



EUSKATFUND

Maquinaria y productos de fundición

Właściwości i zastosowania ceramicznego piasku odlewniczego

CERAMSAND

Autor: Manel Martínez
Firma: EUSKATFUND, S.L.
Strona WWW: www.euskatfund.com
Email: manelmartinez@euskatfund.com

Dystrybutor w Polsce



Spis treści

Streszczenie

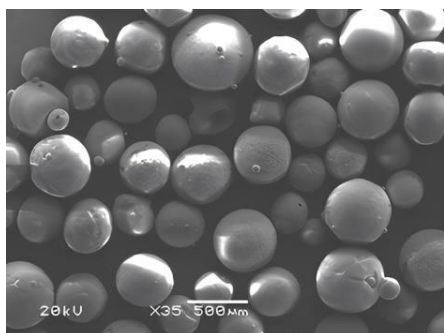
1. Wprowadzenie	2
2. Właściwości fizyczne i chemiczne piasku ceramicznego CERAMSAND	3
3. Charakterystyka piasku ceramicznego CERAMSAND	4
4. Zastosowania piasku ceramicznego CERAMSAND w odlewnictwie	4
4.1 Proces furanowy NO-BAKE	5
4.2 Wykonywanie rdzeni w procesach COLD BOX i SHELL MOLDING	6
4.3 Żywica alkaliczno-fenolowa - formowanie i wykonywanie rdzeni	7
4.4 Masa wiązana szkłem wodnym (krzemianem sodu)	8
4.5 Proces Lost Foam i proces V	10
5. Wnioski	10

Streszczenie

Jako nowy rodzaj piasku syntetycznego, ceramiczny piasek odlewniczy CERAMSAND w ciągu około dwóch dekad intensywnych badań i komercjalizacji szybko upowszechnił się w odlewnictwie. CERAMSAND charakteryzuje się doskonałymi właściwościami, m.in. kulistym kształtem ziaren, wysoką ogniotrwałością, dobrą odpornością na kruszenie, obojętnością chemiczną oraz wysokim stopniem odzysku i regeneracji. W porównaniu z piaskiem kwarcowym i innymi powszechnie stosowanymi piaskami specjalnymi zapewnia bardzo dobre właściwości technologiczne. W artykule przedstawiono proces produkcji, właściwości fizyczne i chemiczne oraz cechy użytkowe CERAMSAND, a także przykłady zastosowania w różnych technologiach odlewniczych: formowaniu NO-BAKE, masach ze szkłem wodnym, procesie COLD BOX, formowaniu skorupowym metodą Croninga oraz technologii Lost Foam. Podano również wybrane parametry techniczne stosowania CERAMSAND.

1. Wprowadzenie

Piasek ceramiczny, pokazany na rys. 1, technicznie określany jako „topiony ceramiczny piasek odlewniczy CERAMSAND”, jest wytwarzany z kalcynowanego boksytu, którego głównym składnikiem jest tlenek glinu, w procesie topienia, rozdmuchiwania, przesiewania i mieszania. Schemat procesu przedstawiono na rys. 2. Kalcynowany boksyt zawierający od 45% do 90% tlenku glinu podaje się do urządzenia do topienia łukowego. Surowiec topi się, tworząc ciekły strumień o wysokiej temperaturze. Następnie strumień jest rozbijany sprężonym powietrzem pod odpowiednim ciśnieniem na drobne cząstki. W wyniku działania napięcia powierzchniowego powstają kuliste lub sferoidalne ziarna piasku o gładkiej powierzchni. Po schłodzeniu i przesiewaniu piasek ceramiczny jest klasyfikowany na odpowiednie frakcje ziarnowe. Na rys. 1 widać, że ziarna piasku ceramicznego mają kształt kulisty i bardzo gładką powierzchnię, bez pęknięć, wklęsłości i wypukłości. Współczynnik kanciastości CERAMSAND, zgodnie z badaniami, jest mniejszy niż 1,1.



(a) Małe powiększenie

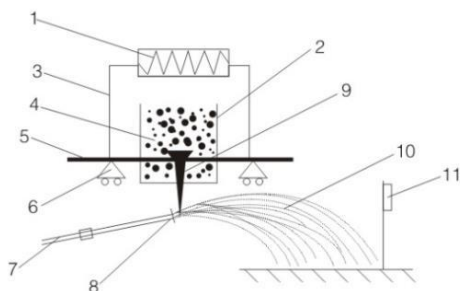


(b) Duże powiększenie

Rys. 1. Mikrofotografie elektronowe piasku ceramicznego.

Dotychczas piasek kwarcowy jest najczęściej stosowanym piaskiem odlewniczym ze względu na odpowiednie właściwości

i powszechną dostępność. Jako osnowa ma jednak szereg wad. Charakteryzuje się dużą rozszerzalnością cieplną, która może powodować w odlewach wady ekspansyjne, takie jak żyłki (veining) i strupy. Ma stosunkowo niską ogniotrwałość, co może prowadzić do silnych przypaleń masy, zwłaszcza w ciężkich odlewach stalowych i żeliwnych. Wykazuje również reaktywność chemiczną względem niektórych stopów, np. stopów żelaza zawierających mangan. Tlenki manganu i żelaza reagują z krzemionką, tworząc krzemiany o niskiej temperaturze topnienia, co powoduje poważne przypalenia i penetrację masy.



1. Transformator, 2. Korpus pieca, 3. Przewód miedziany, 4. Ruda boksytowa, 5. Elektroda grafitowa, 6. Mechanizm podawania elektrod, 7. Przewód powietrzny, 8. Dysza, 9. Stopiony surowiec, 10. Ziarna piasku ceramicznego CERAMSAND, 11. Odpylanie

Rys. 2. Schemat produkcji piasku ceramicznego CERAMSAND

Z kolei piasek ceramiczny CERAMSAND ma znacznie korzystniejsze właściwości niż piasek kwarcowy i zapewnia lepsze wyniki w odlewnictwie. Dzięki unikalnemu składowi i technologii wytwarzania charakteryzuje się wysoką ogniotrwałością, obojętnością i stabilnością chemiczną, doskonałą płynnością, wysoką twardością, odpornością na ścieranie oraz kulistym kształtem ziaren. Kuliste ziarna tworzą efektywny układ wiązań i pozwalają stosować mniejszą ilość spoiwa. Pod tym względem CERAMSAND wykazuje również przewagę w stosunku do innych piasków specjalnych, w tym piasku cyrkonowego i chromitowego. Stosowanie CERAMSAND daje odlewniom możliwość obniżenia kosztów produkcji, poprawy jakości odlewów oraz budowy bardziej przyjaznego środowiska systemu produkcyjnego.

2. Właściwości fizyczne i chemiczne piasku ceramicznego CERAMSAND

Głównymi składnikami chemicznymi piasku ceramicznego CERAMSAND są tlenek glinu oraz dwutlenek krzemu. Po stopieniu i rekryształizacji jego skład mineralogiczny obejmuje mullit, korund oraz śladowe ilości faz amorficznych. Ogniotrwałość przekracza 1800°C; jest to wysokotwardy materiał ogniotrwały na bazie układu $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Barwa piasku ceramicznego mieści się od szarobrązowej do czarnej. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne CERAMSAND.

Tabela 1. Typowe właściwości fizyczne i chemiczne piasku CERAMSAND

Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Ogniotrwałość	Gęstość nasypowa	Przewodność cieplna
65–85%	≤5%	12–25%	3–4%	≥1800°C	1,95–2,05 g/cm ³	(1200°C) 5,27 W/m·K
Barwa	pH	Kanciastość	Kształt ziarna	Gęstość właściwa	Rozszerzalność cieplna	Wielkość ziarna
Czarny/brązowy	7–8	≤1,1	Kuliste	3,4 g/cm ³	(20–1000°C) 6×10 ⁻⁶ /°C	Siatka 6–320 (φ0,053–3,36 mm)

3. Charakterystyka piasku ceramicznego CERAMSAND

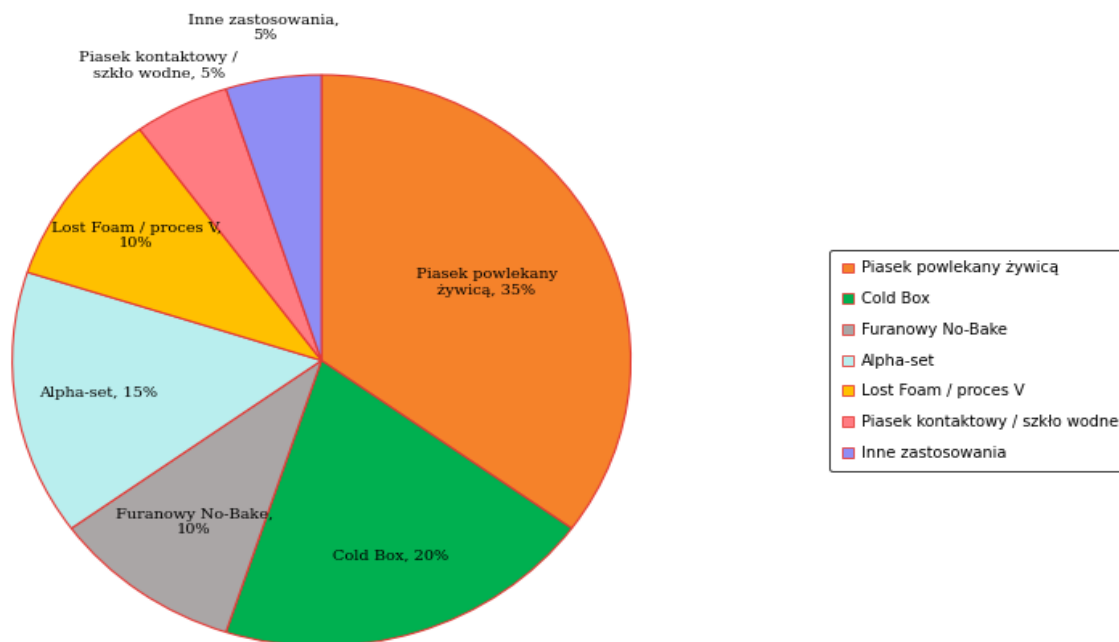
Jako specjalistyczny piasek odlewniczy CERAMSAND ma następujące cechy:

- (1) Rozszerzalność cieplna piasku ceramicznego jest bardzo mała, zbliżona do piasku cyrkonowego. Stosowanie CERAMSAND do wykonywania form i rdzeni może ograniczyć lub wyeliminować wady ekspansyjne, takie jak żyłki (veining), strupy i inne wady związane z rozszerzalnością. (2) Dzięki kulistemu kształtowi ziaren CERAMSAND ma bardzo dobrą płynność i łatwo się powleka. Formy i rdzenie charakteryzują się wysoką przepuszczalnością oraz dobrą wybijalnością po zalaniu. (3) Zastosowanie piasku ceramicznego może zmniejszyć zużycie spoiwa o 30-50%, przy zachowaniu dobrego stanu powierzchni odlewów i obniżeniu kosztów. (4) CERAMSAND jest materiałem neutralnym i chemicznie obojętnym, dlatego może być stosowany zarówno w układach ze spoiwami kwaśnymi, jak i zasadowymi, a także dla różnych stopów odlewniczych. (5) Piasek ceramiczny ma bardzo dobre właściwości regeneracyjne i może być łatwo odzyskiwany różnymi metodami. (6) Wysoka ogniotrwałość i stabilność sprawiają, że szczególnie dobrze nadaje się do złożonych rdzeni oraz masywnych odlewów staliwnych i żeliwnych. (7) Szeroki zakres uziarnienia umożliwia dowolne łączenie i mieszanie frakcji w celu spełnienia konkretnych wymagań technologicznych.

(2)

4. Zastosowania piasku ceramicznego CERAMSAND w odlewnictwie

Obecnie piasek ceramiczny CERAMSAND jest powszechnie stosowany w odlewniach żeliwa, staliwa, stali nierdzewnej i metali nieżelaznych, z różnymi systemami spoiw: furanowym NO-BAKE, formowaniem skorupowym metodą Croninga, COLD BOX, alkaliczno-fenolowym NO-BAKE, szkłem wodnym utwardzanym estrem oraz w technologii Lost Foam. Poniżej przedstawiono wykres kołowy zastosowań piasku ceramicznego na podstawie aktualnych danych:



Rys. 3. Udział zastosowań piasku ceramicznego CERAMSAND

4.1 Proces furanowy NO-BAKE

W przypadku CERAMSAND wiążanego żywicą furanową wytrzymałości mechaniczne na zimno są znacznie wyższe niż dla piasku kwarcowego. Przy tej samej ilości żywicy uzyskuje się wyraźny wzrost wytrzymałości. Do porównania wytrzymałości na rozciąganie piasku ceramicznego i kwarcowego zastosowano bazową żywicę furanową w ilości 1,2% w stosunku do masy piasku oraz katalizator w ilości 40% w stosunku do masy żywicy. Próbkę zrywano po 1, 2, 3, 4, 5 i 24 godzinach; dla każdego czasu badano 8 próbek. Wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wytrzymałość na rozciąganie CERAMSAND i piasku kwarcowego Dailin

Piasek	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	24 h	Gęstość [g/cm ³]
CERAMSAND	8,36	16,83	19,59	21,82	23,15	28,04	1,9
Piasek kwarcowy Dailin	6,73	12,54	13,56	14,99	15,91	18,25	1,5

Po 24 godzinach wytrzymałość na rozciąganie masy z CERAMSAND jest o ponad 50% większa niż dla piasku kwarcowego Dailin. Wykazano, że zastosowanie piasku ceramicznego nie tylko pozwala zmniejszyć ilość

żywicy, obniżyć koszty i zwiększyć wydajność produkcji, lecz także w znacznym stopniu ogranicza wady odlewnicze, takie jak porowatość.

4.2 Wykonywanie rdzeni - procesy COLD BOX i SHELL MOLDING

Wykorzystując zalety CERAMSAND, można produkować wysokiej jakości piaski powlekane żywicą o wyjątkowych właściwościach: wysokiej ogniotrwałości, niskiej rozszerzalności cieplnej, dobrej wybijałości, wysokiej wytrzymałości mechanicznej i mniejszej emisji gazów. Przy szczególnie złożonych rdzeniach (rys. 4a i 4b) piasek powlekany CERAMSAND ma doskonałą płynność, co ułatwia pełne wypełnienie rdzennicy i uzyskanie kompletnego rdzenia.



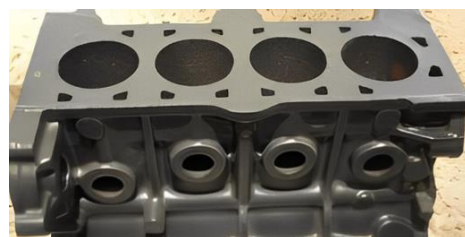
(a) Rdzeń płaszczki wodnej głowicy



(b) Rdzeń płaszczki wodnego bloku cylindrów



(c) Zespół rdzeni



(d) Blok cylindrów

Rys. 4. Rdzenie i odlewy wykonane z piasku powlekanego

Proces formowania skorupowego z zastosowaniem piasku ceramicznego (rys. 5) charakteryzuje się wysoką wydajnością produkcji, bardzo dobrą dokładnością wymiarową i jakością powierzchni odlewów. Zużyty piasek łatwo poddaje się regeneracji, co znacząco ogranicza ilość odpadów stałych. Korzyści środowiskowe tego procesu są również istotne.

Można przewidywać, że jako nowoczesna technologia proekologiczna formowanie skorupowe z zastosowaniem CERAMSAND będzie coraz szerzej stosowane w odlewnictwie.



(a) Jednoczęściowy rdzeń do procesu skorupowego



(b) Odlewy wykonywane w pakiecie w procesie skorupowym

Rys. 5. Formy skorupowe i odlewy

4.3 Żywica alkaliczno-fenolowa - formowanie i wykonywanie rdzeni

Temperatura zalewania staliwa jest wysoka, dlatego CERAMSAND pozwala w pełni wykorzystać zalety alkaliczno-fenolowych układów żywicznych. Zużycie nowego piasku może zostać ograniczone do 30-50 kg na tonę odlewów, a zużycie spoiwa o 30-50%. Dzięki poprawie jakości powierzchni odlewów nakład pracy związany z regeneracją piasku i oczyszczaniem odlewów może zmniejszyć się o ponad 60%. Umożliwia to istotną poprawę jakości odlewów, zmniejszenie poziomu braków i kosztów produkcji. Ogranicza także emisję gazów, piasku i pyłu, poprawia warunki pracy, zmniejsza zagrożenie pylicą krzemową i wspiera produkcję przyjazną środowisku. Rys. 6 przedstawia rdzenie i odlewy zaworów wysokociśnieniowych ze stali nierdzewnej wykonane w procesie alkaliczno-fenolowym z zastosowaniem CERAMSAND.



(a) Formy i rdzenie



(b) Odlew zaworu wysokociśnieniowego

Rys. 6. Rdzenie CERAMSAND w procesie alkaliczno-fenolowym i odlew

Tabela 3 przedstawia wytrzymałość CERAMSAND w porównaniu z piaskiem kwarcowym Dailin przy zastosowaniu żywicy alkaliczno-fenolowej. Po 24 godzinach wytrzymałość na rozciąganie jest o 31% większa niż dla piasku kwarcowego, przy jednocześnie o 40% niższym dodatku spoiwa; gazotwórczość piasku ceramicznego może być niższa o 32%. W praktyce zastosowanie CERAMSAND pozwala ograniczyć zużycie spoiwa o 45-55%.

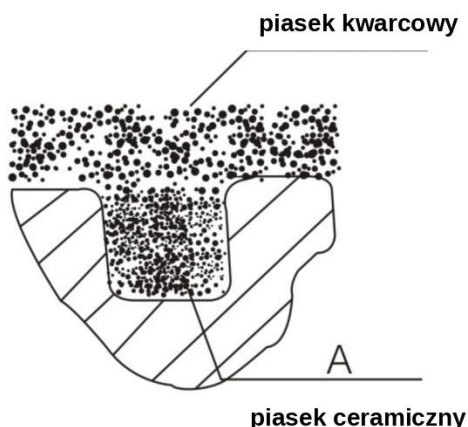
Tabela 3. Wytrzymałość mas z CERAMSAND i piaskiem kwarcowym Dailin w procesie alkaliczno-fenolowym

Piasek	Żywica	Dodatek	Katalizator	Dodatek	Gaz [ml/g]	Rozc. 1 h	Rozc. 24 h	Ścisk. 40 min	Ścisk. 1 h / 24 h
AFA 40	JF103A	0,9%	HQ60	20%	9,8	9,10	19,88	4,62	10,79 / 13,6
AFA 50	JF103A	0,9%	HQ60	20%	9,6	8,87	18,76	7,34	9,99 / 12,8
Piasek kwarcowy Dailin	JF103A	1,5%	HQ60	20%	14,4	4,28	9,99	7,34	7,73 / 11,9

4.4 Masa wiązana szkłem wodnym (krzemianem sodu)

W przypadku masywnych odlewów stalowych ciśnienie statyczne ciekłego metalu na formy i rdzenie jest zwykle znacznie większe, a czas zalewania dłuższy. Oddziaływania mechaniczne, cieplne i chemiczne między metalem a formą mogą być bardzo intensywne. Może to powodować silną penetrację metalu i przypalenia masy, szczególnie w miejscach skrzyżowań ścian odlewu. Usuwanie tych wad wymaga dużego nakładu prac szlifierskich; odlewy mogą mieć słabą jakość powierzchni, a stanowiska oczyszczania pracują w bardzo trudnych warunkach środowiskowych. W niektórych przypadkach pracownicy są narażeni na pylicę krzemową.

Aby rozwiązać problemy penetracji metalu i przypaleń masy, przeprowadzono próbę produkcyjną. Do CERAMSAND dodano 3-4,5% szkła wodnego, dokładnie wymieszano i ubito mieszankę w strefach oznaczonych „A” w formach pokazanych na rys. 7. Następnie zastosowano wypełniającą masę z piasku kwarcowego ze szkłem wodnym. Po naniesieniu pokrycia i zalaniu uzyskano odlewy bez penetracji i przypaleń, co potwierdza odporność CERAMSAND na penetrację metalu. Rys. 8 pokazuje detale (połączenia ścian, rdzenie itp.) dużych odlewów stalowych, gdzie CERAMSAND stosuje się jako piasek kontaktowy. Strefy te są podatne na spiekanie, penetrację i przypalenia. CERAMSAND zastosowano do wypełniania głębokich, prostych otworów w rolce podporowej. Wyniki pokazują, że ogranicza to penetrację metalu, a także może wyeliminować pęknięcia wynikające z naprężeń cieplnych związanych z małą podatnością cieplną piasku kwarcowego.



Rys. 7. Miejsce wypełnienia piaskiem ceramicznym



(a) Miejsce wypełnienia piaskiem ceramicznym (b) Piasek ceramiczny na powierzchni rdzenia (c) Rolka podporowa (staliwo)

Rys. 8. Formowanie i wykonywanie rdzeni ze szkłem wodnym (rolka podporowa - odlew staliwny)

Obecnie, poza stosowaniem CERAMSAND jako piasku kontaktowego, można go również mieszać z chromitem, łącząc zalety obu osnów. Oprócz mas ze szkłem wodnym utwardzanych CO₂, CERAMSAND wykazuje istotne korzyści także w procesie utwardzania estrowego. Tabela 4 porównuje wytrzymałość na rozciąganie CERAMSAND i piasku kwarcowego Dailin w masie ze szkłem wodnym utwardzanej estrem.

Tabela 4. Wytrzymałość na rozciąganie CERAMSAND i piasku kwarcowego Dailin w masie ze szkłem wodnym utwardzanej estrem

Piasek	Spoivo	%	Utwardzacz	%	Żywotność [min]	Wiązanie [min]	2 h	4 h	24 h / 72 h
AFA 55	103	2,5%	132	15%	22	70	2,0	6,1	11,2 / 20,40
AFA 40	103	2,5%	132	15%	25	90	1,0	4,1	18,35 / 20,40
Piasek kwarcowy	103	3,0%	132	15%	22	55	0,6	2,5	10,2 / 11,22

4.5 Proces Lost Foam i proces V

W procesie Lost Foam i procesie V odlewnie stosują CERAMSAND jako piasek zasypowy. Wykorzystanie CERAMSAND znacznie obniża odsetek braków i całkowite koszty. Zużycie piasku wynosi zaledwie 1-2 kg na tonę odlewów, a warunki pracy wyraźnie się poprawiają dzięki kulistemu kształtowi ziaren, dobrej płynności, wysokiej trwałości, wysokiej przewodności cieplnej i mniejszemu zapyleniu.

Rys. 9(c) przedstawia proces Lost Foam i formę bloku silnika. Przy innych piaskach otwory o małej średnicy i dużej głębokości są trudne do pełnego wypełnienia i zagęszczenia, co może prowadzić do poważnych spieków i penetracji metalu, trudnych do usunięcia podczas oczyszczania. Zastosowanie CERAMSAND pozwala wyeliminować te problemy. Kulisty kształt ziaren zapewnia dobrą przepuszczalność, płynność i zagęszczalność. Stopień kruszenia CERAMSAND podczas formowania i regeneracji jest bardzo niski, dzięki czemu poziom braków jest mały, a uzysk produkcji może sięgać 97%.



(a) Model piankowy



(b) Formowanie z piaskiem ceramicznym



(c) Blok cylindrów wykonany w procesie Lost Foam

Rys. 9. Formowanie i odlewanie metodą Lost Foam

5. Wnioski

(1) W procesach NO-BAKE (w tym furanowych i alkaliczno-fenolowych) zastosowanie CERAMSAND może znacząco zwiększyć wytrzymałość masy związanej i zmniejszyć dodatek spoiwa o ponad 30%, ograniczając gazotwórczość oraz osiągając stopień odzysku do 98%, co wyraźnie ogranicza ilość piasku kierowanego na składowiska. (2) Stosowanie CERAMSAND jako osnowy do piasków powlekanych oraz w procesie SHELL MOLDING zapewnia doskonałą płynność RCS, bardzo niską rozszerzalność i gazotwórczość, dzięki czemu ogranicza wady gazowe, takie jak pinhole oraz żytki (veining). (3) W układach ze szkłem wodnym CERAMSAND zmniejsza zużycie spoiwa, poprawia wybijałość, ogranicza penetrację metalu i przypalenia masy oraz może obniżyć koszt odlewów. (4) W technologii Lost Foam CERAMSAND poprawia płynność, zagęszczalność i przepuszczalność. Dzięki wysokiej wytrzymałości i małemu stopniowi kruszenia uzyskuje się wysoki stopień regeneracji piasku przy niskim koszcie.

Wraz z szybkim rozwojem przemysłu odlewniczego i rosnącymi wymaganiami ochrony środowiska coraz więcej producentów będzie wybierać CERAMSAND jako osnowę - częściowo lub całkowicie. Ceramiczny piasek odlewniczy, jako nowoczesny materiał XXI wieku, będzie odgrywał coraz większą rolę w zrównoważonym rozwoju i ekologicznej produkcji.

Firma EUSKATFUND pozostaje do Państwa dyspozycji w przypadku pytań i zapytań.