolňování CO_2 z nápojů. U jednoduchých přístrojů toto zařízení chybí a CO_2 se uvolňuje třepáním nádobkou. Obrázek 2 znázorňuje vliv třepání na ustálení rovnovážného tlaku CO_2 .

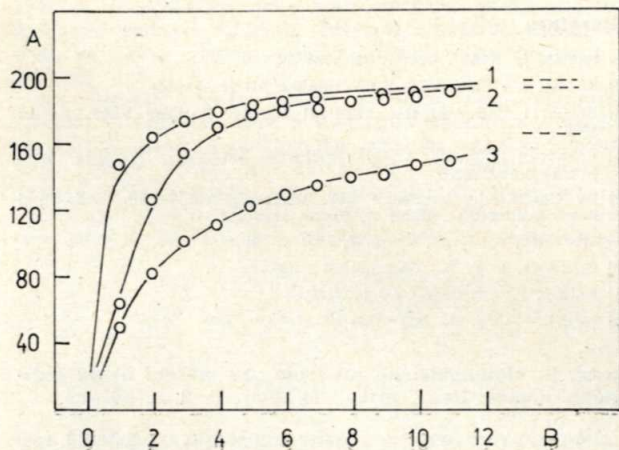
Objem reakční nádoby se obvykle volí co nejmenší, aby odezva přístroje byla rychlá a nápoj se přitom neochuzoval o CO_2 . K objemu komůrky je nutno přičíst i vnitřní objem manometru a připojovacího přípravku. Při protřepávání nápoje nemůže měřený tlak přesáhnout rovnovážný tlak, ustalování rovnováhy je však pomalé.

Účinnou metodou uvolnění CO_2 je působení ultrazvuku. Obrázek 3 znázorňuje odezvu manometrického přístroje působením ultrazvuku v běžné čistící ultrazvukové lázni. Dno pивní láhve s připojeným manometrem se přitom



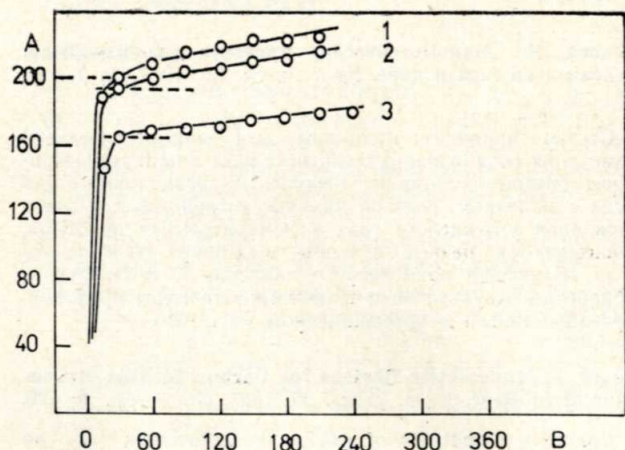
Obr. 1. Schéma manometrického přístroje.

1 — nápojová nádoba, 2 — plynová komůrka, 3 — zařízení pro uvolnění CO₂, 4 — odvzdušňovací komůrky, 5 — tlakoměr, 6 — teploměr, 7 — vstup a výstup nápoje, 8 — elektronická kontrola a řízení.



Obr. 2. Vliv protřepávání piva na uvolňování CO₂.

A — tlak CO₂ (kPa), B — počet převrácení láhve dnem vzhůru a zpět. Objem plynové komůrky: 1 — 10 ml, 2 — 25 ml, 3 — 65 ml, čárkování jsou vyznačeny rovnovážné tlaky CO₂.



Obr. 3. Vliv doby působení ultrazvuku na uvolňování CO₂.

A — tlak CO₂ (kPa), B — doba působení ultrazvuku (s). Objem plynové komůrky: 1 — 10 ml, 2 — 25 ml, 3 — 65 ml, čárkování jsou vyznačeny rovnovážné tlaky CO₂.

ponořilo do ultrazvukové lázně Tesla UC 005 AJL. CO₂ se uvolňoval velmi rychle, ale při příliš dlouhém působení ultrazvuku tlak rostl nad hodnotu rovnovážného tlaku. Toto zařízení proto vyžaduje časový spínač, odměřující dobu působení ultrazvuku.

Nejrozšířenějším způsobem uvolňování CO₂ je elektrolyza. Na elektrody, ponořené v pivo, se vloží vhodné napětí (zpravidla 5 až 15 V) a elektrolyticky se uvolní CO₂. Bublínky plynů, vznikajících na elektrodách, tvoří centra pro vznik dalších bublinek z oxidu uhličitého rozpuštěného v nápoji. Odezva přístroje je podobná jako při působení ultrazvuku a tlak pomalu vzrůstá nad rovnovážný tlak. Proto je rovněž nutný časový spínač.

Výhodou elektrolytického uvolňování CO₂ je snadná volba vhodné odezvy, neboť rychlost uvolňování CO₂ je úměrná velikosti procházejícího proudu. Záleží přitom na velikosti, tvaru, vzdálenosti elektrod a vloženém napětí. Elektrody jsou obvykle ze vzácných kovů (platina), aby se zabránilo jejich korozi. Většinou se používá elektronický časový spínač.

Oxid uhličitý se z nápoje může uvolnit i vstřikem kapaliny do nápoje [2]. Vstřikovací zařízení se obvykle skládá z injekční stříkačky, jejíž jehla zasahuje do nádoby. Před vstřikem se vnitřní tlak vyrovná s okolním tlakem a nápoj se nasaje do stříkačky. Náhlým vstřikem se uvolní CO₂ a vstřik se jednou nebo dvakrát opakuje, až se dosáhne rovnovážného tlaku.

Při dostatečně malé plynové komůrce se rovnovážná poloha prozradí překmitnutím manometru, jehož ručička na okamžik přesáhne rovnovážnou polohu o 10 až 15 kPa. Zařízení je konstrukčně jednoduché, levné a nezávislé na vnějším zdroji energie. Oxid uhličitý se z nápojů může uvolnit i jinými způsoby, např. vibracemi.

U přístrojů, které současně měří obsah vzduchu v hrdle obalu, se obsah CO₂ počítá podle přibližného vztahu:

$$x = 100 M_{CO_2} [p^+ + (1 - a/b) P_b] / H M_{H_2O} = 244,293 [p^+ + (1 - a/b) P_b] / H \quad (1)$$

kde x je obsah CO₂ v hmotnostních %, p⁺ — celkový přetlak změřený manometrem, a — objem vzduchu v hrdlovém prostoru a připojeném měřicím přístroji po redukci na normální barometrický tlak P_b, b — celkový objem plynové komůrky, manometru a připojovacího přípravku, H — Henryho konstanta, M_{CO₂}, M_{H₂O} — molekulové hmotnosti oxidu uhličitého a vody. Přesnější, ale složitější vztah uvádí [1], současně s tabulkou obsahu CO₂ v závislosti na rovnovážném tlaku a teplotě.

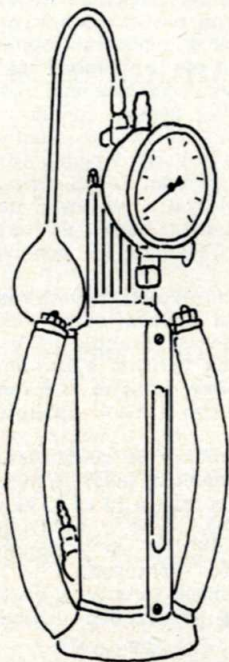
Při pouhém měření obsahu CO₂ je výhodnější odstranit vzduch z plynové komůrky propláchnutím CO₂, vypěněním malého množství piva apod. U periodicky plněných přístrojů s průtokovou nádobkou se vzduch odstraní uvolněním CO₂ při prvním měření. V těchto případech se použije výpočtového vzorce (1) s a = 0.

Teplota a tlak se měří klasickými nebo moderními elektronickými přístroji. Jako teplotní čidla se používají diody, termistory, odpory nebo termočlánky, jako tlaková čidla slouží tenzometry. Elektrické signály se zpracují a vykazují jako analogové nebo číslicové údaje rovnovážné teploty a tlaku. U moderních přístrojů výpočetní jednotka údaje měřidel automaticky zpracuje a přístroj udává přímo koncentrace CO₂, popř. je vytiskne připojenou tiskárnou spolu s dalšími údaji.

Přístroje pro periodické odběry a analýzy vzorků ze zásobních tanků a potrubí mají průtokové uspořádání se vstupem a výstupem vzorků. Po propláchnutí, naplnění vzorkem a uzavření odběrové nádoby se CO₂ uvolní některým z uvedených způsobů.

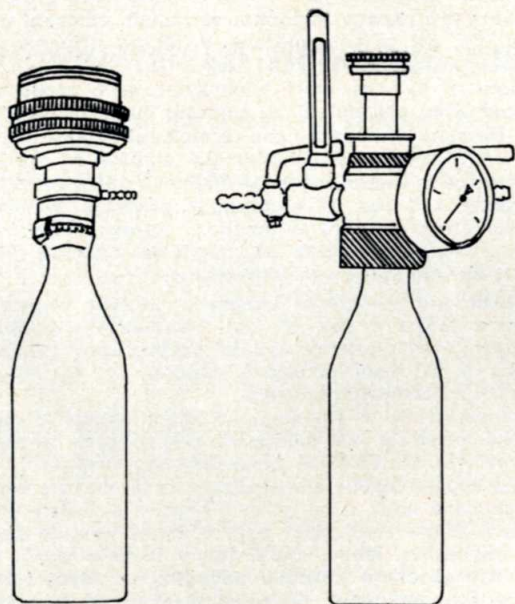
V zahraničí se v různém provedení vyrábějí manometrické přístroje na stanovení CO₂ v pivo z nádob a potrubí [3, 4]. Původní Zahm-Nagelův přístroj [5, 6] prodělal drobné změny a v současnosti se obvykle vyrábí z chromované mědi nebo mosazi, popř. z nerezové oceli, jako tzv. Zahm Hartungův měřič, Zahm Volume Meter, Zahm Sammlerová láhev, měřič firmy Pleuger apod. Přístroj vždy obsahuje kovovou nádobku na nápoj (pivo), vstupní, výstupní, popř. odvzdušňovací ventil, manometr a teploměr. Při plnění se vhodný protitlak může nastavit pryžovým balónkem (obr. 4). Všechny přístroje používají třepání k uvolnění CO₂.

Zajímavou konstrukci má přenosný měřič, využívající k uvolnění CO_2 mechanické energie natažené pružiny [3]. K automatickému periodickému měření obsahu CO_2 slouží také přístroj podle *Dijkema* [7]. Motorem poháněný vícecestný ventil umožňuje střídavé plnění a vyprazdňování nádobky, CO_2 se uvolňuje vibračním zařízením.



Obr. 4. Zahm Nagelův přístroj.

Nejnámějším moderním přístrojem pro stanovení CO_2 v pivu z tanků a cisteren je CO_2 Geheltemeter firmy Haffmans Venlo, Holandsko. Reakční nádoba je z plexiskla, do kterého jsou zapuštěny manometr a teploměr. Vícefunkční ventil na tyčovém ústrojí umožňuje plnit i vypouštět nápoj a vymezovat plynovou komůrku velikosti 3 % celkového objemu kapaliny. Vypěnění je elektrolytické, s platinovými elektrodami, jednoduchým časovým spínačem a indikátorem napětí. Přístroj se vyrábí po řadu let v stálém provedení.



Obr. 5. Přístroje pro stanovení obsahu CO_2 v lahvovém pívu (vlevo) a v pívu v ležáckém tanku (vpravo).

Různé změny prodělaly i přístroje ke stanovení CO_2 v nápojích plněných do lahví a plechovek. Po změření celkového rovnovážného tlaku se plyny z plynové komůrky obvykle vedou do absorpční byrety s roztokem alkalického hydroxidu a po pohlcení CO_2 se rovněž určí objem vzduchu v hrdle láhve. Obvyklým řešením je propichovací zařízení s objímkou, která se nasazuje na láhev a otáčením přitiskne na korunku. Tento typ přístroje s přepouštěcími ventily vyrábělo dříve Vývojové a prototypové středisko Jihočeských pivovarů, k.p. Propichovací zařízení později zjednodušil *Fencl* [8], obr. 5.

Nyní se k upevnění propichovacího zařízení obvykle používá pákou ovládané, posuvné zařízení ve stojanu, nebo se korunka propichuje jednoduchým přípravkem, ovládajícím posun jehly tlakem, nebo úderem dlaně.

Dosud nejmodernějším současným zařízením je přístroj podle *Birkenstocka* [9], s elektronickým teploměrem a tlakoměrem a s elektrolytickým uvolňováním CO_2 . Výstup přístroje je digitální, s možným napojením na tiskárnu nebo sběr dat, přesnost měření je $\pm 0,01 \%$ CO_2 .

V současnosti je ve Vývojovém a prototypovém středisku Jihočeských pivovarů, k.p., připravena výroba přístroje pro stanovení CO_2 v ležáckém sklepě. Reakční nádobku tvoří pивní láhev, měřiče jsou klasické, CO_2 se uvolňuje vstřikem piva (obr. 5). Ze změřené teploty a tlaku se vypočte obsah CO_2 v pívu na otočném kruhovém měřítku.

Literatura

- [1] ŠAVEL, J.: Kvas. prům., **32**, 1986, s. 203
- [2] ŠAVEL, J. - LÍSKOVEC, K.: Přihláška AO (v řízení)
- [3] Brauerei und Mälzerei kontroll Geräte. Katalog VLSF, Berlin 1985
- [4] Brauereitechnische Analysenmethode (MEBAK), Freising, Weihenstephan 1982
- [5] De CLERK, J.: Lehrbuch der Brauerei. Analysenmethode und Betriebskontrolle. Band II, Berlin 1965
- [6] LHOTSKÝ, A.: Kvas. prům. **7**, 1961, s. 91
- [7] DIJKEA, L. F. W.: NSR patent 1 099 760
- [8] FENCL, P.: Přihláška AO (v řízení)
- [9] BIRKENSTOCK, B.: Brauwelt **125**, 1985, s. 889

Šavel, J.: Manometrické přístroje pro měření oxidu uhličitého v pívě. Kvas. prům. **33**, 1987, č. 2, s. 36—39.

Článek uvádí obecné zásady konstrukce přístrojů pro manometrické měření obsahu CO_2 v nápojích. Přístroje se obvykle skládají z reakční nádoby s nápojem, plynové komůrky, zařízení pro uvolnění CO_2 a měřících přístrojů. Popisují se různé způsoby uvolňování CO_2 , měření rovnovážného tlaku a teploty, zpracování výsledků a uvádějí se příklady průmyslově vyráběných přístrojů.

Шавел, Я.: Манометрические приборы для измерения углекислого газа в пиве. Квас. прум. **33**, 1987, № 2, стр. 36—39.

Статья приводит принципы для манометрического измерения содержания углекислого газа в напитках. Приборы обычно состоят из небольшого реакционного сосуда с напитком, газовой камеры, устройства для освобождения углекислого газа и измерительных приборов. Описываются разные способы выделения углекислого газа, измерения равновесного давления и температуры, обработки результатов и приводятся примеры приборов, производящихся в промышленном масштабе.

Savel, J.: Manometric Devices for Carbon Dioxide Measurement in Beer. Kvas. prům. **33**, 1987, No. 2, pp. 36—39.

Common principles of device constructions for the manometric measurement of the CO_2 level in beverages are described. The devices usually consist of the reaction vessel with a beverage, the gas chamber, the equipment for the CO_2 evolution, the measurement of equilibrium pressure and temperature and data evaluation. Examples of commercially manufactured devices are given.

Šavel, J.: Manometrische Apparate zur Messung von CO₂ im Bier. Kvas. prům. **33**, 1987, Nr. 2, S. 36—39.

In dem Artikel werden die allgemeinen Grundlagen für die Konstruktion der Apparate zur manometrischen Messung des CO₂ — Gehalts in Getränken angeführt. Die Apparate bestehen üblicherweise aus dem Reaktions-

gefäß mit dem Getränk, der Gaskammer, Einrichtung für die Freisetzung des CO₂ und den Meßgeräten. Es werden verschiedene Methoden der Freisetzung des CO₂, die Messung des Gleichgewichts-Drucks und — Temperatur und die Verarbeitung der Ergebnisse beschrieben: weiter werden Beispiele der industriell hergestellten Apparate angeführt.