

ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

265 136

(11) (B1)

(13)

(51) Int. Cl.⁴

G 01 N 3/24

(22) Přihlášeno 01 06 87

(21) PV 3977-87.R

(40) Zveřejněno 12 01 89

(45) Vydáno 15 12 89

(75)
Autor vynálezu

KOZLER JOSEF ing. CSc., ÚSTÍ nad Labem
NOVOSAD JAN ing. CSc., PRAHA
ČÍPA JIŘÍ, ÚSTÍ nad Labem

(54) **Způsob laboratorního měření skladovatelnosti tuhých průmyslových hnojiv**

(57) Účelem řešení bylo nalézt objektivní metodu hodnocení skladovatelnosti hnojiv. Tohoto cíle se dosáhne tak, že na vzorek hnojiva ve válcové nádobě se přes kruhové víko působí konstantním konzolidačním napětím, obvykle 8 dní. Po ukončení působení konzolidačního napětí se odstraní plášť válcové nádoby, na konzolidovaný vzorek se přes kruhové víko začne působit postupně narůstajícím normálovým napětím až do okamžiku, kdy dojde k usmyknutí a rozpadu speku hodnoceného hnojiva. Hodnota normálového napětí, při kterém dojde k usmyknutí speku hnojiva je mírou soudržnosti hnojiva a je v přímém vztahu ke skladovatelnosti hnojiva.

Vynález se týká způsobu laboratorního měření skladovatelnosti tuhých průmyslových hnojiv.

Dosud není v ČSSR ani v zahraničí znám způsob laboratorního měření skladovatelnosti tuhých průmyslových hnojiv, který by objektivně vystihoval závislost mezi laboratorním měřením a skladovatelností volně ložených hnojiv ve vysokých až 6 m hromadách. Na podkladě dosavadních metodických postupů lze sice učinit jistý předpoklad o skladovatelnosti hnojiv v praxi, avšak exaktní korelační vztah není dosud znám. Pro hodnocení skladovatelnosti existují v současné době tři základní empirické metody.

Při penetračním testu se na cca 50 g hnojiva působí v uzavřené nádobě konzolidačním napětím a potom se měří síla nutná k rozdužení speku hnojiva. Velmi malé množství hnojiva používané k měření značně zkresluje výsledek měření. Metoda má velmi špatnou reprodukovatelnost výsledků.

Při pádové zkoušce se uskladní na sebe 7 pytlů hodnoceného hnojiva po určitou dobu (14 dnů až 6 měsíců) časové konzolidace. Poté se všech 7 pytlů podrobí pádu z 1 m a stanoví se podíl speků z jednotlivých pytlů, které zůstanou po vysypání na síto o velikosti ok 10 x 10 cm. Zkouška má zcela empirický charakter a svým způsobem uspořádání nemůže vystihnout podmínky v hromadách hnojiva.

Při stanovení spékavosti metodou ISO se 0,5 kg hnojiva naplní do 8 prstenců a po určité době časové konzolidace jsou prstence vystaveny působení tlaku 0,14 MPa. Potom se provádí tzv. stříhová zkouška, kterou se měří stupeň spečení hnojiva. Nevýhodou je malé množství hnojiva používané k měření, poměrně velký rozptyl měřených hodnot. Měřená stříhová síla je empirickou relativní veličinou.

Nevýhodou všech popsaných metod je, že vzorky hnojiva jsou vystaveny působení jednoho standardního tlaku. To neumožňuje měření závislosti sledované veličiny na tlaku. Podstatně lepším se jeví způsob laboratorního měření skladovatelnosti tuhých průmyslových hnojiv podle předkládaného vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se na celý povrch horní základny vzorku hnojiva ve vymezeném válcovitém prostoru s poměrem výšky k průměru větším než 1 působí po stanovenou dobu časové konzolidace konstantním normálovým konzolidačním napětím a po uplynutí této doby se na konzolidovaný vzorek hnojiva, jehož válcový tvar není dále vymezen, začne, jako při působení konzolidačního napětí, působit postupně narůstajícím normálovým napětím až do okamžiku, kdy dojde k rozrušení speku hodnoceného vzorku hnojiva, přičemž hodnota normálového napětí, při které dojde k rozrušení speku, je mírou soudržnosti hnojiva (pevnost u volného povrchu) a je v přímém vztahu ke skladovatelnosti hnojiva. Stanovená doba časové konzolidace může činit i až 16 dnů.

Vynález je založen na modelování stavů při skladování tuhých průmyslových hnojiv ve vysokých 6 m hromadách v bezobalovém, tzv. volně loženém stavu. Modelování těchto stavů se provádí ve válcových nádobách, u nichž je nejlepší dodržet poměr mezi výškou a průměrem 3 : 2. Změřená hodnota pevnosti u volného povrchu při daném konzolidačním napětí je v přímém vztahu ke skladovatelnosti hnojiva. Nepřesáhne-li určitou, tzv. limitní hodnotu, můžeme jednoznačně označit měřené hnojivo za vyhovující pro skladování ve vysokých hromadách po dobu 6 měsíců.

Způsob podle vynálezu má tři zásadní výhody:

- a) měření pevnosti u volného povrchu má exaktní charakter a jedná se o přesně definovanou veličinu;
- b) tato metoda umožňuje korelovat naměřené hodnoty pevnosti u volného povrchu se skladovatelností hnojiv v praxi;
- c) pro hodnocení hnojiva je používáno podstatně více vzorku cca 7 kg, což zvyšuje přesnost měření.

Měřicí zařízení je poměrně jednoduché a nenáročné na obsluhu a zmenšuje subjektivní

chyby měření. Reprodukovatelnost je velmi dobrá, směrodatná odchylka nepřevýšila 5 % rel. od průměrné hodnoty pevnosti u volného povrchu pro soubor 4 až 12 měření.

Válcová nádoba na měření pevnosti u volného povrchu dle vynálezu sestává ze tří vzájemně oddělitelných částí, tj. rozvratelného pláště, dna a víka. Aby porucha speku hnojiva nastala v přesně definované smykové ploše, tj. abychom měřili skutečnou hodnotu pevnosti u volného povrchu, je nutné, aby tyto plochy byly u volného povrchu válcového speku hnojiva. Konzolidační napětí je napětí, při jehož působení na hnojivo se v něm vytvoří mezní smyková pevnost, tzv. vnitřní tření. Smyková pevnost představuje souhrn hodnot mezních smykových napětí pro různá normálová napětí a pro různé objemové hmotnosti hnojiva.

U normálních sypkých materiálů, ke kterým náleží i tuhá průmyslová hnojiva, je smyková pevnost charakterizována mezními křivkami v souřadnicích normálového napětí (osa x), nebo smykové napětí (osa y), a to buď bez časové konzolidace, nebo s ní.

Mechanismus rozdělení speku hnojiva spočívá v tom, že se podle způsobu zatěžování vytvoří ve speku určité smykové plochy, přičemž porucha vznikne na té smykové ploše, která klade nejmenší odpor při rozdělení.

Každou mezní křivku lze charakterizovat jedním důležitým bodem. Je jím větší hlavní napětí u volného povrchu nebo-li pevnost u volného povrchu. Určí se tak, že se sestrojí Mohrova kružnice procházející počátkem a tečnou k dané mezní křivce. Její průsečík osou úseček (normálové napětí) určuje větší hlavní napětí. Z výše uvedeného vyplývá, že pevnost u volného povrchu je přesně definovaná veličina s rozměrem v Pa.

Časová konzolidace je doba, po kterou působí na hnojivo konzolidační napětí. Bylo zjištěno, že hodnoty pevnosti u volného povrchu u hnojiv se mění významně s dobou časové konzolidace do 8 dnů, do 16 dnů se mění málo významně.

Při realizaci způsobu podle vynálezu se postupuje tak, že se hnojivo nasype do válcové nádoby. Po zarovnání hladiny s horním okrajem válce se na její povrch položí víčko, které se zatíží konzolidačním napětím. Pod tímto napětím se hnojivo ponechá po zvolenou dobu (doporučujeme 8 dnů). Potom se zatížení odstraní, plášť nádoby se demontuje, přičemž víko se ponechá na speku. Na víko se začne působit postupně narůstajícím normálovým napětím. V materiálu se vytvoří systém skluzných ploch a při stoupajícím normálovém napětí stoupá napětí jednotlivých smykových ploch. Když toto napětí přesáhne mezní hodnotu, dojde k poruše speku. Válcový spek se usmykne a nakonec rozpadne. Hodnota normálového napětí, při kterém dojde k usmyknutí, je pevnost u volného povrchu. Blížící se okamžik rozpadu speku hnojiva je avizován počínajícím pozvolným odpadáváním granulí nebo krystalů ze speku. V takovém případě je nutno nárůst normálového napětí zastavit. Pokud nedojde do 3 minut k dalšímu odpadávání částic granulí či krystalu, je možno normálové napětí dále zvyšovat.

Při konkrétním měření v laboratoři bylo pracováno s válcem o výšce 255 mm a průměru 170 mm při náplni hnojiva cca 7 kg. Aby bylo zamezeno ulpívání granulí na plášti nádoby při jeho snímání je plášť nutno chránit chlorkaučukovým nebo polyuretanovým nátěrem.

Konzolidační napětí je vyvozováno na kruhové víka pákovým mechanismem, napětí u volného povrchu rovněž.

Hodnotu normálového napětí určíme podle vztahu

$$\sigma_1 = (k + 5 \cdot m) \cdot g \cdot 4/\pi \cdot D^2 \quad (1)$$

Vzorec platí pro dvouramennou páku s poměrem délek ramen 1 : 5, kde σ_1 je normálové napětí (kPa), k je hmotnost pákového mechanismu + 1/2 hmotnosti hnojiva ve válcové nádobě (kg), g je gravitační konstanta ($9,81 \text{ ms}^{-2}$), D je průměr dna válcové nádoby (m), m je hmotnost

závaží na páce (kg).

Obdobným způsobem podle vztahu (1) počítáme pevnost u volného povrchu σ_0 . Za "m" dosazujeme hmotnost závaží, při kterém dojde k usmyknutí hnojiva.

Bylo zjištěno, že rychlost nárůstu normálového napětí by měla činit 120 až 160 kPa.h⁻¹. Vyšší rychlost nedoporučujeme, protože je potom obtížné zachytit přesné odpadnutí prvních částic ze spekú.

Pro časové konzolidace 8 dnů jsme zjistili následující limitní hodnoty napětí u volného povrchu σ_0 při daném konsolidačním - normálovém napětí σ_1 .

Tabulka č. 1

skladovatelnost (hmot. %)	limitní hodnoty napětí u volného povrchu				
	$\sigma_1 = 56,5$	$\sigma_1 = 45,7$	$\sigma_1 = 34,9$	$\sigma_1 = 24,1$	$\sigma_1 = 13,3$
nad 98 (abs.)	14,1	11,9	7,7	4,2	2,1
do 95 (výbor.)	22,2	18,7	12,1	6,6	3,3
do 90 (vel. dobr.)	30,0	25,5	16,5	9,0	4,5
do 85 (dobrá)	44,2	37,4	24,2	13,2	6,6
pod 85 (nevyhov.)	44,2	37,4	24,2	13,2	6,6

Hodnota konsolidačního napětí 13,3 kPa odpovídá přibližně tlaku na základnu v hromadě vysoké 1,4 m, 24,1 kPa odpovídá výšce 2,5 m, 34,9 kPa odpovídá výšce 3,6 m, 45,7 kPa odpovídá výšce 4,7 m a 56,5 kPa odpovídá výšce 5,8 m.

P R E D M Ě T V Y N Ā L E Z U

1. Způsob laboratorního měření skladovatelnosti tuhých, průmyslových hnojiv, vyznačený tím, že na celý povrch horní základny vzorku hnojiva ve vymezeném válcovitém prostoru s poměrem výšky k průměru větším než 1 působí po stanovenou dobu časové konzolidace konstantním normálovým konsolidačním napětím a po uplynutí této doby se na konsolidovaný vzorek hnojiva, jehož válcový tvar není dále vymezen, začne, způsobem jako při působení konsolidačního napětí, působit postupně narůstajícím normálovým napětím až do okamžiku, kdy dojde k rozrušení speku hodnoceného vzorku hnojiva, přičemž hodnota normálového napětí, při které dojde k rozrušení speku, je mírou soudržnosti hnojiva, tj. pevnosti u volného povrchu a je v přímém vztahu ke skladovatelnosti hnojiva.

2. Způsob laboratorního měření skladovatelnosti tuhých průmyslových hnojiv podle bodu 1, vyznačený tím, že stanovená doba časové konzolidace činí 1 až 16 dnů.