

SYNTÉZA A STUDIUM PEROVSKITOVÝCH PIGMENTŮ DOPOVANÝCH PŘÍMĚSEMI

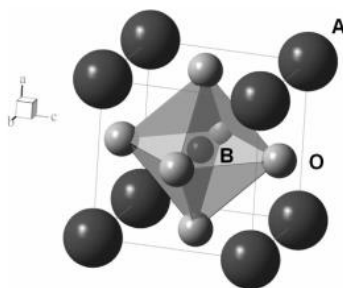
Lucie KAROLOVÁ, Kateřina TĚŠITELOVÁ, Žaneta DOHNALOVÁ, Petra ŠULCOVÁ

*Katedra anorganické technologie, Fakulta chemicko - technologická, Univerzita Pardubice, Studentská 573, 532 10 Pardubice, ČR,
E-mail: lucie.karolova@student.upce.cz*

ÚVOD

Perovskitové sloučeniny s obsahem ceru patří mezi keramické anorganické pigmenty typu $A^{2+}B^{4+}O_3$. Obecně perovskitové sloučeniny vynikají řadou významných vlastností jako např. vysokou magnetoresistencí, supravodivostí a iontovou vodivostí, a proto nacházejí uplatnění v aplikacích, jako jsou palivové a solární články [1, 2]. Bohatá rozmanitost chemických a fyzikálních vlastností v perovskitové struktuře je odvozena od její schopnosti přizpůsobit se různým kovovým prvkům v místech A a B s širokým rozsahem iontového poloměru a valence. U studovaného typu perovskitových sloučenin jsou dvojmocné A kationty, obvykle se jedná o kovy alkalických zemin, umístěny v rozích krystalové mřížky. Čtyřmocné B kationty, které se nacházejí uprostřed krystalové mřížky, mohou být prvky vzácných zemin a přechodných kovů (Obr. 1) [3, 4].

V tomto příspěvku byla pozornost věnována studii perovskitových sloučenin obecného vzorce $ACe_{1-x}B_xO_3$, kde jako A kationty jsou kovy alkalických zemin ($A = Ca, Sr, Mg$) a kde B tvoří trojmocné kovy vzácných zemin ($B = Pr, Tb$), které v krystalové mřížce pigmentu nahrazují čtyřmocné ionty ceru. Cílem autorů byla studie fázového složení, barevných vlastností a velikosti částic syntetizovaných pigmentů v závislosti na zvolené kalcinační teplotě.



Obr. 1: Krystalová struktura perovskitových sloučenin typu ABO_3

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Perovskitové sloučeniny typu $ACe_{0,9}B_{0,1}O_3$, kde $A = Ca, Sr, Mg$ a $B = Pr, Tb$ byly syntetizovány reakcí v pevné fázi. Jako výchozí sloučeniny byly použity: CeO_2 , $CaCO_3$, MgO , $SrCO_3$, Pr_6O_{11} a Tb_4O_7 . Suroviny byly smíchány ve stechiometrickém poměru a homogenizovány pomocí hmoždířového mlýnku (Pulverisette 2) po dobu 15 min. Připravené práškové reakční směsi byly podrobeny kalcinaci v elektrické peci s rychlostí ohřevu $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$. Kalcinační teploty pro pigmenty $CaCe_{0,9}B_{0,1}O_3$ a $SrCe_{0,9}B_{0,1}O_3$ byly zvoleny 300, 400, 900, 1000 a $1200\text{ }^\circ\text{C}$ a pro pigmenty $MgCe_{0,9}B_{0,1}O_3$ byly vybrány teploty 300, 600, 800,

1200 a 1300 °C. Připravené vzorky pigmentů byly po vychladnutí homogenizovány v porcelánové třecí misce.

Fázové složení studovaných pigmentů bylo měřeno pomocí rentgenové difrakční analýzy. K vlastnímu měření byl použit difraktometr MiniFlex 600 (Rigaku, Japonsko) s poloměrem vertikálního goniometru 15 cm. Bylo využito rentgenového záření mědi a sekundárního grafitového monochromátoru. Rozsah měření činil od 10° do 80° pro úhel 2θ . Vlnová délka použitého rentgenového záření byla $K_{\alpha 1} = 0,15418$ nm pro úhly $2\theta < 35^\circ$ a $K_{\alpha 2} = 0,15405$ nm pro úhly $2\theta > 35^\circ$.

Pigmenty při vybraných teplotách výpalu byly aplikovány do organického pojivového systému v plném tónu (disperzní akrylátový lak, Parketol, Balakom, a. s.). Měření barevnosti vzorků nátěrů bylo realizováno pomocí spektrofotometru ColorQuest XE (HunterLab, USA), který poskytuje hodnoty spektrálních dat i trichromatických hodnot. Pro naše účely měření byl využíván kolorimetrický prostor CIE $L^*a^*b^*$, hodnoty 10° pozorovatele, geometrie měření d/8° a normalizované denní světlo D65. Prostor stejných barevných diferencí CIE $L^*a^*b^*$ je popsán barevnými souřadnicemi a^* (diference mezi zelenou a červenou) a b^* (diference mezi modrou a žlutou). Hodnota L^* (jasová složka) vystihuje světlost či tmavost barvy a nabývá hodnot od 0 (černá) do 100 (bílá). Ke kompletnímu popisu barvy je vedle již uvedených barevných souřadnic používána tzv. sytost S , která je dána dle vzorce: $S = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ a také barevný odstín H° , jenž je definován podle následujícího vztahu: $H^\circ = \arctg b^*/a^*$. Barevný odstín H° má pro červenou barvu hodnotu 350–35°, pro oranžovou 35–70° a pro žlutou 70–105°.

Velikost částic studovaných pigmentů byla z hlediska velikosti a distribuce velikosti měřena přístrojem MasterSizer 2000/MU (Malvern Instruments Ltd., VB) [5].

VÝSLEDKY A DISKUZE

Nejprve byla provedena fázová analýza pigmentů $\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{CaCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ (Tab. 1). Jako hlavní fáze při všech zvolených teplotách výpalu byla identifikována kubická struktura CeO_2 (JPDF č. 01-083-9465) s prostorovou grupou Fm-3m. V případě pigmentu $\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ při teplotách 300 a 400 °C byly detekovány vedlejší fáze odpovídající monoklinické struktuře CaCO_3 (JPDF č. 01-070-0095), kubické struktuře CaO (JPDF č. 01-077-9574) a trigonální struktuře $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (JPDF č. 01-070-5492). U nejnižší teploty kalcinace byla přítomna nezreagovaná fáze monoklinického Pr_6O_{11} (JPDF č. 01-089-0573). Při následující teplotě došlo již k rozkladu této sloučeniny na trigonální Pr_2O_3 (JPDF č. 01-076-7400). Rostoucí teplota kalcinace dále způsobila redukci fází. Při teplotách 900–1200 °C byl jako sekundární fáze získán CaO a jako terciární fáze v rozmezí teplot 900–1000 °C kubický $\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$ (JPDF č. 01-080-4834). U nejvyšší teploty výpalu se ve velmi malém množství objevuje nestechiometrický $\text{PrO}_{1,83}$ s ortorombickou strukturou (JPDF č. 00-035-0109). V případě pigmentu dopovaného ionty terbia byla v celém teplotním intervalu charakterizována sekundární fáze kubického CaO (JPDF č. 01-082-1691). Jako další fáze při teplotách 300 a 400 °C byly získány CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a $\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$ (JPDF č. 01-081-2363) s triklinickou strukturou. U $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dochází při teplotě nad 500 °C k rozkladu na CaO a vodu, u CaCO_3 probíhá rozklad uhličitánu na CaO a CO_2 při teplotě nad 850 °C, a proto již nebyly tyto sloučeniny detekovány při vyšších teplotách. S rostoucí teplotou pravděpodobně nedochází k zabudování iontů terbia do krystalové mřížky CeO_2 a nepodílí se tedy na formování perovskitové struktury.

Lze tedy konstatovat, že ani u jednoho typu pigmentu nedošlo k vytvoření požadované perovskitové struktury.

Tabulka 1:
Fázová analýza studovaných pigmentů typu $\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{CaCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$

Pigment	300 °C	400 °C	900 °C	1000 °C	1200 °C
$\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2
	CaCO_3	CaCO_3	CaO	CaO	CaO
	CaO	CaO	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	$\text{PrO}_{1,83}$
	Ca(OH)_2	Ca(OH)_2	-	-	-
	Pr_6O_{11}	Pr_2O_3	-	-	-
$\text{CaCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2
	CaO	CaO	CaO	CaO	CaO
	CaCO_3	CaCO_3	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$
	Ca(OH)_2	Ca(OH)_2	-	-	-
	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	-	-	-

Studii fázového složení byly podrobeny také vzorky $\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ (Tab. 2). U obou typů pigmentů byl jako hlavní fáze identifikován kubický CeO_2 a jako sekundární fáze ortorombický SrCO_3 (JPDF č. 01-078-4340) do teploty 1000 °C. Při teplotě 300 °C pigment s ionty praseodymu obsahuje jako další fáze kubický SrO (JPDF č. 01-071-3778) a monoklinický Pr_6O_{11} (JPDF č. 01-089-0573). S rostoucí teplotou dochází k rozkladu Pr_6O_{11} za vzniku Pr_2O_3 (JPDF č. 01-076-7400). V rozmezí teplot 400 až 1000 °C vystupuje jako terciární fáze kubický $\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$ (JPDF č. 01-080-4834). K formování žádané perovskitové struktury ortorombického SrCeO_3 (JPDF č. 01-074-8253) dochází při teplotě 900 °C a jeho intenzita se s rostoucí kalcinační teplotou zvyšuje. Z difraktogramu studovaného pigmentu byla také ve velmi malém množství při teplotě 1000 °C detekována fáze Sr_2PrO_4 s ortorombickou strukturou (JPDF č. 01-083-8376). Při nejvyšší teplotě výpalu byla prokázána jako hlavní fáze perovskitová struktura SrCeO_3 (JPDF č. 01-074-8253) a jako minoritní fáze CeO_2 , ortorombický SrPrO_3 (JPDF č. 01-089-0959) a nestechiometrický $\text{PrO}_{1,83}$ s ortorombickou strukturou (JPDF č. 00-035-0109). Druhý studovaný pigment s ionty terbia obsahuje v rozmezí teplot 300 až 1200 °C triklinický $\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$ (JPDF č. 01-081-2363). I v tomto případě je perovskitová struktura formována již při teplotě 900 °C v zastoupení SrCeO_3 (JPDF č. 01-074-8253) s ortorombickou strukturou. Jeho intenzita rovněž narůstá se zvyšující se teplotou a při nejvyšší teplotě 1200 °C ho lze označit za majoritní fázi. Při této teplotě se objevují také v malém množství fáze CeO_2 , $\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$ a SrTbO_3 (JPDF č. 01-089-5512) s ortorombickou strukturou. Lze tedy konstatovat, že oba dva typy studovaných pigmentů z hlediska fázového složení obsahují perovskitovou strukturu, která je formována nad 900 °C.

Tabulka 2:
Fázová analýza studovaných pigmentů typu $\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$

Pigment	300 °C	400 °C	900 °C	1000 °C	1200 °C
$\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2	SrCeO_3
	SrCO_3	SrCO_3	SrCO_3	SrCO_3	CeO_2
	SrO	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	SrPrO_3
	Pr_6O_{11}	Pr_2O_3	SrCeO_3	SrCeO_3	$\text{PrO}_{1,83}$
	-	-	-	Sr_2PrO_4	-
$\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2	SrCeO_3
	SrCO_3	SrCO_3	SrCO_3	SrCO_3	CeO_2
	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$
	-	-	SrCeO_3	SrCeO_3	SrTbO_3

	-	-	-	-	-
--	---	---	---	---	---

U posledních studovaných pigmentů $\text{MgCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ byla opět prokázána jako hlavní fáze CeO_2 s kubickou strukturou (JPDF č. 01-083-9465) (Tab. 3). Jako sekundární fáze se v celém teplotním intervalu objevuje kubický MgO (JPDF č. 01-076-2583). Identifikovaná terciární fáze Pr_6O_{11} při 300 °C přechází při vyšších teplotách na Pr_2O_3 a následně se zabudovává do struktury CeO_2 za vzniku kubické sloučeniny $\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$. V případě nejvyšší teploty výpalu už není tato fáze přítomna. Pravděpodobně dochází k úplnému zabudování iontů Pr do krystalové struktury CeO_2 . Identifikovaná terciární fáze $\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$ u pigmentu $\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ se objevuje v celém teplotním rozsahu. V intervalu teplot 800 a 1200 °C je navíc přítomna další fáze odpovídající kubickému $\text{Ce}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_2$ (JPDF č. 01-071-7083). Ani v tomto případě nebyla získána perovskitová struktura pigmentů.

Tabulka 3:
Fázová analýza studovaných pigmentů typu $\text{MgCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$

Pigment	300 °C	600 °C	800 °C	1200 °C	1300 °C
$\text{MgCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2
	MgO	MgO	MgO	MgO	MgO
	Pr_6O_{11}	Pr_2O_3	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	$\text{Ce}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_2$	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
$\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2	CeO_2
	MgO	MgO	MgO	MgO	MgO
	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$	$\text{Tb}_{11}\text{O}_{20}$
	-	-	$\text{Ce}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_2$	$\text{Ce}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_2$	-
	-	-	-	-	-

Z hlediska barevných vlastností byly nejprve charakterizovány pigmenty typu $\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{CaCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ (Tab. 4). V případě vzorků s obsahem praseodymu dochází s rostoucí teplotou ke změně barevného odstínu z tmavě hnědé na hnědočervenou. Tato skutečnost koresponduje s rostoucí hodnotou barevné souřadnice a^* a na druhé straně s poklesem jasové složky L^* . Vzorky s obsahem terbia poskytují světlejší a méně syté šedohnědé až hnědé odstíny, neboť hodnoty jasové složky L^* jsou výrazně vyšší a nacházejí se v intervalu od cca 64 do 55. Střední velikost částic u pigmentů s příměsí praseodymu leží v intervalu od 0,9 do 1,8 μm (Tab. 4). Šíře distribuce velikosti částic u pigmentů s obsahem praseodymu s rostoucí teplotou klesá, naopak u pigmentů s obsahem terbia stoupá. Hodnoty d_{50} se u vzorků s ionty terbia pohybují v intervalu od 1,1 do 4,4 μm .

Tabulka 4:
Barevné vlastnosti a velikost částic pigmentů typu $\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{CaCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$

Pigment	Teplota	L^*	a^*	b^*	S	H°	d_{50} [μm]	span
$\text{CaCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$	900 °C	46,86	5,99	4,19	7,31	34,97	1,8	5,2
	1000 °C	45,79	9,78	9,47	13,61	44,08	0,9	4,4
	1200 °C	40,21	12,98	10,02	16,40	37,67	1,3	4,1
$\text{CaCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$	900 °C	64,28	6,56	4,39	7,89	33,79	1,1	4,9
	1000 °C	62,82	7,63	8,41	11,36	47,78	4,4	5,0
	1200 °C	54,67	10,41	11,88	15,80	48,77	1,7	5,1

Barevné vlastnosti pigmentů s obsahem iontů stroncia poskytují v teplotním intervalu 900-1000 °C, stejně jako v předešlém případě, tmavě hnědé odstíny u pigmentu typu $\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a šedohnědé u pigmentu typu $\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ (Tab. 5). K výrazné změně barevných vlastností došlo při nejvyšší teplotě kalcinace, kdy byly prokázány perovskitové struktury SrCeO_3 a SrPrO_3 popřípadě SrTbO_3 . Vzorek s obsahem iontů praseodymu je charakterizován hnědým odstínem s nejnižším podílem červené složky a^* (7,45) a zároveň s nejvyšším podílem žluté složky b^* (13,07). Pigment obsahující ionty terbia při nejvyšší teplotě 1200 °C lze popsat pískově žlutým odstínem, a to v důsledku markantního nárůstu barevné souřadnice b^* (22,97) a také díky hodnotě barevného odstínu H° (79,81), který se blíží k hranici žluté oblasti. U obou typů pigmentů byly získány hodnoty střední velikosti částic ve velmi úzkém rozmezí, a to od cca 2 do 3 μm (Tab. 5).

Tabulka 5:
Barevné vlastnosti a velikost částic pigmentů typu $\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$

Pigment	Teplota	L^*	a^*	b^*	S	H°	d_{50} [μm]	span
$\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$	900 °C	48,01	7,79	7,66	10,93	44,52	2,4	3,7
	1000 °C	46,10	9,80	10,26	14,19	46,31	3,3	3,6
	1200 °C	49,38	7,45	13,07	15,04	60,32	2,2	4,5
$\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$	900 °C	65,13	7,17	5,82	9,23	39,07	2,2	3,4
	1000 °C	66,66	5,57	11,88	13,12	64,88	2,1	3,7
	1200 °C	70,04	4,13	22,97	23,34	79,81	2,4	8,1

U syntetizovaných pigmentů typu $\text{MgCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ docházelo s rostoucí teplotou kalcinace ke změně odstínu z šedohnědé na hnědočervenou, a to v důsledku nárůstu barevných souřadnic a^* i b^* , které při teplotě 1300 °C dosahují svého maxima ($a^* = 12,89$ a $b^* = 9,70$) (Tab. 6). Vzorky typu $\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ poskytovaly na základě hodnot jasové složky L^* , které se nacházely v intervalu od cca 57 do 69, světlejší šedohnědé až hnědé odstíny. Pigmenty s příměsí hořčíku se pro aplikace do organického pojivového systému jeví jako nejméně vhodné, a to i v důsledku získané široké distribuce velikosti pigmentových částic (Tab. 6). Pro tuto aplikaci je proto třeba snížit velikost částic mletím.

Tabulka 6:
Barevné vlastnosti a velikost částic pigmentů typu $\text{MgCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a $\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$

Pigment	Teplota	L^*	a^*	b^*	S	H°	d_{50} [μm]	span
$\text{MgCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$	800 °C	47,95	4,99	3,88	6,32	37,87	9,2	6,8
	1200 °C	45,33	9,46	9,33	13,29	44,60	9,7	7,2
	1300 °C	42,69	12,89	9,70	16,13	36,96	7,7	8,7
$\text{MgCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$	800 °C	69,02	6,60	8,08	10,43	50,76	8,7	11,8
	1200 °C	75,84	6,31	8,28	10,41	52,69	6,1	19,9
	1300 °C	56,87	8,25	8,75	12,03	46,68	3,5	3,5

ZÁVĚR

Hlavním záměrem tohoto výzkumu bylo pokusit se připravit sloučeniny typu $\text{ACe}_{0,9}\text{B}_{0,1}\text{O}_3$, kde $A = \text{Ca}, \text{Sr}, \text{Mg}$ a $B = \text{Pr}, \text{Tb}$, které následně byly podrobeny studii rentgenové difrakční analýzy. Z výsledku analýzy vyplývá, že k formování požadované perovskitové struktury dochází v případě pigmentů dopovaných ionty stroncia při teplotách nad 900 °C. Jako ideální teplota k tvorbě perovskitových pigmentů byla vyhodnocena teplota 1200 °C, neboť zde vznikala jako hlavní fáze perovskitová struktura odpovídající ortorombickému SrCeO_3 . V tomto případě však

nedocházelo k tvorbě tuhého roztoku ale k formování dvou perovskitových struktur - SrCeO_3 a SrPrO_3 u pigmentu $\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ a SrCeO_3 a SrTbO_3 u pigmentu $\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$. Formováním perovskitové struktury došlo ke změně barevnosti pigmentů. U $\text{SrCe}_{0,9}\text{Pr}_{0,1}\text{O}_3$ z tmavě hnědé na hnědou s vyšším podílem žluté složky b^* a u $\text{SrCe}_{0,9}\text{Tb}_{0,1}\text{O}_3$ z šedohnědé na pískově žlutou. Střední velikost pigmentových částic u vzorků s obsahem stroncia se pohybovala v rozmezí od cca 2 do 3 μm .

U zbylých studovaných pigmentů dopovaných ionty vápníku a hořčíku nedocházelo ke vzniku perovskitové struktury a jako hlavní fáze byla identifikována kubická struktura CeO_2 . Z hlediska barevných vlastností poskytují šedohnědé, hnědé až hnědočervené odstíny. Pigmenty s příměsí vápníku jsou charakterizovány hodnotami $d_{50} = 0,9\text{-}4,4 \mu\text{m}$ a s příměsí hořčíku hodnotami $d_{50} = 3,5\text{-}9,7 \mu\text{m}$. V důsledku široké distribuce pigmentových částic u vzorků s ionty hořčíku byla obtížná jejich aplikace do organického pojivového systému a pro další využití je proto nezbytná redukce velikosti mletím.

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum anorganických pigmentů je na pracovišti autorů podporován IGA Univerzity Pardubice (SGS_2017_007) a Grantovou agenturou České republiky (č. 16-06697S).

LITERATURA

- [1] Yamamoto T., Kobayashi Y., Hayashi N., Tassel C., Saito T., Yamanaka S., Takano M., Ohoyama K., Shimakawa Y., Yoshimura K., Kageyama H.: Journal of the American Chemical Society. 134, 2012, 11444-11454.
- [2] Kreuer K. D.: Solid State Ionics. 97, 1997, 1-15.
- [3] Navrotsky A.: Science. 284, 1999, 1788-1789.
- [4] Alvarez G., Conde-Gallardo A., Montiel H., Zamorano R.: Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 401, 2016, 196-199.
- [5] Šulcová P., Dohnalová Ž.: Anorganické pigmenty, vlastnosti a metody hodnocení. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2015.