



Wielokryterialny dobór materiałów inżynierskich oraz procesu technologicznego płytek ceramicznych podłogowych stosowanych w łazienkach

K. Kachniarz^a, D. Spierewka^a, J. Suchorab^a, J. Konieczny^b, J. Wiśniewska^c

^a Studentki Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: kachniarkrystyna1@gmail.com, spierewka.dominika@interia.pl,
justynasuchorab1@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Przetwórstwa Materiałów Metalowych i Polimerowych

email: jaroslaw.konieczny@polsl.pl

^c Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie

email: justyna.wisniewska@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przeanalizowano wielokryterialny dobór materiałów inżynierskich dla płytki ceramicznej, z uwzględnieniem masy ceramicznej oraz szkliwa. Dodatkowo opisano szczegółowo proces technologiczny i zbadano struktury wybranych produktów.

Abstract: The article analyzes multicriterial selection of engineering materials for ceramic tile, including the ceramic mass and glaze. In addition described in detail technological process and analyzed the structure of the selected products.

Słowa kluczowe: płytki ceramiczne, masa ceramiczna, szkliwo ceramiczne, dobór wielokryterialny, proces technologiczny

1. WSTĘP – ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE PROJEKTOWANEJ PŁYTKI CERAMICZNEJ

Płytki ceramiczne podłogowe używane w łazience to znany element pokrycia podłogi, który przyczynia się jednakowo do ochrony podłoża jak i spełnia funkcje dekoracyjne pomieszczenia. Element ten ma za zadanie spełniać konkretne funkcje. Materiał nie może przepuszczać wody do chronionego podłoża. W przypadku nieprawidłowego położenia kafelki występuje taka możliwość, co skutkuje powstaniem pleśni. Zjawisko to występuje również, gdy w pomieszczeniu utrzymuje się przez dłuższy okres czasu zbyt wysoka wilgotność powietrza. Kafelki muszą być bezpieczne dla użytkowników, krawędzie delikatnie sfazowane, a sama kafelka nie powinna posiadać ostrych zakończeń na powierzchni. Szkliwo, które stanowi górną partię kafelki musi cechować się wysoką wytrzymałością na obciążenia

i odpornością na ścieranie. Górna warstwa odpowiada także za przyczepność do podłoża, którą określa się stopniem porowatości. Odpowiednia porowatość zapewnia dobrą przyczepność do podłoża oraz zapobiega ślizganiu się po posadzce. Własnością użytkową materiału jest proporcjonalność wymiarów danej serii, co określa norma [1]. Kafelki podłogowe przeważnie są w kształcie kwadratów, a elementy dekoracyjne na ścianę w kształcie prostokątów [1]. Ważną własnością jest nietoksyczność materiału, niepalność, łatwość w utrzymaniu oraz niewchłanianie zapachów otoczenia. Wymagania co do konstrukcji i wymiarów płytek ceramicznych oraz ich grubości, która średnio wynosi $6\div 16$ mm są zawarte w normie. W skład płytek wykonanych z naturalnych materiałów ceramicznych wchodzi glina, talk, piasek oraz uszlachetniające dodatki mineralne. Całość w końcowym etapie produkcji pokrywana jest szkliwem w celu wzmocnienia produktu i wydłużenia jego żywotności, a także nadaniu waloru estetycznego. Przy montażu ważną rolę spełnia spód kafelki, ponieważ od jego poprawnego wykonania zależy jakość łączenia kafelki z podłożem [2].

W artykule zostały przedstawione płytki ceramiczne z produkcji wieloseryjnej. Wyszczególniono:

- odporność na czynniki mechaniczne – liczne złamania, wgniecenia, zarysowania, otarcia, próby przewiercenia lub przecięcia bez użycia przeznaczonych do tego celu narzędzi,
- odporność na zmiany temperatury i wilgotności,
- odporność na korozję mikrobiologiczną,
- odporność na czynniki chemiczne,
- odporność na zabrudzenia, łatwość w utrzymaniu,
- estetykę i wygląd,
- porowatość materiału zwiększającą przyczepność oraz zapobiegającą poślizgom przy jednoczesnym uwzględnieniu warunków panujących w otoczeniu,
- niską cenę produkcji,
- dostępność na rynku,
- łatwość montażu i demontażu,
- niepalność,
- nietoksyczność.

Dane techniczne produktu jak i wielkość produkcji zostały określone na podstawie dostępnych norm [3÷4] (tab. 1).

Tablica 1. Dane techniczne oraz technologiczne wybranej płytki łazienkowej

Table 1. Technical and technological details of bathroom tile

Techniczne i technologiczne dane	
Wymiary	243 x 243 mm
Grubość	8 mm
Współczynnik przeciwpoślizgowości	Nieklasyfikowana – R 10 (od ponad 10° do 19°)
Faktura posadzki	Chropowata, nie ostra
Opór poślizgu posadzki	nawierzchnia sucha – 51÷64 nawierzchnia mokra – 24÷44
Absorbowanie wody	Od 0,5 do 3 %
Ścieralność	III Klasa
Twardość	Minimalnie 5 w skali Mohsa
Metoda wytwarzania	Formowanie na sucho
Ilość sztuk	50 000 sztuk
Wielkość produkcji	Produkcja wielkoseryjna

2. DOBÓR MATERIAŁU GLINY

Wybór rodzaju gliny jest istotnym czynnikiem wpływającym na późniejsze właściwości gotowego produktu oraz miejsce jego zastosowania. Biała pasta używana jest do wypału glazury i terakoty. Charakteryzuje się mniejszą nasiąkliwością w porównaniu do gliny tradycyjnej (cotto) oraz bardziej stabilnymi wymiarami. Z gliny tego rodzaju produkuje się płytki o większych rozmiarach (do 1 m długości) i grubsze (ok. 10 mm) niż przy płytkach tradycyjnych. Przy wyborze gliny należy wziąć pod uwagę końcowe parametry techniczne produktu jak twardość, nasiąkliwość, porowatość, odporność na działanie czynników chemicznych, a także odporność na zmiany temperatury. Właściwości te można częściowo modyfikować poprzez dobór odpowiednich dodatków w trakcie produkcji i wytwarzania. Poniżej zostało przedstawionych 7 kryteriów optymalizacji doboru materiału:

Kryterium 1 – Koszt materiału. Za najtańszy materiał przyjmuję się taki, który oprócz podstawowych wymogów technicznych i technologicznych, spełnia także wszystkie wymagania dotyczące bezpieczeństwa;

Kryterium 2 – Wytrzymałość materiału. Określana poprzez wyniki prób odporności na obciążenia dynamiczne i zmęczeniowe. Odporność tą mierzy się za pomocą udarności, czyli odporności materiału na pękanie przy obciążeniu dynamicznym. Do wytrzymałości materiału zalicza się również jego odporność na złamania, wgniecenia, zarysowania i otarcia;

Kryterium 3 – Koszt produkcji i obróbki. Wraz ze wzrostem twardości oraz wytrzymałości, rosną koszty obróbki materiału. Przy dużej twardości i odporności na zarysowania, do obróbki elementu, stosuje się specjalistyczne a za razem kosztowne urządzenia. Podczas produkcji, istotna jest także wydajność urządzeń i maszyn – łatwość formowania masy oraz uzyskanie właściwej ścieralności materiału;

Kryterium 4 – Odporność na czynniki otoczenia. Produkt zaprojektowano do użytku wewnętrznego. Wynikiem tego jest wymagana wysoka odporność na częste zmiany temperatur oraz wysoką wilgotność panującą w łazience. Dodatkowo kafelki należy pokryć warstwą antypoślizgową, która wzmacnia ich właściwości w tak trudnym środowisku;

Kryterium 5 – Odporność na korozję mikrobiologiczną. Określa trwałość elementu i jego mocowania pod wpływem działających na niego mikroorganizmów i pleśni. W celu określenia odporności na korozję materiału, uwzględniono skład chemiczny kafelki i lepiszcza;

Kryterium 6 – Odporność na czynniki chemiczne. Opisuje wytrzymałość materiału pod wpływem działających na niego czynników chemicznych. Wytrzymałość tą określa właściwa mieszanka oraz skład chemiczny masy ceramicznej;

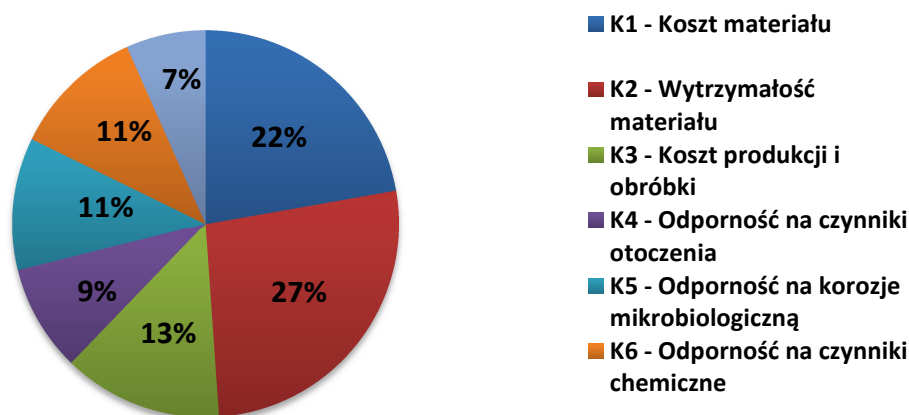
Kryterium 7 – Aspekt estetyczny. Odpowiedni dobór koloru, kształtu oraz ewentualnych wypukłości o funkcji antypoślizgowej. Zastosowanie zalecanej warstwy szkliska na powierzchnię materiału w celu zwiększenia atrakcyjności wyglądu.

Poszczególnym kryteriom dobrano wagi i przedstawiono na diagramie (rys. 1). Wagi kryteriów określone zostały poprzez porównanie ich względem siebie oraz dokonanie oceny. Podsumowane punkty z każdego kryterium zostały zestawione z innymi oraz przedstawione za pomocą wykresu.

W celu zapewnienia jak najlepszych właściwości, wszystkie rodzaje płytek, powinny składać się z warstw talku, piasku, gliny, szkliska. Ze względu na stałe właściwości piasku i talku, szczegółowy dobór tych materiałów nie jest wymagany. Spośród dostępnych na rynku płytek ceramicznych wybrano 3 kafelki i porównano pod względem powyższych kryteriów. Jedna masa ceramiczna należała od niemieckiej firmy Sibelco Deutschland, dwie pozostałe należące do polskiej firmy Cerom posiadały najlepszą jakość prezentowaną dotychczas na rynku [5,6].

Produktom wystawiono oceny (skala punktacji wynosiła od 1 do 5) i przemnożono przez wagi kryteriów. Została podana wartość idealna – ocena maksymalna – w celu dalszego porównania i wyliczenia współczynnika doboru materiału. Współczynnik doboru materiału zespala wszystkie punkty oraz porównuje na podstawie wartości idealnej, dzięki czemu możliwe jest uzyskanie oceny i określenie właściwego produktu. Wynik został przedstawiony w procentach.

Procentowy udział poszczególnych kryteriów



Rysunek 1. Diagram kołowy przedstawiający procentowy udział poszczególnych kryteriów (masa ceramiczna)

Figure 1. A pie chart showing the percentage of each of the criteria (ceramic mass)

3. DOBÓR MATERIAŁU SZKLIWA

Szklivo ceramiczne to ważny element każdej kafelki ceramicznej ze względu na polepszenie głównie własności wytrzymałościowych. Szklivo ceramiczne to rodzaj pokrycia nakładanego na czerepy ceramiczne, które po wypaleniu tworzy cienką warstwę szkła krzemianowego. Nanoszone są na powierzchnię produktów ceramicznych w celu podniesienia walorów estetyczno-użytkowych, m.in.:

- podniesienia wytrzymałości mechanicznej produktów ceramicznych – poprzez obniżenie ścieralności i podwyższenie twardości,
- zapewnienie nieprzepuszczalności cieczy i gazów (w przypadku, przepuszczalności przez kafelkę wody, mogłoby dojść do korozji mikrobiologicznej w wyniku czego produkt uległby rozpadowi),
- nadaniu produktom cech dekoracyjnych wytwarzanych pod klientów wraz z zachowaniem odpowiedniej struktury spełniającej normy dotyczące parametrów oraz oporu poślizgu,
- usunięcia substancji toksycznych ze szkliva – warstwy wierzchnie nie powinny zawierać szkodliwych tlenków metali i ołowiu.

Selekcję materiałów wykonano analogicznie jak w przypadku gliny, na początku określono kryteria:

Kryterium 1 – Gęstość. Parametr zależny w dużej mierze od materiału, z którego został wykonany. Ciężar właściwy kafelki jest uzależniony od gęstości materiału. Płytki o małym

ciężarze właściwym i grubości są bardzo łamliwe, jednak spora masa płytki także może być przeciwwskazaniem szczególnie w przypadku starego budownictwa;

Kryterium 2 – Temperatura wypalania. Im niższa temperatura wypalania materiału tym mniejsze koszty produkcji. Wzrost następuje wraz ze wzrostem temperatury i czsu wypalania. Z operacją tą związany jest zakup i utrzymanie drogich, specjalistycznych maszyn, które umożliwiają osiągnięcie temperatury grzania wyższej niż przeciętne piece oraz wydłużony czas chłodzenia wsadu;

Kryterium 3 – Koszt materiału. Dobór najtańszego materiału spełniającego określone kryteria fizyczne i chemiczne, z uwzględnieniem oczekiwań konsumenta;

Kryterium 4 – Rodzaj szkliwa. W zależności od dobranych parametrów, materiał spełnia określone funkcje. Istnieje możliwość doboru ścieralności, funkcji antypoślizgowej czy szaty kolorystycznej. Wyróżnia się następujące rodzaje szkliwa:

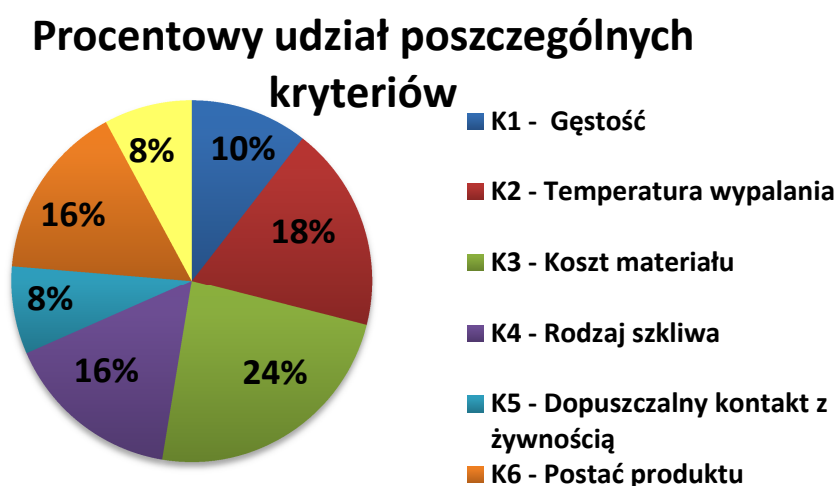
- a) przezroczyste – transparentne – bezbarwne,
- b) macone – białe – kryjące,
- c) kolorowe – barwione;

Kryterium 5 – Kontakt z żywnością. Brak reakcji toksykologicznych w kontakcie z żywnością zapewnia większą funkcjonalność i możliwość stosowania w domu. Kafelka wymaga płaskiej powierzchni i braku odprysków podczas całego czasu użytkowania;

Kryterium 6 – Postać produktu. Szkliwa ceramiczne można otrzymać dwoma metodami. Do pierwszej metody używany jest płyn. Po rozmieszaniu tworzy on lejną substancję łatwą do nanoszenia. Dodatkowo zapewnia lepszą adhezję szkliwa z masą ceramiczną. Do drugiej metody można użyć proszku ceramicznego. Materiał sypki rozrobiony do gotowej do użycia masy, nie zapewnia tak dużej adhezji jak płyn. Metoda ta jest bardziej pracochłonna;

Kryterium 7 – Struktura powierzchni. Rodzaj szkliwa jest dobierany ze względu na miejsce zastosowania oraz od wymagań klienta. Powierzchnia może być zdefiniowana jako błyszcząca, matowa, półmatowa, chropowata lub antypoślizgowa.

Po określeniu kryteriów, kolejnym krokiem doboru materiałowego jest określenie, które kryteria są istotniejsze. W tym celu przyznano wagi kryteriom i porównano je ze sobą. Po otrzymaniu wyników, opracowano wykres (rys. 2) przedstawiający udziały poszczególnych kryteriów w doborze oraz procesie technologicznym.



Rysunek 2. Diagram kołowy pokazujący procentowy udział poszczególnych kryteriów (szkliwo ceramiczne)

Figure 2. A pie chart showing the percentage of each of the criteria (ceramic glaze)

Dobrano trzy materiały i porównano z kryteriami. Oceny przemnożono wagowo i wyliczono współczynnik doboru materiału, który wskazał dane szkliwo. Procedurę doboru kontynuowano jak w przypadku gliny.

4. PRODUKCJA PŁYTEK

W pierwszej kolejności przetwarza się materiały wejściowe. Rozdrobnione surowce do wytwarzania mas są zazwyczaj zanieczyszczone cząstkami metalicznymi. Najczęstszą metodą oczyszczania proszków ceramicznych jest oddzielanie magnetyczne za pomocą ferrytowych magnesów trwałych. Inną metodą oczyszczania proszków ceramicznych z zanieczyszczeń metalicznych jest używanie separatorów magnetycznych o dużym natężeniu pola magnetycznego. Następne etapy polegają na odpowiednim zważeniu potrzebnego materiału, jego mieszaniu i rozdrabnianiu. Tak przygotowany materiał jest kolejno formowany, suszony, wypalany i szkliwiony. Wiele z tych procesów realizowanych jest za pomocą zautomatyzowanych urządzeń.

4.1. Dozowanie

Dla wielu produktów ceramicznych (w tym płytek), duże znaczenie ma ilość i rodzaj surowców. Materiał stosowany do produkcji posadzek ma wpływ na ich barwę. W zależności od ilości żelaza w surowcu, można otrzymać pośredni produkt w kolorze białym lub czerwonym. Wymagane własności są uzyskiwane poprzez wymieszanie odpowiednich ilości produktów ze sobą. Na tym etapie konieczne jest odpowiednie obliczenie ilości wsadu. Podczas obliczania ilości wsadu, należy uwzględnić jego własności chemiczne i fizyczne. Po określeniu odpowiedniej masy materiału następuje mieszanie składników. Jednym z urządzeń do mieszania wsadu jest tzw. *shell mixer* (lub *V blender*), który składa się z dwóch łączących się na kształt litery V cylindrów. Dodatkowo można stosować inny rodzaj mieszalnika – *ribbon mixer* – który posiada spiralne łopatki lub *intensive mixer*, który działa na zasadzie szybko obracających się pługów. Etap ten polega na mieszaniu oraz na rozdrabnianiu materiału. W rezultacie otrzymuje się drobniejsze cząstki wsadu, które ułatwiają proces formowania. W trakcie mieszania dodaje się wody, w celu rozdrobnienia materiału na małe cząstki oraz wymieszania całego wieloskładnikowego wsadu. Proces ten zwany jest mieleniem na mokro i odbywa się w młynach kulowych. Następnie woda jest przefiltrowywana. Dzięki filtracji zawiesiny, usunięty zostaje nadmiar wody i wilgoci ok. 40÷50%. Po tym etapie następuje mielenie na sucho

4.2. Suszenie rozpyłowe

W przypadku, gdy wsad jest mielony z udziałem wody, w późniejszym etapie ciecz usuwana jest poprzez suszenie rozpyłowe. Proces polega na pobieraniu zawiesiny do rozpylacza składającego się z szybko obracającej się tarczy lub dyszy, która rozpyła drobinki cieczy. Kropelki zawiesiny są ogrzewane i suszone poprzez unoszącą się kolumnę gorącego powietrza. Po wysuszeniu zawiesiny tworzą się małe i sypkie granulki. W rezultacie otrzymuje się proszek, który nadaje się do formowania.

Glinianą podstawę można także wytworzyć w procesie mielenia na sucho a następnie w procesie granulowania cząstek. Do granulacji wykorzystuje się urządzenie, w którym mieszanie suchego wsadu miesza się z wodą. Kolejno do wsadu dodaje się wodę, w celu uzyskania granulek z drobnych cząstek, które z kolei tworzą gotowy do formowania proszek.

4.3. Formowanie

Większość płytek wytwarza się w procesie tłoczenia na sucho. W tej metodzie, sypki proszek zawierający nieorganiczny środek wiążący lub niewielki procent wilgoci, wypływa z leja zasypowego do dyszy formującej. Następnie materiał jest ściskany w stalowej komorze przez stalowe tłoki i zostaje wyrzucony przez tłok dolny. Proces jest zautomatyzowany i realizowany jest przy użyciu nacisku roboczego równego 2500 ton na tłok.

Dodatkowo stosowane są inne metody wytwarzania płytek. Przykładem jest metoda, w której wykorzystuje się wilgotną masę materiału ceramicznego oraz plastyczną formę do wytwarzania. Metodę polegającą na wyciskaniu i wykrawaniu stosuje się do wytwarzania płytek o nieregularnym kształcie. Ta metoda wytwarzania wiąże się z zagęszczeniem masy przygotowanej z tworzywa sztucznego w cylindrze wysokociśnieniowym. Ciśnienie wymusza wypłynięcie materiału z cylindra. Materiał w kształcie bryłek jest kolejno prasowany. Powstaje jedna lub dwie płytki. Do prasowania kawałków materiału wykorzystuje się prasy hydrauliczne lub pneumatyczne. Maszyna prasująca (*RAM press*) jest często używana do wytworzenia silnie wyprofilowanych płytek. Jej praca polega na wytłaczaniu kawałka materiału pomiędzy dwiema połówkami twardej lub porowatej formy zamontowanej na prasie hydraulicznej. Uformowana część jest usuwana poprzez zastosowanie podciśnienia. Nadmiar materiału zostaje usunięty. Dodatkowo można zastosować obróbkę wykańczającą.

Inną metodą wytwarzania płytek jest tzw. proces – szyby ciśnienia. Technologia ta łączy jednocześnie szkliwienie i kształtowanie płytki. Polega na połączeniu szkliwa z podstawą. Dokonuje się tego przez nacisk szkliwa w postaci proszku, bezpośrednio do matrycy wypełnionej materiałem ceramicznym. Zaletą tej metody jest brak dodatkowych procesów związanych ze szkliwieniem i eliminacją odpadów, które występują w przypadku wytwarzania produktu w sposób konwencjonalny.

4.4. Suszenie

Płytki ceramiczne po uprzednim formowaniu suszy się w warunkach wysokiej wilgotności względnej. Suszenie może trwać kilka dni. Podczas procesu woda usuwana jest z wystarczająco małą szybkością, dzięki czemu unika się pęknięć skurczowych. Stosowane do suszenia ciągle lub tunelowe suszarki, są ogrzewane za pomocą gazu, oleju, lampy działającej na podczerwień lub energii mikrofalowej. W przypadku suszenia płytek cienkich wykorzystuje się lampy na podczerwień. Dla płytek o większej grubości stosuje się suszenie mikrofalowe. Istnieje dodatkowo metoda suszenia, w której impulsy gorącego powietrza przepływają do materiału w kierunku poprzecznym.

4.5. Szkliwienie

Proces szkliwienia podobny jest do produkcji podstawy płytek i obejmuje on: mieszanie, mielenie surowców na sucho lub mokro.

Glazurę nakłada się na korpus płytek przy użyciu jednej z wielu dostępnych metod. Taką metodą jest szkliwienie odśrodkowe. Polega na podawaniu materiału szkliwiącego na obracającą tarczę, która rozpyła glazurę na płytkę.

Znana jest również metoda „dzwonka” lub „wodospadu”, gdzie strumień glazury opada na płytki. Inne metody polegają na rozpylaniu szkliwa lub wykorzystują metodę sitodruku, gdzie szkliwo przepuszcza się przez sito za pomocą gumowego wałka lub innego urządzenia. Istnieje metoda szkliwienia ceramiki na sucho. Polega na nakładaniu proszku szkliwiącego na

mokrą powierzchnię płytek. Podczas wypalania cząstki szkliwa łączą się ze sobą i tworzą powierzchnię podobną do granitu.

4.6. Wypalanie

Po zeszkliwieniu ceramicznych posadzek, następnie wypala się je w piecu. Niektóre płytki muszą być wypalane dwukrotnie. W przypadku płytek, których materiał był mieszany na mokro, stosuje się jednokrotne wypalanie w temperaturze ok. 1100°C. Natomiast płytki ściennie oraz mieszane na sucho, wypalane są dwuetapowo.

Płytki ściennie i wymieszane na sucho wypala się już przed szkliwieniem w niższej temperaturze. Pierwszy etap wypalania ma na celu usunąć wilgoć i ewentualne powstałe skurcze. Wypalanie odbywa się w tunelu lub w sposób ciągły w piecu. Produkty przemieszczane są wolno na przenośnikach ogniotrwałych lub w specjalnych pojemnikach. Wypalanie w piecu tunelowym może trwać od dwóch do trzech dni, zachodzi w temperaturze około 1300°C.

Płytki, których materiał był mieszany na sucho, wypala się w piecach rolkowych. Czas wypalania posadzek w tego typ piecach wynosi 60 minut, a temperatura procesu wynosi 1150°C. Po etapie wypalania, płytki poddawane są badaniom, a następnie pakowane.

4.7. Produkty uboczne

Podczas poszczególnych etapów wytwarzania płytek ceramicznych generowane są różne zanieczyszczenia. Emisje zanieczyszczeń muszą być kontrolowane w celu spełnienia określonych standardów. Podczas produkcji wydzielają się związki fluoru i ołowiu oraz inne odpady. Emisja tych substancji chemicznych jest stale minimalizowana, a ścieki lub osady powstałe podczas mielenia, szkliwienia i suszenia rozpyłowego poddawać należy recyklingowi i utylizacji.

4.8. Kontrola jakości

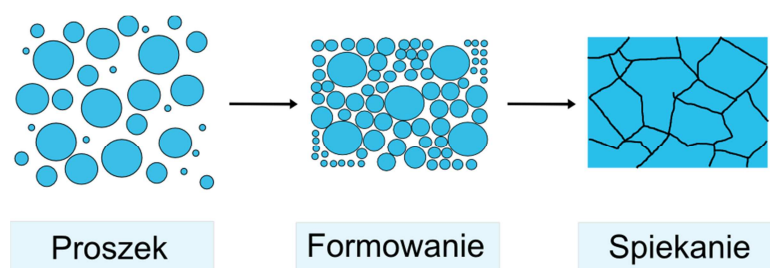
Większość producentów płytek używa systemu Statystycznego Sterowania Procesem (SPC) na każdym etapie procesu produkcyjnego. Statystyczna kontrola procesu polega na monitorowaniu różnych parametrów przetwarzania, takich jak: rozmiar cząstek, czas frezowania, temperatura i czas suszenia, ciśnienie pod jakim wykonywane jest prasowanie, wymiary, temperatury wypalania.

Produkt końcowy musi spełniać określone wymagania dotyczące własności fizycznych i chemicznych, które są określane za pomocą odpowiednich standardów. Dlatego też mierzy się wytrzymałość mechaniczną, odporność na ścieranie, odporność na środki chemiczne, absorpcję wody, stabilność wymiarową, odporność na zmiany temperatury oraz współczynnik rozszerzalności liniowej i cieplnej. Problem stanowi określenie odporności na poślizg, ponieważ zależy od wielu warunków użytkowych [7,8].

4.9. Zmiany zachodzące w strukturze w trakcie procesu ceramicznego

Podczas procesu wytwarzania kafelki, istotny wpływ na końcową strukturę mają poszczególne parametry procesu (rys. 3). Są to między innymi wielkość proszku i siła nacisku użyta do formowania wyrobu. Im mniejsze ziarno, tym lepsze własności wytrzymałościowe kafelki i dokładniejszy spiek. Mniejsze prawdopodobieństwo przełamania płytki w dalszych procesach wytwarzania oraz podczas użytkowania. Przy zbyt grubym ziarnie lub przy zbyt małej sile

nacisku podczas formowania, mogą powstać luki wielkości małego ziarna, powodujące po spieczeniu materiału pustki i obniżenie wytrzymałości materiału, a także podwyższenie podatności na kruche pęknięcie. Innymi ważnymi czynnikami mającymi wpływ na strukturę jest czas i temperatura spiekania oraz dobór najlepszego ośrodka ciepła. Uformowana kafelka nie może być za krótko spiekana, ponieważ nadmiar wody może nie zdążyć odparować w efekcie czego, produkt nie będzie posiadał odpowiedniej twardości. Na strukturę wpływa także czas oraz sposób chłodzenia kafelki po procesie wypalania. Czynniki te są zależne od ośrodka grzania.



Rysunek 3. Schemat przedstawiający zmiany które zachodzą w strukturze w trakcie procesu ceramicznego

Figure 3. Scheme showing changes that occur in the structure during the ceramic process

W celu określenia najlepszego procesu technologicznego, pierwszą serię bądź pewną ilość prototypów we wstępnej fazie kontroli jakości należy przetestować. Badaniu zostają poddane cechy geometryczne oraz własności. Stosowane są normatywy techniczne, opisujące konkretne ustalenia dotyczące produkcji oraz dodatkowo badania materiałów ceramicznych.

Po określeniu wyjściowych parametrów całej serii płytek, należy je specjalnie oznaczyć (w formie graficznej – zgodnie z przepisami Unii Europejskiej). Zadaniem symboli jest informacja dla przyszłego odbiorcy (tab. 2).

Tablica 2. Symbole graficzne stosowane do oznaczenia płytek ceramicznych [9]

Table 2. Graphical symbols used to mark ceramic tiles [9]

Symbol graficzny	Znaczenie symbolu	Symbol graficzny	Znaczenie symbolu	Symbol graficzny	Znaczenie symbolu
	Płytki przeznaczone do zastosowania na podłogi		Wytrzymałość na zginanie / siła łamiąca		Płytki ceramiczne do stosowania na ścianach
	Odporność na poślizg		Odporność na ścierania płytki szkliwionej (klasa 4)		Odporność na szok termiczny
	Mrozoodporna płytka		Przyczepność		Reakcja na ogień

5. OPIS ZDJĘĆ I BADAŃ

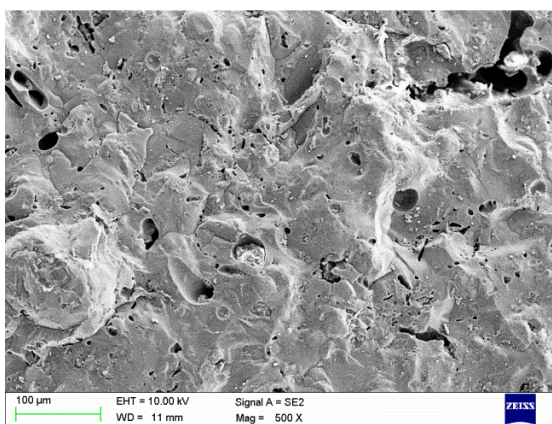
Dzięki znajomości struktury materiału można otrzymać wiele informacji warunkujących jego własności fizyczne, chemiczne, użytkowe itp. W ramach porównania różnych typów płytek, wykonano zdjęcia za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego SUPRA 35 firmy ZEISS (SEM). Badaniom poddano próbki¹:

- a. gresu technicznego (matowego) stosowanego na zewnątrz i wewnątrz budynków,
- b. płytki ściennej, szklionej z połyskiem składającej się z jaśniejszej masy ceramicznej, stosowanej wewnątrz budynków,
- c. płytki podłogowej (bez polerowania) składającej się z jaśniejszej masy ceramicznej, stosowanej wewnątrz budynków.

Próbki we wstępnej preparatyce przycięto i uzyskano przełomy kafelek. Następnie próbki pokryto warstwą srebra, której zadaniem było odprowadzenie ładunków elektrycznych z powierzchni podczas badań na SEM.

Gres techniczny charakteryzuje się bardzo dużą twardością i wysoką odpornością na zmiany temperatur (poniżej 0°C). Twardość płytki uwarunkowana jest głównie poprzez właściwy skład. Płytkę ta składa się z mieszaniny gliny, kaolinu, piasku kwarcowego, skalenia i szamotu. Gresy techniczne rzadko są szklione. Twardość materiału jest wystarczająco wysoka, a po ewentualnym zniszczeniu gres "bezpiecznie" kruszy się nie powodując pęknięcia całej płytki.

W strukturze widać pory powstałe podczas procesu produkcyjnego (rys. 4). Ziarna na zdjęciach strukturalnych są podobnych rozmiarów. Ma to pozytywny wpływ na twardość i wytrzymałość na pęknięcie. Wadą takiej struktury może być utrudniony montaż.

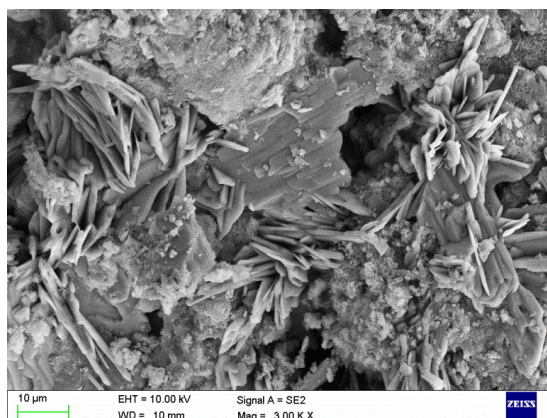


Rysunek 4. Gres techniczny – matowy, stosowany na zewnątrz i wewnątrz budynków
Figure 4. Technical Gres – matt, used on the outside and inside buildings

Płytkę podłogową składa się z jasnej masy ceramicznej, której nie poddano polerowaniu. Płytkowe wydzielania krzemu świadczą o wysokiej twardości porównywalnej z gresem technicznym (rys. 5). Przymuszczenie są one wynikiem mało efektywnego zmielenia podczas przygotowania mas ceramicznych. Uzyskano strukturę rozbudowaną w elementy małe (sprasowane) jak i większe (wprasowane w mniejsze cząstki). Pory występują w średniej ilości. Płytki o występującej chropowatości powinny być pokrywane szklivem. Płytki produkowane

¹ Próbki płytek uzyskano dzięki uprzejmości "Art Ceramika", przy ulicy Kujawskiej 100 w Gliwicach oraz sklepu "Castorama", ulica Obwodnica 16 w Tarnowskich Górach.

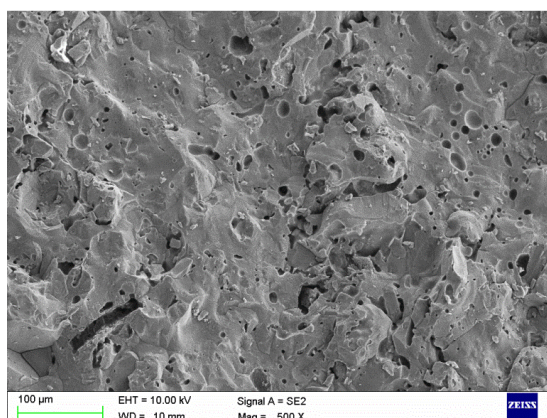
są w większych gabarytach. Stosowane są w miejscach, gdzie nacisk na płytkę jest bardzo duży, a śliska powierzchnia nie jest pożądana. Walory estetyczne nie są tak istotne jak w pozostałych przypadkach. Płytkę tę znajduje zastosowanie w budynkach użyteczności publicznej, wszelkiego rodzaju urzędach, elementach korytarzy, większych toaletach.



Rysunek 5. Płytkę podłogową (bez polerowania), składającą się z jaśniejszej masy ceramicznej, stosowana wewnątrz budynku

Figure 5. Floor tile (without polishing), consisting of a lighter ceramic mass, the used inside the building

Płytkę ścienną składającą się z jasnej masy ceramicznej oraz szkliwa polerowanego. W porównaniu do innych płytek jej grubość jest mniejsza. Własność ta może przekładać się na twardość oraz wytrzymałość na pęknięcie, zginanie i ściskanie. Płytkę ścienną posiada liczne (w tym podłużne) pory powstałe przy produkcji, które znacznie polepszają przyczepność do pionowej powierzchni (rys. 6). Przejawiającą się wadą tego produktu jest bardzo wysoka kruchość. Zadaniem szkliwa jest ochrona płytki przed nasiąkliwością, która przy takich pustkach byłaby bardzo wysoka. Połysk szkliwa jest wynikiem własności estetycznych. Efekt ten jest zagwarantowany poprzez odpowiedni dobór składników głównych i dodatków (tlenków metali).



Rysunek 6. Płytkę ścienną, szklwioną z połyskiem, składającą się z jaśniejszej masy ceramicznej, stosowana wewnątrz budynku

Figure 6. Wall tile, glazed with polished, consisting of the lighter ceramic mass, the used inside the building

6. PODSUMOWANIE

Wyróżnia się płytki ceramiczne podłogowe i ściennie, stosowane na zewnątrz i mrozoodporne, szkliwione, polerowane bądź składające się wyłącznie z masy ceramicznej. Jest to element prawie każdego budynku mieszkalnego czy użyteczności publicznej. Charakteryzuje się wieloma zaletami, takimi jak:

- duża przyczepność do podłoża (w porównaniu do innych metod kładzenia posadzki),
- łatwość czyszczenia,
- wysoka estetyka,
- mały ciężar właściwy,
- łatwość montażu,
- wysoka twardość,
- mrozoodporność,
- odporność na czynniki chemiczne oraz ogień,
- odporność na korozję mikrobiologiczną,
- wysoka antypoślizgowość (przy zwiększeniu porowatości powierzchni),
- odporność na ściskanie i zginanie,
- niska chłonność wody,
- odporność na szoki cieplne.

Wadę płytek ceramicznych stanowi wysoka podatność na kruszenie, a przy skomplikowanych kształtach bądź powierzchniach cały proces technologiczny ulega zmianie co skutkuje podwyższoną ceną sprzedaży. Przy ewentualnym zniszczeniu demontaż jest bardzo trudny, a klejenie niezbyt estetyczne, szczególnie w miejscach bardzo widocznych. Płytki ceramiczne, szczególnie bezfugowe, to idealne rozwiązanie do łazienki, kuchni, miejsca gdzie występuje duży nacisk na m². Pomimo drobnych wad produktu, można wysunąć wnioski, że płytki ceramiczne są dobrym i wytrzymałym materiałem inżynierskim.

Niniejszy artykuł miał na celu przedstawienie składowych elementów płytki ceramicznej, jakie kryteria należy brać pod uwagę przy doborze składu chemicznego oraz jak poszczególne czynniki wpływają na gotowy produkt. Proces technologiczny kafelek ceramicznych został szczegółowo opisany wraz z użytymi maszynami i obszernymi schematami.

BIBLIOGRAFIA

1. Polska Norma PN-EN 14411:2013. Płytki ceramiczne. Definicje, klasyfikacja, charakterystyki, ocena zgodności i znakowanie, kwiecień, 2013.
2. Z. Wolski, Roboty podłogowe i okładzinowe, Wydanie IV, WSiP, Warszawa, 1998.
3. J. Popczyk, Śliskość. Zasady doboru posadzek, Wydawnictwo ITB, Warszawa, 2011.
4. strona internetowa: <http://www.technologie-budowlane.com> [stan z dnia 20.11.2014 r.].
5. strona internetowa: <http://www.sibelco.de> [stan z dnia 05.12.2014 r.].
6. strona internetowa: <http://www.cercom.info> [stan z dnia 11.12.2014 r.].
7. strona internetowa: <http://www.madehow.com> [stan z dnia 16.01.2015 r.].
8. G. Matula, Wykład: Materiały ceramiczne, [stan z dnia 16.12.2014 r.].
9. strona internetowa: <http://www.inzynierbudownictwa.pl> [stan z dnia 20.02.2014 r.].