

MERANIE, AUTOMATIZÁCIA A REGULÁCIA V POTRAVINÁRSKOM PRIEMYSE POMOCOU RÁDIOIZOTOPOV

JOZEF BIRTOK

Ú v o d

V dôsledku prudkého rozvoja jadrovej fyziky máme už dnes k dispozícii lacné a rôzne umelé rádioaktívne izotopy. Ich aplikácia sa stále rozširuje aj v rôznych odvetviach priemyslu. Izotopy nadobúdajú významnú úlohu v meracej technike, kde ich možno používať priamo ako meničov informačných signálov.

Izotopy sa najčastejšie používajú na tieto účely: meranie a regulovanie hladiny kvapalín a sypkých materiálov, meranie hrúbky, meranie hustoty, koncentrácie a prietokových množstiev. Pri týchto meraniach sa zväčša využíva absorpcia žiarenia. Prístroje a zariadenia pracujúce na tomto princípe sú spoľahlivé a sú schopné automaticky regulovať rôzne technologické procesy. K rozšíreniu takýchto prístrojov prispela aj skutočnosť, že sa hodia na vykonávanie takých úloh, ktoré sa inými spôsobmi nedajú riešiť a tak získavajú široké pole použitia v priemysle.

Z hľadiska potravinárskeho priemyslu možno používať len také zdroje žiarenia, pri ktorých žiarenie počas preniku cez meraný materiál nevyvoláva v ňom trvanlivé zárodky sekundárneho žiarenia. Okrem toho treba zabezpečiť aj osobnú ochranu proti žiareniu tým, že tienime žiarič dokonale a keď možno, umiestnime ho mimo nádoby obsahujúcej meraný materiál.

Teoretická časť

Z hľadiska meracej techniky možno o zdrojoch jednotlivých dávok žiarenia konštatovať tieto: Alfa žiarenie, ktoré je korpuskulárnym žiarením, má pomerne veľkú hmotu a preto v kvapalinách a tuhých telesách už vo veľmi tenkých vrstvách sa celkove absorbuje. Táto skutočnosť obmedzuje použitie alfa žiarenia v potravinárskom priemysle; popritom veľmi výhodne sa dá používať pri meraní vákua (lyofilizácia, zahusťovanie štiav atď.).

Penik beta a gama žiarenia v materiáloch je o niekoľko radov väčší než penik alfa žiarenia. Táto okolnosť umožňuje použiť izotopy, vyžarujúce beta a gama žiarenie, v širokých rozmedziach potravinárskeho priemyslu.

Pri beta žiarení vystupujú z atómového jadra okrem elektrónov a pozitronov aj elektricky neutrálne neutrína, ktoré majú veľmi malú masu a reprezentujú časť výstupnej energie. V dôsledku toho energetické spektrum beta žiarenia je plynulé a je charakterizované jeho maximálnou energiou. Keďže typ chemickej väzby meraného materiálu nemá vplyv na absorpciu beta častíc, absorpčný koeficient závisí jedine od rezultantnej hustoty materiálu.

Je dokázané, že beta častice sa absorbujú exponenciálne v závislosti od hrúbky materiálu. Dosah častíc je daný vzťahom

$$\rho d = R_{\max} = 0,546 E_{\max} - 0,16 \quad (\text{g/cm}^2),$$

kde d — hrúbka absorbujúceho materiálu (cm),
 R_{\max} — dosah (g/cm^2),
 ρ — hustota absorpčného materiálu (g/cm^3),
 E_{\max} — maximálna energia beta častíc (MeV).

Pre mieru absorpcie je charakteristický počet beta častíc (N_1) prenikajúcich cez danú hrúbku (l) materiálu. Pre tento počet prenikajúcich častíc platí vzťah

$$N_l = N_0 \cdot f\left(\sum_i n_i \cdot \sigma_i\right)$$

kde N_0 — počet beta častíc vstupujúcich do absorpčného materiálu,
 N_1 — počet atómov σ komponente i ,
 σ_i — hĺbka preniku beta častíc v komponente i .

Hodnotu n_i možno vyjadriť

$$n_i = \frac{S_i}{a_i} \rho V N,$$

kde ρ — hustota absorpčného materiálu,
 V — objem materiálu,
 N — Avogadrovo číslo,
 S_i — váhový pomer komponentu i ,
 a_i — atómová váha komponentu i .

Dosadením na vzťah N_1 dostávame

$$N_l = N_0 \cdot f\left(\rho \cdot V \cdot N \cdot \sum_i \frac{\sigma_i}{a_i} S_i\right).$$

Z toho vyplýva, že zmena počtu prenikajúcich beta častíc závisí jednak od zmeny hustoty absorbujúceho materiálu (ρ), jednak od toho, do akej miery sa odlišuje pomer σ_i/a_i daného komponentu od toho istého pomeru ostatných komponentov.

Pre beta žiarenie izotopu Sr 90 — Y 90 sú hodnoty tieto:

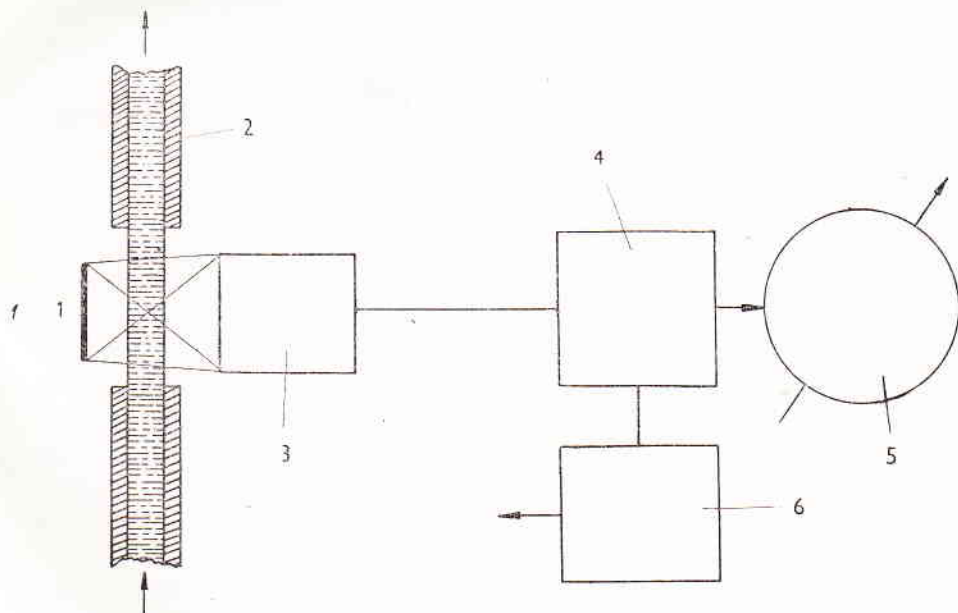
Prvok	atómové číslo	σ/a
H	1	0,992
C	6	0,556
N	7	0,583
O	8	0,597
Mg	12	0,504
Si	14	0,601
S	16	0,719
Cl	17	0,714
Ca	20	0,689
Sr	38	0,860
Ba	56	1,128

Kedže pomer σ/a možno u ostatných prvkov okrem vodíka považovať za rovnaký, potom

$$N_t = N_o \cdot f(B \cdot \rho),$$

kde B — konštanta, závislá jedine od objemu meranej tekutiny.

Pri konštantnom objeme N_t závisí teda len od hustoty materiálu. Z toho je zrejmé, že absorpciu beta žiarenia možno používať na meranie hustoty podľa obrazu 1.



Obr. 1. 1 — žiarič, 2 — meracia kyveta, 3 — detektor, 4 — elektrická časť, 5 — ukazovací prístroj, 6 — regulačná časť.

Keďže pomer σ/a má u vodíka takmer dvojnásobne väčšiu hodnotu ako pri rôznych iných ľahkých prvkoch, prístroje pracujúce pomocou beta žiarenia sú schopné vykonávať aj selektívnu analýzu a tak možno určiť pomer C/H alebo obsah H v tekutých uhlovodíkoch. Takéto prístroje, opísané v literatúre, pracujú s presnosťou 0,1–0,01 %, ba laboratórne prístroje s presnosťou až 0,000001 %.

Podobne možno používať gama žiarenie, ktorého absorpciu možno vyjadriť exponenciálne v závislosti od hrúbky absorbujúceho materiálu.

$$I = I_0 e^{-\mu d},$$

kde I_0 — začiatočná intenzita žiarenia,

I — intenzita výstupného žiarenia cez materiál o hrúbke d ,

μ — lineárny absorpčný koeficient.

Keď absorbujúci materiál je zložený, lineárny absorpčný koeficient sa vyjadruje:

$$\mu = \sum_k P_k \frac{\mu_k}{\rho_k}$$

kde P_k — váhový pomer komponentov materiálu,

ρ_k — hustota týchto komponentov.

Z toho vidieť, že princíp prístrojov pracujúcich pomocou gama žiarenia o malých energiách je podobný ako u beta žiarenia a rozdiely sú hlavne v geometrických rozmeroch. Napr. pri izotope Fe 55, ktorý pri K rozpade vyžaruje gama žiarenie o vlnovej dĺžke 2 Å, niektoré absorpčné koeficienty sú nasledovné:

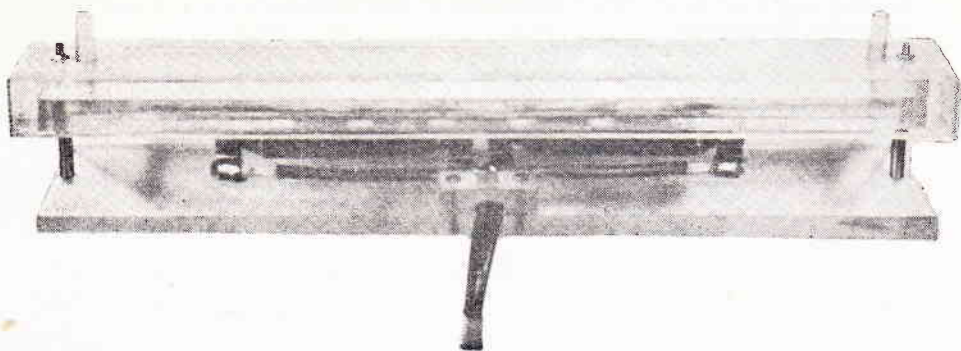
$$\begin{array}{ll} \text{H} & - 0,2, & \text{Al} & - 48, \\ \text{C} & - 4,5, & \text{S} & - 89. \end{array}$$

Takto pri meraní pomeru C/H možno dosiahnuť presnosť 0,05 %, kde obsah uhlíka v meranom materiáli je len 0,1 %. Najčastejšie sa však používajú izotopy Co 60 a C Cs 137.

P o k u s n á č a s ť

V našom ústave boli vyhotovené dva funkčné modely radiačného hustomeru na kontinuálne meranie a regulovanie sušiny zmrazeného špenátového pretlaku. Obe dva pracujú na základe absorpcie beta žiarenia. Použité zdroje žiarenia sú Tl 204 o aktivite 20 mC a Sr 90 tiež o aktivite 20 mC. U jedného ako detektor sú použité dve GM trubice s halogénovou náplňou (obr. 2), u druhého ionizačná komora s obsahom 0,5 litra.

Funkčná schéma zariadenia je taká ako na obr. 1. Regulačná časť má pracovať takto: Keď sa zberná nádoba na špenátový pretlak naplní cez samostatný rúrkový okruh, pretlak sa prečerpáva cez meraciu kyvetu. Podľa toho, aký veľký je obsah



Obr. 2. Meracia kyveta

sušiny v pretlaku, regulačná časť otvorí servoventil, cez ktorý sa privádza do zbernej nádoby potrebné množstvo vody, v ktorom sa dôkladne premieša s pretlakom na žiadaný obsah sušiny.

Laboratórny model sme úspešne vyskúšali. V prevádzke sa dá očakávať presnosť regulácie obsahu sušiny na 0,10–0,15 %.

Literatúra

1. Richter H.: Atomstrahlen, Geiger zähler, Stuttgart, 1957.
2. Fassbender H.: Úvod do měřicí techniky záření a využití radioisotopů, Praha, 1960.
3. Kaffka K., Orient O.: Élelmezési ipar, 10, 1960.

MESSUNG, AUTOMATISATION UND REGELUNG MIT RADIOISOTOPEN IN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE

Zusammenfassung

Theoretische Grundlagen der Absorption von ionisierender Strahlung für Mess- und Regelungstechnik in der Lebensmittelindustrie. Die Applikationsmöglichkeiten von β - γ -Strahlung. Die Messgenauigkeit der Absorptionsmethode. Selektivanalyse. Kurze Beschreibung der Regelungsanlage des Trockenmasseinhalten des Spinatpärrees.