

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **219304**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **397651**

(51) Int.Cl.

G01N 33/24 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **30.12.2011**

(54)

Analog gruntu księżycowego

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

08.07.2013 BUP 14/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

30.04.2015 WUP 04/15

(73) Uprawniony z patentu:

**CENTRUM BADAŃ KOSMICZNYCH POLSKIEJ
AKADEMII NAUK, Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**STANISŁAW BEDNARZ, Gaj, PL
ANDRZEJ GONET, Kraków, PL
MIROSLAW RZYCZNIK, Kraków, PL
KAROL SEWERYN, Warszawa, PL
JERZY GRYGORCZUK, Warszawa, PL
ROMAN WAWRZASZEK, Warszawa, PL
TOMASZ RYBUS, Warszawa, PL
ŁUKASZ WIŚNIEWSKI, Sosnowiec, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Leokadia Płotczyk

PL 219304 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest analog gruntu księżycowego, należący do dziedziny geotechniki i geomechaniki. Przedmiotowy analog stanowi kompozycję o właściwościach zbliżonych do gruntu (zwanego regolitem) księżycowego. Analog ten przeznaczony jest do wykorzystania w laboratoryjnych badaniach, z zastosowaniem penetratora „KRET” opracowanego w Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, przygotowujących do penetracji powierzchni naturalnego satelity Ziemi, którym jest Księżyc.

W stanie techniki znane są analogi regolitów księżycowych, produkowane np. przez przemysł wydobywczy w USA i w Kanadzie, dla potrzeb badawczych Narodowej Agencji Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej NASA oraz innych ośrodków badawczych, będące analogami regolitów księżycowych pobranych przez misję Apollo, takie jak przykładowo analog o nazwie CHENOBI oraz analog o symbolu JSC-1A.

Różnorodność produkowanych analogów regolitów księżycowych wynika z faktu, że przywiezione na Ziemię regolity księżycowe zostały pobrane w różnych miejscach na Księżycu, stąd też charakteryzują się zróżnicowanym składem chemicznym oraz właściwościami fizycznymi i mechanicznymi.

Jeden ze znanych analogów regolitu księżycowego, oznaczony symbolem JSC-1A, został wytworzony przez zmielenie i selekcję ziaren skały bazaltowej pozyskiwanej z kamieniołomu zlokalizowanego na stoku krateru wulkanicznego w Arizonie w USA. Do produkcji analogu JSC-1A nie stosowano żadnej obróbki chemicznej.

Inny analog regolitu księżycowego o nazwie CHENOBI wytworzono przez zmielenie rozdrobnionych i wyselekcjonowanych ziaren i cząstek ziemskiego anortozytu, z dodatkiem szkła uzyskanego w procesie wysokotemperaturowej obróbki termicznej anortozytu.

Rozkład uziarnienia analogu JSC-1A oraz CHENOBI przedstawiono na Fig. 1, a wartości gęstości nasypowych podano w tabeli 1.

Trudności związane z pozyskiwaniem składników oraz skomplikowany proces technologiczny produkcji znanych analogów wpływają na ich wysoką cenę jednostkową.

Ponieważ prace zmierzające do badań powierzchni Księżyca wymagają m.in. wykonywania testów laboratoryjnych penetracji gruntu księżycowego odpowiednimi penetratorami, zatem do prowadzenia tych badań niezbędne są duże ilości gruntów o właściwościach podobnych do regolitu księżycowego. Wysoki koszt zakupu produkowanych w USA i w Kanadzie analogów regolitu księżycowego przy dużym zapotrzebowaniu na te analogi w znaczący sposób zwiększa koszty prowadzenia badań i utrudnia tym samym postęp prac.

Celem niniejszego wynalazku było uzyskanie analogu regolitu księżycowego, niezbędnego do prowadzenia badań narzędzi i urządzeń w warunkach gruntowych możliwie jak najbardziej zbliżonych do warunków księżycowych.

Twórcy niniejszego wynalazku przeprowadzili wyczerpujące badania oraz testy mechaniczne, zmierzające do uzyskania materiału, który charakteryzowałby się właściwościami zbliżonymi do właściwości regolitu księżycowego. Materiał taki uzyskali oni w wyniku odpowiedniego jakościowego i ilościowego doboru składników mieszanki.

Przedmiotem wynalazku jest więc analog regolitu księżycowego, którego skład granulometryczny (Fig. 2) oraz podstawowe właściwości fizyczne takie jak gęstość nasypowa (tabela 1), barwa, parametry mechaniczne takie jak kohezja, kąt tarcia wewnętrznego i wytrzymałość dynamiczna, są zbliżone do właściwości znanego analogu regolitu księżycowego CHENOBI.

T a b e l a 1

Właściwości fizyczne i mechaniczne analogów regolitu księżycowego JSC-1A i CHENOBI oraz analogu gruntu księżycowego według wynalazku

Nazwa gruntu	Gęstość nasypowa	Spójność (kohezja) c_s , kPa	Kąt tarcia wewnętrznego ϕ_s , °	Progres w mm/uderzenie
JSC-1A	1,44 ÷ 1,45	0,54	39,35	Brak danych
CHENOBI	1,31 ÷ 1,33	3,78	37,27	2,7 - 2,9
Analog według wynalazku	1,29 ÷ 1,30	3,85	37,67	2,6 - 2,8

Analog według wynalazku stanowi kompozycję gotowych składników, występujących w ofercie handlowej krajowych producentów kruszyw mineralnych i poza dokładnym ich wymieszaniem, na etapie produkcji, nie wymaga dodatkowych zabiegów technologicznych, co znacznie skraca czas przygotowania analogu oraz koszty surowca i koszty samej produkcji, a zatem i koszty analogu.

Istotą wynalazku jest unikalny skład opracowanej mieszanki gruntowej, który umożliwił uzyskanie wymaganych cech opracowanego analogu.

Analog gruntu księżycowego stanowi trójskładnikową mieszankę ostrokrawędzistych kruszyw mineralnych o następujących udziałach wagowych poszczególnych składników:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Mączka kwarcowa W-8 | 60 ÷ 61%; |
| 2. Piasek granitowy o uziarnieniu (0-2) mm: | 34 ÷ 36%; |
| 3. Grys granitowy o uziarnieniu (2-8) mm: | 4 ÷ 6%. |

Skład granulometryczny analogu regolitu księżycowego charakteryzuje się wskaźnikiem różnoziarnistości C_u w zakresie 3,0 - 3,4; wskaźnikiem krzywizny C_c w zakresie 0,75 - 0,82, oraz gęstością nasypową w zakresie $1,29 \div 1,30 \text{ g/cm}^3$.

Analog regolitu księżycowego charakteryzuje się także statycznymi parametrami mechanicznymi, takimi jak kohezja c_s w zakresie 3,8 - 4,1 kPa oraz kąt tarcia wewnętrzznego Φ_s w zakresie 36,5 - 38,5°.

Dynamiczny parametr mechaniczny (progres) analogu regolitu księżycowego według wynalazku wynosi 2,8 mm/uderzenie uzyskany przy wykorzystaniu penetratora geologicznego.

Mączka kwarcowa W-8 jest materiałem sytkim pochodzenia mineralnego, kwarcowym (główny składnik kwarc SiO_2) o średniej wielkości ziaren poniżej 0,063 mm i pozostałości na sicie kontrolnym 0,063 mm, wynoszącej 18-30%.

Sposób wytwarzania analogu regolitu księżycowego według wynalazku polega na dokładnym, mechanicznym wymieszaniu wyselekcjonowanych składników, w ściśle określonych proporcjach, podanych w procentowych udziałach wagowych. Składniki mieszanki stanowiącej analog regolitu księżycowego według wynalazku są standardowymi produktami dostępnymi w krajowych wytwórniach kruszyw mineralnych, występującymi w ofercie handlowej producentów. Składniki należy mieszać w postaci suchej. W wyniku procesu mieszania otrzymuje się mineralny grunt niespoisty, o barwie szaro-popielatej, klasyfikowany według [PN-EN ISO 14688-2:2006], jako piasek zapyłony (siSa).

Dotychczas na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława w Krakowie wytworzono analog regolitu księżycowego według wynalazku, który zastosowano do przeprowadzenia testów w Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, na warstwie gruntu o miąższości ok. 5 m i masie powyżej 5000 kg.

Pozytywne skutki wynalazku można podzielić na trzy kategorie:

- Od kilku lat prowadzone są przygotowania do eksploracji kosmosu, w szczególności eksploracji powierzchni ciał Układu Słonecznego, które mają docelowo doprowadzić do stałej obecności systemów zautomatyzowanych na ich powierzchniach. Jednym z kluczowych elementów przygotowań jest szerokie testowanie systemów mechanicznych w warunkach ziemskich, w tym w analogach materiałów kosmicznych np. analogach powierzchni Księżyca. Opracowanie analogu regolitu księżycowego według wynalazku pozwala na przeprowadzenie testów penetratora KRET, jak również stanowi istotny element przy realizacji kolejnych projektów związanych przykładowo z wierceniem w środowisku kosmicznym lub testowaniem pojazdów (łazików) planetarnych.

- Szerszy dostęp do analogu regolitu księżycowego według wynalazku w Polsce prowadzi do wzrostu prac badawczo-rozwojowych związanych z eksploracją kosmosu, jak również do promocji badań kosmicznych w Polsce.

P r z y k ł a d

Sporządzono mieszaninę kruszyw mineralnych o składzie jak podany poniżej :

- | | |
|---|---------|
| 1. Mączka kwarcowa W-8 | 60,42%; |
| 2. Piasek granitowy o uziarnieniu (0-2) mm: | 34,81%; |
| 3. Grys granitowy o uziarnieniu (2-8) mm: | 4,77%. |

Składniki mieszanki dokładnie wymieszano w stanie suchym i uzyskano niespoisty materiał o barwie szaro-popielatej, jednofrakcyjnej krzywej uziarnienia (wskaźnik różnoziarnistości $C_u = 3,11$; wskaźnik krzywizny $C_c = 0,77$, oraz gęstość nasypowa $1,30 \text{ g/cm}^3$), oraz o statycznych parametrach mechanicznych: kohezja $c_s = 3,85 \text{ kPa}$ oraz kąt tarcia wewnętrzznego $\Phi_s = 37,67^\circ$.

Analog według wynalazku może być zastosowany w przemyśle do:

- budowy stanowisk do testowania systemów pracujących w warunkach planetarnych.

- budowy elementów systemów tzw. „hardware in the loop” pozwalających na symulację i testowanie urządzeń pracujących na powierzchniach ciał Układu Słonecznego.
- przygotowania i rozprowadzania materiałów promujących kosmos.

Zastrzeżenia patentowe

1. Analog gruntu księżycowego, **znamienny tym**, że
 - a) stanowi trójskładnikową mieszaninę ostrokrawędzistych kruszyw mineralnych, o następującym składzie granulometrycznym i udziałach wagowych poszczególnych składników:

mączka kwarcowa W-8	60 ÷ 61%;
piasek granitowy o uziarnieniu (0-2) mm	34 ÷ 36%;
grys granitowy o uziarnieniu (2-8) mm	4 ÷ 6%;
 - b) jego skład granulometryczny charakteryzuje się wskaźnikiem różnoziarnistości C_u w zakresie 3,0 - 3,4; wskaźnikiem krzywizny C_c w zakresie 0,75 - 0,82, oraz gęstością nasypową 1,29 ÷ 1,30 g/cm³;
 - c) charakteryzuje się statycznymi parametrami mechanicznymi takimi jak kohezja c_s w zakresie 3,8 - 4,1 kPa oraz kąt tarcia wewnętrznego ϕ_s w zakresie 36,5 - 38,5°;
 - d) jego dynamiczny parametr mechaniczny (progres) wynosi 2,8 mm/uderzenie z wykorzystaniem penetratora geologicznego.

Rysunki

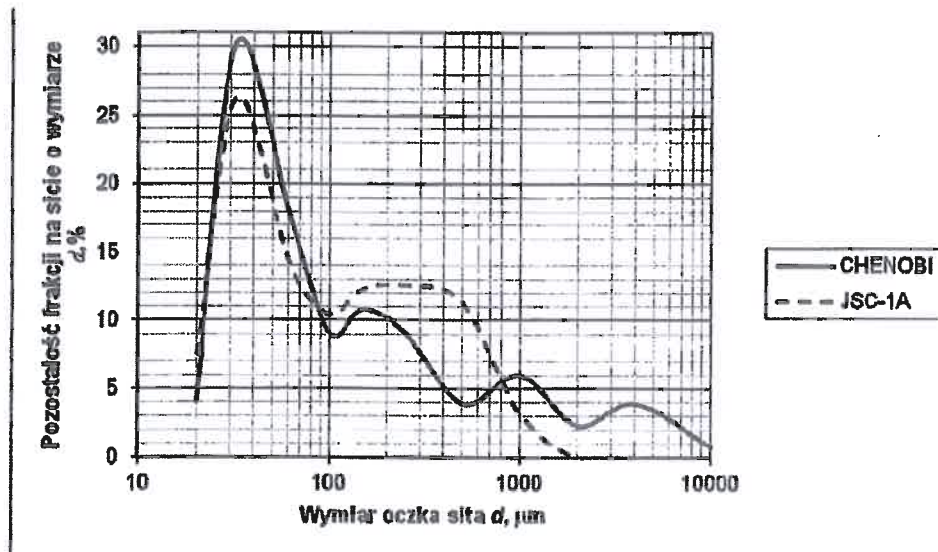


Fig. 1. Krzywe rozkładu uziarnienia analogów regolitu księżycowego CHENOBI i JSC-1A

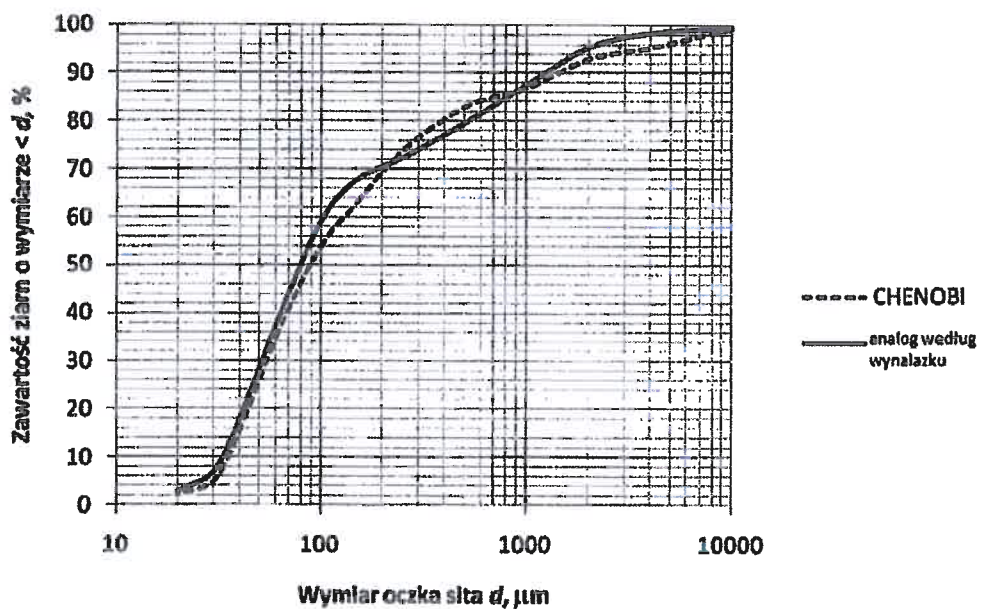


Fig. 2. Krzywe uziarnienia analogu regolitu księżycowego CHENOBI i analogu gruntu księżycowego wg wynalazku

