

Opracowanie farb ceramicznych zapewniających tworzenie wielowarstwowych powłok z przestrzeni barwnej CMYK

MGR INŻ. BARBARA SYNOWIEC, MGR INŻ. ANNA KARAS, MGR INŻ. ROMAN GEBEL
INSTYTUT CERAMIKI I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH W WARSZAWIE

Paleta barw CMYK została opracowana na potrzeby przemysłu poligraficznego. Zestaw podstawowych czterech barw farb drukarskich – Cyan, Magenta, Yellow, Black (niebieskozielona, purpurowa, żółta, czarna) – tworzy model barwny wykorzystywany w programach graficznych. Model CMYK (subtraktywny) oparty jest na właściwości tych barw do absorbowania światła.

Światło trafiające na półprzezroczyste farby jest częściowo przez nie absorbowane, częściowo jednak odbija się trafiając do oka obserwatora. Teoretycznie za pomocą zmieszania czystych barw CMY (Cyan, Magenta, Yellow) można uzyskać czerń, jednak w praktyce otrzymuje się kolor z odcieniem błotnisto-brązowym, ponieważ każda farba drukarska ma pewne niedoskonałości. Dlatego też rozbudowano model CMY o czwartą składową – czystą czarną barwę K (ang. black; litery „K” użyto zamiast „B”, aby uniknąć pomyłek z niebieskim Blue w addytywnym modelu RGB).

Łączenie tych barw w celu otrzymania wielobarwnych obrazów zwane jest drukowaniem czterokolorowym, często również triadowym. Drukarki kolorowe pracują głównie w trybie CMYK, i to właśnie te barwy są podstawowymi barwami wykorzystywanymi w druku. Każdy piksel obrazka w trybie CMYK opisany jest składowymi reprezentującymi procent nasycenia czterech kolorów farb. Brak nasycenia (0%) farby oznacza barwę papieru (standardowo biel). W programach komputerowych barwy modelu CMYK opisane są liczbami od 0 do 255 każda i oznaczają nasycenie piksela drukowanego na papierze. [1] [2].

Nie istnieje jednolity system definiowania kolorów z natury za pośrednictwem kolorów CMYK, można dokonywać tylko ogólnych uproszczeń. Pewnego zakresu barw nie da się w ogóle uzyskać z powodów ograniczonej przestrzeni CMYK. Rozwinięciem palety barw CMYK jest CMYKOG. Urządzenia drukujące, bazujące na tym modelu kolorów, opierają się bezpośrednio na CMYK, jednak zostały one rozszerzone o możliwość na-

niesienia barwy pomarańczowej oraz zielonej. [2]

Stosowane dotychczas różne techniki dekorowania ceramiki spełniają wymagania większości odbiorców-użytkowników, mimo to nadal poszukuje się nowych rozwiązań – zarówno w zakresie techniki, jak i technologii produkcji. Motorem tych działań jest przede wszystkim rozwijająca się konkurencja, gdyż celem każdego przedsiębiorcy jest wytwarzanie produktów najwyższej jakości przy minimalnych kosztach.

Zagadnienie zdobienia ceramiki przy zastosowaniu druku czterokolorowego jest trudne do realizacji z powodu odmiennych

Barbara Synowiec



Technolog materiałowy, zastępca kierownika Zakładu Doświadczalnego Środków Zdobniczych ICiMB w Warszawie i kierownik Sekcji Produkcji Pigmentów, Fryt i Szkliv. Specjalizuje się w technologii produkcji

środków zdobniczych dla przemysłu ceramicznego i szklarskiego.

b.synowiec@icimb.pl

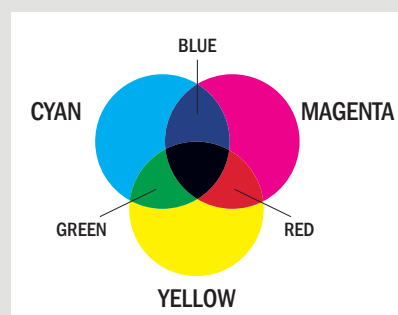
STRESZCZENIE

Realizacja projektu wymagała: opracowania serii topników nie zawierających związków ołowiu, wykonania pomiarów współczynnika rozszerzalności cieplnej, określenia charakterystycznych punktów topliwości, odporności chemicznej i jakości wypalanej powierzchni topnika. Wytworzono serię farb na bazie jednego wytypowanego topnika i pigmentów. Przeprowadzono badania parametrów barwy, jakości powierzchni i odporności chemicznej topnika i farb. W dalszej kolejności wykonano wydruki wielobarwnego wzoru i oceniono go pod kątem jakości powierzchni oraz uzyskanych odcieni.

SUMMARY

Developing ceramic paints that would enable creation of multilayer coatings using the CMYK colour model

The project involved developing a series of lead-free fluxes, analysing their thermal expansion coefficient and identifying their characteristic melting points, chemical resistance and the quality of the fired flux surface. A range of ceramic paints was developed on the basis of the selected flux and pigments. Further research involved analysing colour parameters and chemical resistance. Finally colourful patterns were printed out and assessed with regards to the quality of the surface and the obtained colours and their shades.



Fot. 1. Subtraktywny sposób łączenia barw [2]

SŁOWA KLUCZOWE

topnik ceramiczny, farba ceramiczna, triada, CMYK

KEYWORDS

flux ceramic, paint ceramic, triad, CMYK

właściwości barwnych pigmentów organicznych, zawartych w farbách poligraficznych i syntetycznych pigmentów nieorganicznych, zawartych w farbách ceramicznych. Farby poligraficzne są co najmniej półtransparentne w przeciwieństwie do farb ceramicznych, które są silnie kryjące i charakteryzują się mniejszą intensywnością barwy.

Powodem, dla którego podjęto się tego zadania, jest zainteresowanie zakładów ceramicznych oraz firm produkujących kalkę ceramiczną innowacyjnymi rozwiązaniami obniżającymi koszty produkcji. Kilkanaście farb nakładanych obok siebie można zastąpić czterema farbami ceramicznymi. Daje to efekt wielobarwnego obrazu, z możliwością uzyskania wymaganych odcieni. Technologia druku czterokolorowego ułatwia gospodarkę farbami i ogranicza ilość stosowanych sit oraz zmniejsza ilość szkodliwych ścieków wytwarzanych w procesie regeneracji sit, co w efekcie obniża koszty produkcji.

1. MATERIAŁY

W ramach prowadzonych prac badawczych opracowano cztery topniki ceramiczne zawierające 35-50% mas. SiO_2 , 12-23% mas. B_2O_3 , 10-15% mas. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$, 0-24% ZnO , 0-10% mas. BaO oraz 0-5% Al_2O_3 , CaO , ZrO_2 , TiO_2 . Topniki wytopiono w tyglach alundowych w warunkach laboratoryjnych, a otrzymany stop wylewano do wody. Surowce zastosowane do wytopu topników ceramicznych i farb ceramicznych były surowcami o czystości technicznej.

Topniki poddano badaniom: topliwości, liniowego współczynnika rozszerzalności cieplnej, odporności chemicznej oraz ocenie wizualnej. Na ich podstawie wytypowano jeden topnik o optymalnych właściwościach i zastosowano go jako bazę do triadowych farb naszkliwnych wypalanych w zakresie temperatur 850-900°C. Do wytworzenia farb wykorzystywano pigmenty ceramiczne o różnych strukturach. Do wytworzenia farb żółtych (Yellow) stosowano pigmenty inkluzyjne: krzemian cyrkonu z wbudowanym w strukturę siarczkiem kadmu, pochodzący od różnych producentów oraz pigment cyrkonowo-prazedydymowy. Do wytworzenia farb niebieskich (Cyan) użyto pigmentów cyrkonowo-wanadowych oraz pigmentów opartych na zielonym spinelu chromowo-kobaltowym, niebieskim spinelu kobaltowo-cynkowo-glinowym lub na niebieskozielonym spinelu kobaltowo-chromowym i ich mieszanin. Farby typu Magenta oparto na purpurze Kasjusza z dodatkiem srebra i na czerwonych pigmentach inkluzyjnych: krzemian cyrkonu z wbudowanym w strukturę seleno-siarczkiem kadmu. Do farby czarnej zastosowano czarny pigment spinelowy kobaltowo-żelazowo-chromowy.

2. METODYKA BADAŃ

Stosowane w technologii farb naszkliwnych metody badawcze dotyczące parametrów topników i farb, dzielą się na wykonywane bezpośrednio na tych materiałach oraz na metody badania właściwości wypalonych powierzchni farbowych uzyskanych z ich udziałem.

Do pierwszej grupy metod należą:

- metoda pastylkowa badania przebiegu procesu topliwości, stosowana przede wszystkim dla topników i farb, jako parametr kontrolny powtarzalności ich wytwarzania,
- dylatometryczne wyznaczanie współczynnika rozszerzalności cieplnej (WRC).

Druga grupa metod wymaga uprzedniego przygotowania powierzchni przez sporządzenie wydruków wypalanych w odpowiedniej temperaturze. Do tej grupy należą:

- badanie parametrów barwy farb,
- badanie odporności chemicznej farb,
- badanie odporności termicznej farb,
- ocena wizualna.

Dla wykonywania tych badań są niezbędne powtarzalne warunki

sporządzania wydruków, a następnie zachowanie powtarzalności warunków procesu wypalania.

2.1. BADANIE PRZEBIEGU PROCESU TOPLIWOŚCI TOPNIKÓW I FARB

Badanie prowadzi się bezpośrednio z materiałów w automatycznym urządzeniu typu PR-37/1300K, składającym się z pieca rurowego i kamery z układem filtrów do obserwacji wsadu wewnątrz pieca i ciągłej rejestracji zmian zachodzących w trakcie ogrzewania próbki.

Badanie polega na umieszczeniu w urządzeniu typu PR-37/1300K próbki uformowanej w kształcie walca o średnicy i wysokości wynoszącej po 3 mm, a następnie ogrzewaniu jej ze ściśle określoną prędkością i rejestracji za pośrednictwem kamery na ekranie monitora zmian kształtu próbki w miarę wzrostu temperatury.

W procesie topienia zostają wyznaczone następujące punkty charakterystyczne:

- temperatura mięknięcia (punkt rogów),
- temperatura beczki,
- temperatura kuli,
- temperatura topnienia (punkt półkuli),
- temperatura płynięcia (rozplływ).

Możliwość odtworzenia zarejestrowanych obrazów pozwala na dokładną analizę przebiegu procesu topienia każdej próbki i wyznaczenie charakterystycznych punktów.

2.2. WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA ROZSZERZALNOŚCI CIEPLNEJ

Wyznaczenie liniowego współczynnika rozszerzalności cieplnej WRC polega na ogrzewaniu belki wykonanej z topnika (wymary belki 5 × 5 × 54 mm) ze stałą szybkością i rejestrowaniu zmian wymiarów liniowych belki w funkcji temperatury.

Do pomiarów wykorzystuje się dylatometr firmy Netzach EP 402. Dla topników i farb ceramicznych pomiary wykonuje się w zakresie temperatur 25÷400°C.

2.3. OZNACZANIE PARAMETRÓW BARWY.

Farby naniesione na podłoże ceramiczne metodą sitodruku bezpośredniego i wypalone w odpowiedniej temperaturze, poddawane są oznaczeniu parametrów barwy przy użyciu spektrofotometru LabScan XE firmy HunterLab o geometrii 45°/0, w oświetleniu D_{65} , w warunkach obserwacji 10°. Określone są następujące wartości:

- L^* – jasność barwy (zmienia się od 100 do 0 od barwy białej do czarnej),
- a^* – barwa czerwień-zielęń (dodatnie wartości współrzędnej a^* określają udział barwy czerwonej, ujemne – zielonej),
- b^* – barwa żółta-niebieska (dodatnie wartości współrzędnej b^* określają udział barwy żółtej, ujemne – niebieskiej),
- ΔE^* – różnica barwy pomiędzy próbka badana i wzorcową.

Z praktyki laboratoryjnej wynika, że dla większości próbek o pomijalnej różnicy w barwie, parametr ΔE^* powinien być mniejszy od 2. [3]

2.4. BADANIE ODPORNOŚCI CHEMICZNEJ TOPNIKÓW

Do badań odporności chemicznej (kwasoodporności), używano 4% obj. roztworu kwasu octowego. W przypadku materiałów ceramicznych jest to aktualnie przypisany symulant żywności, reprezentujący żywność kwasową – najbardziej agresywną w stosunku do ceramiki – powszechnie stosowany w normach europejskich i polskich.

Płaską część talerza, do krawędzi skrzydła, zalewano roztworem kwasu octowego i pozostawiano pod przykryciem na 24h.

Po zlaniu kwasu oceniano wizualnie – w świetle lampy światła dziennego – powierzchnię farby/topnika pokrytą uprzednio kwasem, porównując barwę i połysk z częścią pozostającą na skrzydle talerza.

Brak różnic w ocenie powierzchni farby/topnika świadczy o odporności chemicznej na działanie 4% obj. kwasu octowego.

2.5. BADANIA ODPORNOŚCI TERMICZNEJ FARB

Badania odporności termicznej farb polegają na naniesieniu farb metodą sitodruku bezpośredniego na płytki ceramiczne pokryte białym szkliwem lub – w przypadku porcelany – za pośrednictwem kalki, a następnie wypalaniu farby w warunkach brzegowych, tj. w temperaturze 850°C i 900°C w czasie 55 minut/10 minut w strefie maksymalnej temperatury dla płytek ceramicznych, a dla porcelany 850°C i 900°C w czasie 360 minut/15 minut przetrzymania w maksymalnej temperaturze.

Powierzchnie farbowe po wypalaniu należy poddać ocenie wizualnej oraz pomiarom parametrów barwy. Należy ocenić różnice pomiędzy powierzchnią farbową wypaloną w warunkach brzegowych zarówno pod względem jakości powierzchni, jak i parametrów barwy.

2.6. OCENA WIZUALNA WYDRUKÓW FARB PO WYPALENIU

Farby naniesione na podłoże ceramiczne metodą sitodruku bezpośredniego lub za pośrednictwem kalki i wypalone w odpowiedniej temperaturze, poddawane są ocenie wizualnej. Jakość wypalanej powierzchni farbowej oceniano pod względem:

- wybłyszczenia powierzchni farbowej,
- obecności wad typu pęknięcia włosowate, nakłucia, niejednorodności barwy itp.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1 WYNIKI BADAŃ TOPNIKÓW

Opracowane i wytopione topniki zmielono wstępnie w porcelanowym młynku kulowym a następnie w laboratoryjnym młynku wibracyjnym typu Boulton, do uziarnienia wyrażonego wartością średnicy zastępczej D(v,0,9) poniżej 15 mikronów. Wytworzone topniki poddano badaniom odporności chemicznej i ocenie wizualnej pod kątem wybłyszczenia, obecności pęknięć włosowatych, niejednorodności itp. Dokonano pomiaru współczynnika rozszerzalności cieplnej, wyznaczono temperatury charakterystycznych punktów topliwości.

Na podstawie uzyskanych wyników odporności chemicznej i wybłyszczenia powierzchni topnika jako bazę do wytwarzania farb,

Tabela 1. Wyniki pomiarów parametrów procesu topliwości bezołowiowych topników

Symbol topnika	Temperatury punktów charakterystycznych				
	Temp. punktu rogów (°C)	Temp. punktu beczki (°C)	Temp. punktu kuli (°C)	Temp. punktu półkuli (°C)	Temp. punktu rozplwy (°C)
Topnik A	670	690	720	780	820
Topnik B	580	600	625	685	715
Topnik C	681	710	NIE TWORZY SIĘ	760	815
Topnik D	616	634	671	725	764

Tabela 2. Wyniki oceny wizualnej topników bezołowiowych nałożonych na porcelanę i wypalonych w 855°C i 905°C w czasie 360 minut, przetrzymania w maksymalnej temperaturze 15 minut w piecu laboratoryjnym PK/1600

Symbol topnika	Obecność siatki spękań włosowatych	Wybłyszczenie (temp. wypalania 850°C/360/15)	Wybłyszczenie (temp. wypalania 900°C/360/15)	Inne wady
Topnik A	BRAK	Słabe wybłyszczenie	Wybłyszczona	BRAK
Topnik B	BRAK	Bardzo dobrze wybłyszczona	Bardzo dobrze wybłyszczona	BRAK
Topnik C	BRAK	Wybłyszczona	Wybłyszczona	BRAK
Topnik D	BRAK	Bardzo dobrze wybłyszczona	Bardzo dobrze wybłyszczona	BRAK

Tabela 3. Zestawienie odporności chemicznej bezołowiowych topników wypalonych w 875°C/360/15 w piecu laboratoryjnym PK/1600

Symbol topnika	Klasa odporności na działanie 4% kwasu octowego
Topnik A	W miejscu działania kwasu brak połysku
Topnik B	W miejscu działania kwasu bardzo wyraźny brak połysku
Topnik C	W miejscu działania kwasu połysk bez zmian
Topnik D	W miejscu działania kwasu połysk bez zmian

Tabela 4. Wyniki pomiarów WRC dla topników w zakresie temperatur 25+400°C

Symbol topnika	WRC x10 ⁷ /0°C w zakresie temperatur (25+400°C)
Topnik A	77,5080
Topnik B	82,3940
Topnik C	78,62100
Topnik D	80,01655

w dalszej pracy zastosowano topnik D, który charakteryzował się dobrą odpornością chemiczną i jednocześnie bardzo dobrym wybłyszczeniem powierzchni w brzegowych warunkach wypalania.

3.2. WYNIKI BADAŃ FARB

Do wytworzenia farb ceramicznych zastosowano topnik D oraz pigmenty opisane w pkt 2.

Receptury zawarto w tabelach 5 i 6. Wytworzone farby naniesiono na białe płytki ceramiczne za pomocą sitodruku bezpośredniego i wypalano w laboratoryjnym piecu rolkowym w temperaturze 850°C, 875°C, 900°C w czasie 55/10 minut. Wszystkie uzyskane powierzchnie były wybłyszczone i nie zaobserwowano wad.

Przeprowadzono pomiary parametrów barwy uzyskanych powierzchni farbowych wg metody opisanej w pkt 3.3, a wyniki zamieszczono w tabeli 7. Na fot. 2 zamieszczono również zeskanowane obrazy powierzchni farbowych.



Fot. 2. Zeskanowane obrazy powierzchni farb naniesionych na płytki ceramiczne i wypalonych, 875°C w czasie 55 minut

Dokonując oceny wizualnej wytworzonych farb stwierdzono, że wszystkie powierzchnie farbowe były dobrze wybłyszczone i pozbawione wad. Farby wykazywały bardzo dobrą odporność termiczną (metoda opisana w pkt 3.6), o czym świadczy wartość ΔE^* poniżej 2. Tylko farby z serii Magenta oparte na purpurze Kasjusza wykazywały zmniejszanie się wartości składowej barwy b^* wraz ze wzrostem temperatury wypalania, i różnica barwy farb PRP-84 i PRP-85 wypalonych w temperaturze 850°C i 900°C była zauważalna w ocenie wizualnej.

Opierając się o analizę wyników badań wypalonych powierzchni farbowych nadrukowanych na płytki ceramiczne, wytypowano jedną farbę żółtą (Yellow) symbolu MS-J5; jedną farbę czarną (Black) MS-Cz2. W przypadku farby Cyan wybrano dwie farby zielono-niebieskie (najbardziej ujemna wartość zarówno parametru a^* jak i b^*) i dwie czerwone (Magenta) oparte na purpurze Kasjusza. Czerwień z użyciem inkluzyjnych pigmentów selenowo-kadmowych charakteryzowały się słabym kryciem i zostały wyeliminowane z dalszych badań. Na podstawie uzyskanych wyników badań parametrów barwy

Tabela 5. Receptury farb

Nazwa składnika	Zawartość składnika [%]						
	MS-N1	MS-N2	MS-N3	MS-N11	MS-N13	MS-14	MS-CZ2
Topnik D	92,0	92,0	92,0	85,0	88,0	75,0	80,0
Pigment niebieski spinel kobaltowo-cynkowo-glinowy	8,0	-	-	-	5,2	-	-
Pigment niebieski spinel kobaltowo-chromowy	-	8,0	-	-	1,6	-	-
Pigment zielony spinel kobaltowo-chromowy	-	-	8,0	-	5,2	-	-
Pigment cyrkonowo-wanadowy	-	-	-	-	-	25,0	-
Pigment zielono-niebieski spinel chromowo-kobaltowy	-	-	-	15,0	-	-	-
Spinel kobaltowo-żelazowo-chromowy	-	-	-	-	-	-	20,0

Tabela 6. Receptury farb

Nazwa składnika	Zawartość składnika [%]						
	MS-R1	MS-R2	PRP-84	PRP-85	MS-J1	MS-J2	MS-J5
Topnik D	70,0	70,0	80,0	80,0	70,0	70,0	75,0
Pigment inkluzyjny krzemian cyrkonu z wbudowanym w strukturę selenkiem siarczkiem kadmu 1	30,0	-	-	-	-	-	-
Pigment inkluzyjny krzemian cyrkonu z wbudowanym w strukturę selenkiem siarczkiem kadmu 2	-	30,0	-	-	-	-	-
Pigment inkluzyjny krzemian cyrkonu z wbudowanym w strukturę siarczkiem kadmu 1	-	-	-	-	-	-	25,0
Pigment inkluzyjny krzemian cyrkonu z wbudowanym w strukturę siarczkiem kadmu 2	-	-	-	-	30,0	-	-
Purpura Kasjusza 1	-	-	20,0	-	-	-	-
Purpura Kasjusza 2	-	-	-	20,0	-	-	-
Pigment cyrkonowo-prazeodymowy	-	-	-	-	-	30,0	-

i oceny wizualnej powierzchni farbowej do druku czterokolorowego na płytkę ceramiczną wytypowano farby oznaczone symbolami MS-J5, MS-N13, MS-N14, PRP-84, MS-Cz2.

Do badań na podłożu porcelanowym wytypowano farby oznaczone symbolami MS-J5, MS-N13, MS-N14, PRP-84, PRP-85, MS-Cz2. Farby naniesiono na porcelanę za pośrednictwem kalki ceramicznej i wypalono w piecu laboratoryjnym w temperaturach 850°C, 875°C i 900°C w czasie 360 minut z przetrzymaniem 15 minut w maksymalnej temperaturze. Próbki farb na porcelanie oceniano wizualnie, poddano badaniom parametrów barwy i odporności chemicznej i termicznej, wyznaczono temperatury charakterystycznych punktów topliwości. Wyniki pomiarów parametrów barwy zamieszczono w tabeli 8.

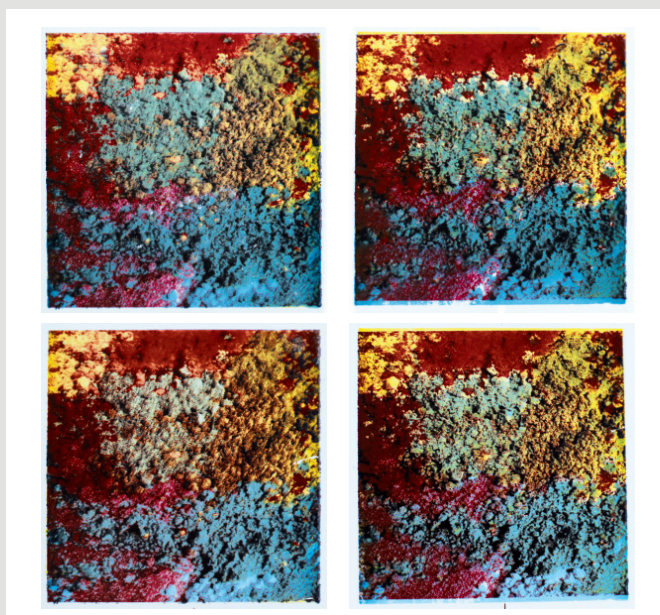
Z użyciem zestawu farb MS-J5, MS-N13, MS-N14, PRP-85, MS-Cz2 wykonano czterokolorowe wydruki na porcelanie.

Po wypaleniu farb na płytkach ceramicznych i porcelanie uzyskano powierzchnie barwne charakteryzujące się dobrym wybliszczaniem w założonych temperaturach i odpornością chemiczną. Uzyskano wielowarstwowy wydruk z wieloma odcieniami. Bardziej intensywne odcienie barwy uzyskano w zestawie farb zawierających cyjan MS-N13 z użyciem mieszaniny pigmentów: zielonego spinelu kobaltowo-chromowego, niebieskiego spinelu kobaltowo-cynkowo-glinowego i zielono-niebieskiego spinelu kobaltowo-chromowego.

Farba MS-14 (oparta na pigmentcie cyrkonowo-wanadowym) daje mniej intensywne odcienie.



Fot. 3. Fotografie badanych farb naniesionych na porcelanę i wypalonych w temperaturze 875°C/360 minut/15 minut



Fot. 4. Zeskanowane obrazy wydruków czterokolorowych na płytkach ceramicznych wypalonych w 875°C/55 minut/10 minut w strefie maksymalnej temperatury, w piecu rolkowym (sito 120T, MS-J5, MS-N13, PRP-84, MS-Cz2; sito 100T, MS-J5, MS-N13, PRP-84, MS-Cz2; sito 120T, MS-J5, MS-N14, PRP-84, MS-Cz2; sito 100T, MS-J5, MS-N14, PRP-84, MS-Cz2)

Zestaw farb bezołowiowych naszkliwnych MS-J5, MS-N13, PRP-84, MS-Cz2 daje zadawalające efekty na płytce ceramicznej, natomiast dla porcelany wytypowano zestaw farb o symbolach MS-J5, MS-N13, PRP-85, MS-Cz2.

PODSUMOWANIE

W ramach prezentowanej pracy:

- opracowano bezołowiowy topnik D, który stanowi dobrą bazę dla bezołowiowych farb naszkliwnych. Opracowany topnik zapewnia dobre wybliszczanie powierzchni farbowej wypalanej w zakresie temperatur 850-900°C, zarówno w piecu rolkowym w czasie 55/10 minut (płytkę ceramiczną), jak i w piecu komorowym

Tabela 7. Wyniki pomiarów parametrów barwy badanych farb naniesionych na płytki ceramiczne i wypalonych 850°C, 875°C, 900°C w czasie 55 minut

Symbol próbki/ temp. wypalania [°C]	Parametry barwy			
	L*	a*	b*	ΔE*
MS-R1/900	59,9	38,96	24,6	1,28
MS-R1/875	59,74	39,06	24,76	1,44
MS-R1/850	60,59	37,91	24,79	0,00
MS-R2/900	56,46	29,94	16,31	1,11
MS-R2/875	56,42	30,13	16,28	1,10
MS-R2/850	56,11	30,23	17,33	0,00
PRP-84/900	41,81	32,00	8,49	10,26
PRP-84/875	42,19	30,81	14,51	4,14
PRP-84/850	42,37	29,51	18,44	0,00
PRP-85/900	41,74	25,95	15,46	5,63
PRP-85/875	42,40	24,29	20,05	1,28
PRP-85/850	42,17	23,39	20,52	0,00
MS-Cz2/900	27,28	-0,66	0,65	1,41
MS-Cz2/875	27,06	-0,61	0,84	0,53
MS-Cz2/850	27,53	-0,82	0,91	0,00
MS-J5/900	86,30	3,05	65,67	1,23
MS-J5/875	85,82	3,41	65,65	0,98
MS-J5/850	85,69	3,57	66,60	0,00
MS-J2/900	89,26	-6,84	56,45	2,39
MS-J2/875	89,19	-6,90	55,54	1,48
MS-J2/850	88,98	-6,84	54,08	0,00
MS-J1/900	86,48	3,03	62,48	0,67
MS-J1/875	85,91	3,48	62,70	0,17
MS-J1/850	85,90	3,33	62,63	0,00
MS-N14/900	70,10	-18,70	-24,65	2,81
MS-N14/875	68,60	-19,18	-25,22	0,68
MS-N14/850	68,97	-18,69	-24,67	0,00
MS-N13/900	63,01	-16,29	-16,58	1,69
MS-N13/875	62,21	-16,80	-16,94	0,10
MS-N13/850	61,97	-17,00	-16,91	0,00
MS-N11/900	61,16	-21,69	-15,89	0,70
MS-N11/875	60,83	-21,99	-16,46	0,46
MS-N11/850	61,24	-21,81	-16,57	0,00
MS-N3/900	62,62	-21,38	-6,68	0,16
MS-N3/875	64,13	-20,52	-6,55	0,73
MS-N3/850	62,81	-21,31	-6,84	0,00
MS-N2/900	71,62	3,31	-22,08	1,03
MS-N2/875	71,61	3,11	-22,77	0,60
MS-N2/850	70,89	2,73	-23,37	0,00
MS-N1/900	78,95	-3,18	-15,42	0,92
MS-N1/875	78,04	-3,71	-17,54	0,69
MS-N1/850	77,78	-4,44	-18,02	0,00

Tabela 9. Wyniki pomiarów parametrów procesu topliwosci bezołowiowych farb

Symbol farby	Temperatury punktów charakterystycznych				
	Temp. punktu rogów [°C]	Temp. punktu boczki [°C]	Temp. punktu kuli [°C]	Temp. punktu półkuli [°C]	Temp. punktu rozplywu [°C]
MS-J5	635	652	698	754	817
MS-N13	633	658	706	754	820
MS-N14	636	665	710	756	826
MS-Cz2	640	665	710	755	800
PRP-84	648	699	760	809	838
PRP-85	656	701	765	814	846

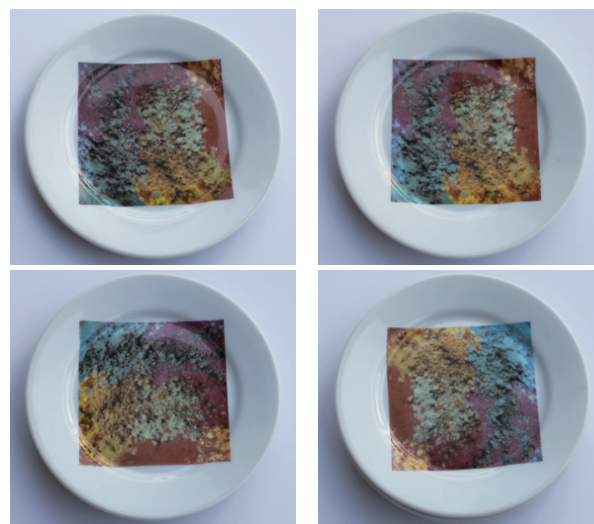
w czasie 360 minut z przetrzymaniem w maksymalnej temperaturze 15 minut (porcelana). Wykazuje również dobrą odporność chemiczną, co jest szczególnie istotne w przypadku porcelany. Odpowiednia wartość WRC topnika zapewnia uzyskanie powierzchni farbowej bez pęknięć włosowatych.

• na bazie wytypowanego topnika wykonano farby z wykorzystaniem pigmentów ceramicznych o różnych strukturach. Na podstawie oceny wizualnej i pomiarów parametrów barwy wytypowano farby do druku czterokolorowego.

Po wydrukowaniu w systemie czterokolorowym i wypaleniu

Tabela 8. Wyniki pomiarów parametrów barwy badanych farb naniesionych na porcelane i wypalonych 850°C/360 minut/15 minut, 875°C/360 minut/15 minut, 900°C/360 minut/15 minut

Symbol próbki/ temp. wypalania [°C]	Parametry barwy			
	L*	a*	b*	ΔE*
PRP-84/900	37,37	20,26	6,24	9,08
PRP-84/875	36,03	24,88	9,81	2,93
PRP-84/850	35,43	25,54	12,23	0,00
PRP-85/900	43,23	20,16	4,77	8,25
PRP-85/850	41,41	24,37	9,43	2,55
PRP-85/850	41,77	24,30	11,60	0,00
MS-J5/900	82,02	0,41	72,76	2,08
MS-J5/875	81,45	0,75	69,24	0,33
MS-J5/850	81,41	0,69	68,97	0,00
MS-Cz2/900	29,43	-0,6	0,07	1,45
MS-Cz2/875	28,14	-0,54	0,77	1,04
MS-Cz2/850	27,53	-0,82	0,91	0,00
MS-N13/900	65,27	-9,79	-8,48	2,68
MS-N13/875	62,02	-10,09	-10,52	0,59
MS-N13/850	61,52	-10,51	-11,18	0,00
MS-N14/900	71,90	-16,06	-19,51	0,67
MS-N14/875	71,81	-15,92	-20,41	0,19
MS-N14/850	71,33	-15,92	-20,44	0,00



Fot. 5. Zeskanowane obrazy wydruków czterokolorowych naniesionych na porcelane; temperatura wypalania 875°C/360 minut/15 minut przetrzymania w maksymalnej temperaturze (sito 100T, MS-J5, MS-N14, PRP-85, MS-Cz2; sito 120T, MS-J5, MS-N14, PRP-85, MS-Cz2; sito 100T, MS-J5, MS-N13, PRP-85, MS-Cz2; sito 120T, MS-J5, MS-N14, PRP-85, MS-Cz2).

dekoracji, uzyskano powierzchnie farbowe o dobrym wyblyszczeniu w zakresie badanych temperatur i odporności chemicznej. Uzyskano szereg odcieni.

• W wyniku prac wytypowano docelowy zestaw farb jako:

- Cyan – farbę o symbolu MS-N13,
- Yellow – farbę o symbolu MS-J5,
- Black – farbę o symbolu MS-Cz2,
- Magenta – o symbolu PRP-84 dla płytki ceramicznej,
- Magenta – o symbolu PRP-85 dla podłoża porcelanowego.

• Zastosowanie opracowanych zestawów farb czterokolorowych umożliwia wykonywanie barwnych wydruków na płytkach ceramicznych i porcelanie, które w wyniku nakładania tworzą barwne wielowarstwowe powłoki.

LITERATURA

- [1] Gatter M. (2004), *Getting It Right in Print: Digital Pre-press for Graphic Designers*, Laurence King Publishing, s. 31
- [2] Jakucewicz S. (2001), *Farby drukowe*. Wrocław, Michael Huber Polska Sp. z o. o.
- [3] <http://pl.wikipedia.org/wiki/CIELab> (dostęp 16.12.2014 r.)