

**(19) C2 (11) 107373 (13) UA**

(98) вул. В. Чорновола, 25, оф. 3, м. Київ, 01135

(85) 2012-10-29

(74) Мошинська Ніна Миколаївна, (UA)

(45) [2014-12-25]

(43) [2013-02-25]

(24) 2014-12-25

(22) 2011-03-25

(12) Патент України (на 20 р.)

(21) а201212381

(46) 2021-11-24

(86) 2011-03-25 PCT/GB2011/050619

(30) 1005344.5 2010-03-30 GB

(54) СПОСІБ ХАРАКТЕРИЗАЦІЇ РОЗСІЮВАЛЬНОГО КОЛЬОРОВОГО ПІГМЕНТУ СПОСОБ характеристики рассеивающего цветного пигмента Methods of characterizing scattering colored pigment

(56) WO 2009136141 A1, 12.11.2009 2 US 2005126441 A1, 16.06.2005 2 EP 1580166 A1, 28.09.2005 2 US 2008241472 A1, 02.10.2008 2

(71) GB ТІОКСИД ЮРОП ЛІМІТЕД GB ТІОКСИД ЮРОП ЛІМІТЕД GB TIOXIDE EUROPE LIMITED

(72) GB Едвардс Джон Лаланд GB Едвардс Джон Лаланд GB Edwards, John Lalande GB Лоурі Карл GB Лоурі Карл GB Lowry, Karl GB Парнем Емілі Рут GB Парнем Емілі Рут GB Parnham, Emily Ruth GB Рейд Шон Олівер Едвард GB Рейд Шон Олівер Едвард GB Reid, Sean Oliver Edward GB Робб Джон GB Робб Джон GB Robb, John GB Тонкін Ребекка Луїз GB Тонкін Ребекка Луїз GB Tonkin, Rebecca, Louise

(73) GB ТІОКСИД ЮРОП ЛІМІТЕД GB ТІОКСИД ЮРОП ЛІМІТЕД GB TIOXIDE EUROPE LIMITED

Изобретение обеспечивает способ характеристики рассеивающего цветного пигмента для использования при определении коэффициентов поглощения и рассеяния рассеивающего цветного пигмента, причем способ содержит этап, на котором получают спектр отражения смеси рассеивающего цветного пигмента с, по сути, непоглощающим рассеивающим пигментом при множестве различных объемных частиц, причем, по сути, непоглощающий рассеивающий пигмент имеет размер частиц больше 0,6 микрона. Также обеспечена система характеристики пигмента, которая выполнена с возможностью осуществления способа изобретения для характеристики рассеивающего цветного пигмента.

Винахід забезпечує спосіб характеристики розсіювального кольорового пігменту для використання при визначенні коефіцієнтів поглинання і розсіювання розсіювального кольорового пігменту, причому спосіб містить етап, на якому одержують спектр відбиття суміші розсіювального кольорового пігменту з, по суті, непоглинаючим розсіювальним пігментом при множині різних об'ємних частинок, причому, по суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент має розмір частинок більший 0,6 мікрона. Також забезпечена система характеристики пігменту, виконана з можливістю здійснення способу винаходу для характеристики розсіювального кольорового пігменту.

The invention provides a method of characterising a scattering coloured pigment for use in the determination of the absorption and scattering coefficients of the scattering coloured pigment, the method comprising the step of obtaining a reflectance spectrum of a mixture of the scattering coloured pigment with a substantially non-absorbing scattering pigment at a plurality of different volume fractions wherein the substantially non-absorbing scattering pigment has a particle size greater than 0.6 micron. Also provided is a pigment characterisation system adapted to perform the method of the invention to characterise a scattering coloured pigment.

1. Спосіб характеристики розсіювального кольорового пігменту для використання при визначенні коефіцієнтів поглинання і розсіювання розсіювального кольорового пігменту, причому спосіб містить етапи, на яких

i) одержують спектр відбиття суміші розсіювального кольорового пігменту з, по суті, непоглинаючим розсіювальним пігментом при множині різних об'ємних часток, причому, по суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент має розмір частинок більше 0,6 мікрона;

ii) одержують коефіцієнт розсіювання, по суті, непоглинаючого розсіювального пігменту як функцію об'ємної частки і довжини хвилі.

2. Спосіб за п. 1, в якому спосіб включає в себе етап, на якому визначають розмір частинок розсіювального кольорового пігменту і вибирають непоглинаючий розсіювальний пігмент, що має розмір частинок в межах 0,5 мікрона для розміру частинок розсіювального кольорового пігменту для здійснення характеристики за його допомогою за умови, що певний розмір частинок становить більше 0,6 мікрона.

3. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому, по суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент містить пігмент на основі діоксиду титану з розміром частинок більше 0,6 мікрона.

4. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому розсіювальний кольоровий пігмент є пігментом з великим розміром частинок, що має розмір частинок більше 0,6 мікрона.

5. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому розсіювальний кольоровий пігмент вибирається зі складних неорганічних кольорових пігментів, титанату сурми-нікелю, титанату сурми-хрому, титанату сурми-марганцю, коричневої шпінелі хроміту цинку-заліза, зелено-чорного хромового гематиту, синьої шпінелі алюмінату кобальту, зеленої шпінелі титанату кобальту і зеленої шпінелі хроміту кобальту.

6. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому спектр відбиття розсіювального кольорового пігменту визначається щонайменше по довжинах хвилі у видимому та інфрачервоному спектрі.

7. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому спектр відбиття розсіювального кольорового пігменту визначається в діапазоні довжин хвилі від 300 нм до 2500 нм.

8. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому спосіб включає в себе етапи, на яких iii) одержують коефіцієнт поглинання слабзорозсіювального чорного пігменту як функцію довжини хвилі при множині різних об'ємних часток, і

iv) одержують додатковий спектр відбиття суміші розсіювального кольорового пігменту з чорним пігментом при множині різних об'ємних часток.

9. Спосіб за п. 8, в якому слабзорозсіювальний чорний пігмент є сажею.

10. Спосіб за п. 8 або 9, в якому спектр відбиття і додатковий спектр відбиття отримані з

використанням оптично товстого шару суміші.

11. Спосіб за будь-яким з пп. 8-10, в якому спосіб включає в себе етап, на якому

v) об'єднують спектр відбиття і додатковий спектр відбиття і обчислюють коефіцієнти поглинання і розсіювання Кубелкі-Мунка для розсіювального кольорового пігменту як функцію об'ємної частки розсіювального кольорового пігменту і довжини хвилі.

12. Спосіб за п. 11, в якому спосіб включає в себе етап, на якому

vi) визначають об'ємну частку розсіювального кольорового пігменту, необхідну для спектрального узгодження цільового спектра відбиття з використанням коефіцієнтів, обчислених на етапі (v).

13. Спосіб за п. 11, в якому спосіб включає в себе етап, на якому

(vii) програмують вимірювальний прилад для приготування складу відповідно до обчисленої об'ємної частки.

14. Спосіб за п. 12, в якому етапи (i), (iv) і (v) повторюються для різних кольорових пігментів, і етап (vi) містить визначення об'ємної частки кожного кольорового пігменту для узгодження цільового кольору.

15. Спосіб за будь-яким з попередніх пунктів, в якому спектри відбиття одержують з розділенням, по суті, 10 нм.

16. Спосіб за п. 11, в якому спосіб включає в себе етап, на якому обчислюють повний коефіцієнт відбиття сонячного світла кольорового пігменту при об'ємній частці, визначеній для узгодження цільового кольору, як функцію товщини плівки.

17. Спосіб за п. 16, в якому спосіб включає в себе етап, на якому обчислюють повний коефіцієнт відбиття сонячного світла в межах щонайменше частини видимого спектра та інфрачервоного спектра.

18. Спосіб за п. 17, в якому спосіб включає в себе етап, на якому обчислюють повний коефіцієнт відбиття сонячного світла в діапазоні довжин хвилі від 300 нм до 2500 нм.

19. Система характеристики пігменту, виконана з можливістю здійснення способу за п. 1 для характеристики розсіювального кольорового пігменту, при цьому система включає в себе елемент узгодження цільового кольору, виконаний з можливістю керування вимірювальним пристроєм, елемент узгодження цільового кольору, виконаний з можливістю використовувати інформацію характеристики розсіювального кольорового пігменту для визначення об'ємної частки, необхідної для узгодження цільового кольору, причому елемент узгодження цільового кольору також виконаний з можливістю керування вимірювальним пристроєм для створення забарвленої речовини, яка узгоджує цільовий колір.

20. Система характеристики пігменту за п. 19, в якій система включає в себе компаратор,

виконаний з можливістю вимірювання спектральних властивостей забарвленої речовини і порівняння їх з цільовим кольором, і, якщо узгодження не виявлено в попередньо визначених межах, регулювання концентрації кольорового пігменту для отримання більш точного узгодження.

21. Система характеристики пігменту за п. 19, в якій система включає в себе обчислювач повного коефіцієнта відбиття сонячного світла, виконаний з можливістю обчислення повного коефіцієнта відбиття сонячного світла в межах щонайменше частини видимого спектра та інфрачервоного спектра з використанням спектра відбиття.

Галузь техніки, до якої належить винахід

Винахід стосується способу характеристики розсіювального кольорового пігменту для використання при визначенні коефіцієнтів поглинання і розсіювання розсіювального кольорового пігменту. Він також стосується способу узгодження кольорів і, зокрема, способу узгодження кольорів для сумішей кольорових пігментів. Цей винахід також стосується системи характеристики пігменту для здійснення способу.

Рівень техніки

Фарби звичайно містять пігменти, дисперговані у зв'язувальній речовині. Пігменти можуть містити i) слабо розсіювальні або, по суті, нерозсіювальні кольорові пігменти, які, по суті, не розсіюють світло і вибірково поглинають різні довжини хвилі видимого світла для надання кольору, ii) по суті, непоглинаючі пігменти, які розсіюють світло, і iii) сильно розсіювальні кольорові пігменти, які розсіюють світло і вибірково поглинають різні довжини хвилі видимого світла для надання кольору.

Рівняння Кубелки-Мунка є рівнянням перенесення випромінювання, що широко використовується в галузі фарб і пігментів для характеристики видимого спектра відображення матеріалів. Використання способу Кубелки-Мунка при описі багатокомпонентних сумішей пігментів звичайно базується на рівняннях в формі:

$$\left(\frac{K}{S}\right) = \frac{k_1 \times \varphi_1 + k_2 \times \varphi_2 + k_3 \times \varphi_3 \dots}{s_1 \times \varphi_1 + s_2 \times \varphi_2 + s_3 \times \varphi_3 \dots}$$

де  $(K/S)$  - відношення коефіцієнтів поглинання і розсіювання Кубелки-Мунка, і  $k_i$ ,  $s_i$  і  $\varphi_i$  - коефіцієнт поглинання, коефіцієнт розсіювання і об'ємна частка для окремого пігменту. Вищенаведене рівняння є неточним і проблематичним при високих об'ємних частках розсіювальних пігментів внаслідок ефектів надмірної концентрації (наприклад, для традиційних пігментів на основі діоксиду титану, у видимій частині спектра, неточності виявляються при об'ємних концентраціях пігменту більше ніж близько 15%). Ефекти надмірної концентрації знижують ефективність розсіювання розсіювального пігменту внаслідок високої щільності частинок пігменту в конкретному об'ємі, таким чином, співвідношення між ефективністю розсіювання і об'ємною концентрацією пігменту виявляється нелінійним.

Об'ємна концентрація частинок, при якій ефекти надмірної концентрації виявляються різними для різних пігментів і різних довжин хвилі. Зі зростанням розміру частинок пігменту або зменшенням довжини хвилі, об'ємна частка, вище якої починає діяти ефект надмірної концентрації, зростає. Таким чином, при розгляді ближньої інфрачервоної частини спектра, об'ємна концентрація пігменту, нижче якої співвідношення між ефективністю розсіювання і об'ємною концентрацією пігменту є лінійним, настає при ще більш низьких об'ємних концентраціях пігменту, ніж при розгляді видимої частини спектра.

Один традиційний підхід до характеристики коефіцієнтів поглинання і розсіювання пігменту у видимій частині спектра полягає у вимірюванні відбивної здатності при включенні в сажу і пігментні пасти на основі діоксиду титану. Розширення цього підходу на ближню інфрачервону частину спектра проблематичне, особливо для пігментів, що мають значне розсіювання і поглинання. Непрозорість традиційної пасти на основі діоксиду титану швидко спадає із збільшенням довжин хвилі, що представляють інтерес, до ближньої інфрачервоної області.

Для одержання оптично товстої системи в ближній інфрачервоній області з використанням традиційної товщини плівок фарби (<300 нм), таким чином, вимагає об'ємних часток пігменту, вище яких необхідно враховувати ефект надмірної концентрації. При таких об'ємних частках додавання значної об'ємної частки другої розсіювальної частки приведе до більш складного співвідношення між коефіцієнтом  $S$  розсіювання Кубелки-Мунка і об'ємної частки  $\varphi_2$  другої розсіювальної частки, ніж у випадку, коли ефектами надмірної концентрації можна нехтувати.

$$S \neq \varphi_1 s_1 + \varphi_2 s_2$$

$$S = S(\varphi_1, \varphi_2)$$

Розкриття винаходу

Згідно з першим аспектом винаходу, забезпечений спосіб характеристики розсіювального кольорового пігменту для використання при визначенні коефіцієнтів поглинання і розсіювання розсіювального кольорового пігменту, причому спосіб містить етапи:

i) одержання спектра відображення суміші розсіювального кольорового пігменту з, по суті, непоглинаючим розсіювальним пігментом при множині різних об'ємних часток, причому, по суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент має розмір частинок >0,6 мікрона.

Перевага цього способу полягає в тому, що характеристика за допомогою спектра відображення з використанням непоглинаючого розсіювального пігменту з великим розміром частинок забезпечує можливість точної характеристики завдяки послабленню ефектів надмірної концентрації. Певні розсіювальні кольорові пігменти, наприклад, складні неорганічні кольорові пігменти (CICPs), титанат сурми-нікелю або титанат сурми-хрому, мають набагато більші розміри частинок, ніж у традиційних пігментів на основі діоксиду титану. Це ускладнює характеристику розсіювального кольорового пігменту. Наприклад, розмір частинок титанатів CICP звичайно становить 0,6-1,3 мікрона, і розмір частинок традиційних пігментів на основі діоксиду титану становить 0,2-0,3 мікрона. Однак, завдяки використанню частинок діоксиду титану з більш великими кристалами (>0,6 мікрона) замість традиційного пігменту на основі діоксиду титану в суміші білої пасти, коефіцієнти розсіювання і поглинання таких розсіювальних кольорових пігментів з "великим розміром частинок" можна краще охарактеризувати через видимі і ближню інфрачервону частини спектра. Оптично товсті плівки фарби можна формувати при об'ємних частках діоксиду титану з великими кристалами і розсіювальними кольоровими пігментами з "великим розміром частинок", при яких ефекти надмірної концентрації не впливають помітним чином. З використанням цього підходу, обчислювані в наслідок значення коефіцієнта розсіювання і коефіцієнта поглинання можна точно визначати і використовувати для узгодження кольорів і можна прогнозувати їх повні коефіцієнти відображення сонячного світла.

Для визначення розміру частинок для частинок пігменту можна використовувати спосіб рентгенівського

осадження.

Коефіцієнти поглинання і коефіцієнти розсіювання, які визначають, в якій мірі пігмент, відповідно, поглинає і розсіює світло протягом електромагнітного спектра, відомі і можуть визначатися способами, добре відомими фахівцям в даній галузі техніки, наприклад, описаними в "Solar Spectral Optical Properties of Pigments - Part I: Model for Deriving Scattering and Absorption Coefficients From Transmittance and Reflectance Measurements", R Levinson et al., Solar Energy Materials and Solar Cells 89 (2005) 319-349, зміст якої включений в даний опис за допомогою посилання.

Пігмент, який є, по суті, непоглинаючим, може мати середній коефіцієнт поглинання у видимій області електромагнітного спектра (тобто в області від 400 нм до 760 нм) менше  $50 \text{ мм}^{-1}$ , наприклад, менше  $30 \text{ мм}^{-1}$ , або менше  $10 \text{ мм}^{-1}$ .

Пігмент, який є розсіювальним, може мати максимальний коефіцієнт розсіювання у видимій і ближній інфрачервоній області електромагнітного спектра (тобто в області від 400 нм до 3000 нм, наприклад, в області від 400 нм до 2500 нм)  $50 \text{ мм}^{-1}$  або більше, наприклад,  $75 \text{ мм}^{-1}$  або більше, або  $100 \text{ мм}^{-1}$  або більше.

Переважно, спосіб включає в себе етап ii) одержання коефіцієнта розсіювання, по суті, непоглинаючого розсіювального пігменту як функцію об'ємної частки і довжини хвилі.

Переважно, спосіб включає в себе етап, на якому визначають розмір частинок розсіювального кольорового пігменту і вибирають непоглинаючий розсіювальний пігмент, що має розмір частинок в межах 0,5 мікрона, і, найбільш переважно, в межах 0,2 мікрона, розмір частинок розсіювального кольорового пігменту для здійснення характеристики з його допомогою. Це має перевагу в послабленні ефектів надмірної концентрації, що приводить до поліпшення характеристики кольорового пігменту, яку потім можна використовувати для точного колірного узгодження і для обчислення повного коефіцієнта відображення сонячного світла.

По суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент має розмір частинок приблизно 0,6 мікрона або більше (наприклад, більше 0,7 мікрона, більше 0,8 мікрона, більше 0,9 мікрона, більше 1 мікрона, більше 1,1 мікрона, більше 1,2 мікрона, більше 1,3 мікрона або більше 1,4 мікрона). Розмір частинок, в одному варіанті здійснення, може становити більше 0,6 мікрона і аж до 2 мікрон, або більше 0,6 мікрона і аж до 1,5 мікрона, або більше 0,6 мікрона і аж до 1,4 мікрона.

Переважно, по суті непоглинаючий розсіювальний пігмент містить пігмент на основі діоксиду титану з великим розміром частинок. Традиційний пігмент на основі діоксиду титану має розмір частинок від 0,2 до 0,3 мікрона. Таким чином, пігмент на основі діоксиду титану з великим розміром частинок має розмір частинок більше цього, приблизно 0,6 мікрона або більше (наприклад, більше 0,7 мікрона, більше 0,8 мікрона, більше 0,9 мікрона, більше 1 мікрона, більше 1,1 мікрона, більше 1,2 мікрона, більше 1,3 мікрона або більше 1,4 мікрона). Розмір частинок діоксиду титану, в одному варіанті здійснення, може становити більше 0,6 мікрона і аж до 2 мікрон, або більше 0,6 мікрона і аж до 1,5 мікрона, або більше 0,6 мікрона і аж до 1,4 мікрона.

Переважно, розсіювальний кольоровий пігмент є пігментом з великим розміром частинок, що має розмір частинок більший 0,6 мікрона (наприклад, більше 0,7 мікрона, більше 0,8 мікрона, більше 0,9 мікрона, більше 1 мікрона, більше 1,1 мікрона, більше 1,2 мікрона, більше 1,3 мікрона або більше 1,4 мікрона), наприклад, більше 0,6 мікрона і аж до 1,5 мікрона або більше 0,6 мікрона і аж до 1,4 мікрона; звичайно розсіювальний кольоровий пігмент є пігментом з великим розміром частинок, що має розмір частинок від 0,6 до 1,3 мікрона.

Переважно, розсіювальний кольоровий пігмент вибирається зі: складних неорганічних кольорових пігментів; титанату сурми-нікелю; титанату сурми-хрому; титанату сурми-марганцю; коричневої шпинелі хроміту цинку-заліза; зелено-чорного хромового гематиту; синьої шпинелі алюмінату кобальту; зеленої шпинелі титанату кобальту; і зеленої шпинелі хроміту кобальту.

Цей спосіб, зокрема, придатний для точної характеристики пігментів з великим розміром частинок, оскільки ефекти надмірної концентрації зменшуються завдяки використанню, по суті, непоглинаючого розсіювального пігменту з великим розміром частинок (наприклад,  $\text{TiO}_2$ ). Це має ту перевагу, що розмір частинок розсіювального кольорового пігменту порівняємо з розміром частинок непоглинаючого розсіювального пігменту. Було встановлено, що це дозволяє точно характеризувати розсіювальний кольоровий пігмент в широкому діапазоні довжин хвилі, зокрема, для довжин хвилі ближнього інфрачервоного діапазону, оскільки ефект надмірної концентрації слабшає.

Переважно, спектр відображення розсіювального кольорового пігменту визначається щонайменше по довжинах хвилі у видимому та інфрачервоному спектрі і, найбільш переважно, в діапазоні довжин хвилі від 300 нм до 2500 нм.

Переважно, спосіб включає в себе етапи:

iii) одержання коефіцієнта поглинання слабо розсіювального чорного пігменту як функції довжини хвилі при множині різних об'ємних часток; і

iv) одержання додаткового спектра відображення суміші розсіювального кольорового пігменту з чорним пігментом при множині різних об'ємних часток.

Слабко розсіювальний пігмент може мати максимальний коефіцієнт розсіювання у видимій/ближній інфрачервоній області електромагнітного спектра (тобто в області від 400 нм до 3000 нм, наприклад, в області від 400 нм до 2500 нм) менше  $40 \text{ мм}^{-1}$ , наприклад, менше  $20 \text{ мм}^{-1}$ , або менше  $10 \text{ мм}^{-1}$ .

Переважно, слабо розсіювальний чорний пігмент є сажею. Інші слабо розсіювальні чорні пігменти можуть включати в себе кістяне вугілля (10% сажі + 84% фосфату кальцію), сажу на основі хроміту міді ( $\text{CuCr}_2\text{O}_4$ ), синтетичну сажу на основі оксиду заліза (магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) і периленову сажу.

Переважно, коефіцієнт поглинання слабо розсіювального чорного пігменту визначається щонайменше по довжині хвилі в межах від 300 до 2500 нм.

Переважно, етап (iii) містить виробництво вимірювань колімованого і дифузного спектра пропускання. Це має ту перевагу, що дозволяє пересвідчитися в тому, що коефіцієнт поглинання можна апроксимувати виміряним коефіцієнтом загасання. Зокрема, етап (iii) передбачає виробництво множини вимірювань спектра пропускання при різних об'ємних частках, при яких існує лінійне співвідношення між величиною розсіювання і об'ємною часткою.

Переважно, спектр відображення і додатковий спектр відображення виходять з використанням оптично

товстого шару суміші.

Переважно, спосіб включає в себе етап

v) об'єднання спектра відображення і додаткового спектра відображення і обчислення коефіцієнтів поглинання і розсіювання Кубелки-Мунка для розсіювального кольорового пігменту як функції об'ємної частки розсіювального кольорового пігменту і довжин хвилі.

Це має ту перевагу, що спектр відображення забезпечує точну характеристику розсіювального кольорового пігменту, що приводить до точних коефіцієнтів поглинання і розсіювання Кубелки-Мунка, зокрема, в ближній інфрачервоній частині спектра.

Переважно, спосіб включає в себе етап

vi) визначення об'ємної частки розсіювального кольорового пігменту, необхідної для спектрального узгодження цільового спектра відображення з використанням коефіцієнтів, обчислених на етапі (v).

Таким чином, спосіб містить спосіб узгодження кольорів, який дозволяє точно погоджувати цільовий колір. Перевага цього способу полягає в тому, що колірне узгодження може здійснюватися більш точно, оскільки розсіювальний кольоровий пігмент можна надійно характеризувати в широкому діапазоні довжин хвилі. Крім того, спосіб дозволяє визначити об'ємну частку розсіювального кольорового пігменту з великим розміром частинок, необхідну для досягнення колірної узгодженості до приготування суміші пігментів.

Відповідно, спосіб може включати в себе етап

(vii) програмування вимірювального приладу для приготування складу згідно з обчисленою об'ємною часткою.

Переважно, етапи (i), (iv) і (v) повторюються для різних кольорових пігментів, і етап (vi) містить визначення об'ємної частки кожного кольорового пігменту для узгодження цільового кольору.

Переважно, спектри відображення виходять з розділенням, по суті, 10 нм.

Переважно, спосіб включає в себе етап обчислення повного коефіцієнта відображення сонячного світла кольорового пігменту при об'ємній частці, визначеній для узгодження цільового кольору, як функції товщини плівки. Переважно спосіб включає в себе етап обчислення повного коефіцієнта відображення сонячного світла протягом щонайменше частини видимого спектра і інфрачервоного спектра. Зокрема, в діапазоні довжин хвилі від 300 до 2500 нм.

Згідно з другим аспектом винаходу, передбачена система характеристики пігменту, виконана з можливістю здійснення способу першого аспекту винаходу для характеристики розсіювального кольорового пігменту.

Переважно, система включає в себе елемент узгодження цільового кольору, виконаний з можливістю керування вимірювальним пристроєм, причому елемент узгодження цільового кольору виконаний з можливістю використовувати інформацію характеристики розсіювального кольорового пігменту для визначення об'ємної частки, необхідної для узгодження цільового кольору, і елемент узгодження цільового кольору також виконаний з можливістю керування вимірювальним пристроєм для створення забарвленої речовини, яка погоджує цільовий колір.

Переважно, система включає в себе компаратор, виконаний з можливістю вимірювання спектральних властивостей забарвленої речовини і порівняння їх з цільовим кольором, і, якщо узгодження не виявлене в попередньо визначених межах, регулювання концентрації кольорового пігменту для одержання більш точного узгодження.

Переважно, система включає в себе обчислювач повного коефіцієнта відображення сонячного світла, виконаний з можливістю обчислення повного коефіцієнта відображення сонячного світла протягом щонайменше частини видимого спектра і інфрачервоного спектра з використанням спектра відображення. Зокрема, обчислювач повного коефіцієнта відображення сонячного світла виконаний з можливістю обчислення в діапазоні довжин хвилі від 300 до 2500 нм. Це має ту перевагу, що обчислювач повного коефіцієнта відображення сонячного світла може точно прогнозувати поведінку фарби при сонячному освітленні. Це особливо корисно для фарб холодних кольорів.

Далі, виключно в порядку прикладу, наведений докладний опис даного винаходу з посиланням на прикладені креслення, в яких:

Здійснення винаходу

Фіг. 1 - блок-схема послідовності операцій, що демонструє перший варіант здійснення способу першого аспекту винаходу;

фіг. 2 - графік залежності коефіцієнта поглинання від довжини хвилі для чорного пігменту; і

фіг. 3 - схема процесу, що демонструє варіант здійснення реалізації системи другого аспекту винаходу.

Цей винахід стосується способу узгодження кольорів для цільового кольору шляхом визначення необхідної об'ємної частки або концентрації кольорового пігменту. Крім того, спосіб дозволяє пристрою точно копіювати кольори без необхідності ітераційно регулювати концентрації для досягнення вірного колірної узгодження. Це особливо корисно в галузі виробництва фарб, де перевагою є здатність точно погоджувати вибір пігментів для цільового кольору. Зокрема, розкритий тут спосіб є важливим передвиробничим етапом і, таким чином, дозволяє знижувати витрати часу і матеріалів.

Спосіб дозволяє характеризувати вибрані пігменти, щоб їх можна було точно вимірювати для формування фарби або пластику за допомогою зв'язувальної речовини, що має точне колірне узгодження з бажаним цільовим кольором. Фарби і пластики звичайно містять діоксид титану з великими кристалами і розсіювальний кольоровий пігмент з великими кристалами, наприклад СІСР. Точність досягається шляхом характеристики кольорового пігменту, змішаного зі слабо розсіювальним чорним пігментом з відомим коефіцієнтом поглинання, і характеристики кольорового пігменту, змішаного з непоглинаючим розсіювальним пігментом з великим розміром кристалів з відомим коефіцієнтом розсіювання, для одержання коефіцієнтів розсіювання і поглинання кольорового пігменту.

Згідно з фіг. 1, етап 10 демонструє етап, на якому одержують коефіцієнт поглинання слабо розсіювального чорного пігменту як функцію довжини хвилі. Зокрема, коефіцієнт поглинання є коефіцієнтом поглинання Кубелки-Мунка. Коефіцієнт поглинання може бути попередньо визначений для вибраного чорного пігменту або може виводитися з використанням наступного процесу.

Слабо розсіювальний чорний пігмент, яким в цьому прикладі є сажа, виготовляється шляхом формування

концентрату чорної колірної пасти. Концентрат формується зважуванням 350 г 60%-го Synocryl 826S, 20 г ксилолу і 40 г Disperbyuk 163 в літрову банку фарби. Потім додається 40 г сажового пігменту і 2000 г сталевих кульок діаметром 6 мм, наприклад, що продаються під найменуванням Ballotini фірмою Potters Industries Inc, щоб сприяти диспергуванню. Кришка банки щільно закривається клямками і липкою пластиковою стрічкою. Потім суміш струшується для забезпечення повного диспергування компонентів. Цього можна досягти з використанням шейкера, наприклад, шейкера "Red Devil" від Red Devil Equipment Company, протягом 60 хвилин. Потім концентрат чорної колірної пасти зливається з металевих кульок і зважується безпосередньо в розчин смоли, що більш детально описано нижче.

Чорна фарба виготовляється зважуванням 72 г концентрату чорної колірної пасти і 779,2 г 60%-го Synocryl 826S у придатну банку фарби. Кришка щільно закривається і банка струшується і перекочується, протягом мінімум 2 годин або доки фарба не стане однорідною.

Потім фарба наноситься на основу. Спочатку лист плівки Melinex (RTM) (виробництва DuPont) знежирюється шляхом натирання ацетоном і потім вміщується на гумовий ґрунтувальний стіл. Порцію фарби вміщують на верхню частину плівки і розмазують аплікатором з дротяною обмоткою № 9 з використанням пригладжуваної дії, і дають повністю висохнути або сушать в печі при належній температурі. Вищеописана процедура повторюється з використанням аплікаторів № 3 і 0. Таким чином, виходить три зразки, відмінні товщиною плівки. Товщину плівки можна обчислити таким чином. По закінченні висихання, зразки обрізаються для одержання зразка зручного розміру відомої площі, цей зразок зважується, і потім панелі готові для проведення на них вимірювань пропускання. Після виробництва вимірювання пропускання, описаного нижче, плівка фарби видаляється за допомогою ацетону. Потім квадрати Melinex перезважуються, і шляхом віднімання з початкової ваги визначається вага плівки фарби. З використанням цієї ваги плівки і питомої ваги сухої плівки фарби і площі зразка обчислюється товщина плівки.

Колімування і дифузні спектри пропускання реєструються з розділенням 10 нм в діапазоні частот, що охоплює ультрафіолетову, видиму і інфрачервону області спектра, а саме, приблизно від 300 до 2500 нм. Придатним спектрометром є спектрометр Cary 5000 UV-VIS-NIR виробництва Varian Inc. Кожний з трьох зразків вимірюється для одержання показника для різної товщини. Фіг. 2 демонструє приклад одержаного спектра.

Потім спектри пропускання для колімованих і дифузних вимірювань пропускання порівнюються, щоб гарантувати, що внесок розсіювання на пігменті у виміряне загасання мінімальний. У цьому випадку, можна передбачити, що коефіцієнти поглинання можна апроксимувати коефіцієнтами послаблення. Якщо порівняння між колімованими і дифузними вимірюваннями пропускання виявляють значну відмінність між коефіцієнтами поглинання і послаблення, вибирається інший, менш розсіювальний чорний пігмент.

Потім коефіцієнт поглинання Кубелки-Мунка для чорного пігменту можна обчислити з одержаних раніше вимірювань процента пропускання (%Transmission), з використанням наступного рівняння:

$$Absorbance = \ln\left(\frac{1}{\%Transmission/100}\right) \quad (1)$$

Потім коефіцієнт поглинання Кубелки-Мунка пігменту,  $A_{black}$ , обчислюється з коефіцієнта поглинання при перенесенні (TAC), одержаного з коефіцієнта поглинання (Absorbance), товщини T плівки і об'ємної частки  $V_{black}$  чорного пігменту з використанням наступного рівняння,

$$TAC = \frac{Absorbance}{T \times V_{black}} \quad (2)$$

и і

$$A_{black} = 2 \times TAC \quad (3)$$

Ця процедура може повторюватися для складів, що містять різні об'ємні частки чорних пігментів для перевірки лінійності між поглинанням і об'ємної частки. Наприклад, для сажі можна використовувати об'ємні частки 0,01, 0,005 і 0,001.

Етап 11 демонструє етап, на якому одержують коефіцієнт поглинання Кубелки-Мунка для, по суті, непоглинаючого розсіювального пігменту. Коефіцієнт може бути попередньо визначеним, хоча його можна одержати наступним способом.

Обчислення коефіцієнта розсіювання Кубелки-Мунка непоглинаючого розсіювального пігменту як функції довжини хвилі і об'ємної частки непоглинаючого пігменту вимагає приготування набору сірих фарб, що містять, по суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент в діапазоні об'ємних часток при фіксованій об'ємній частці чорного пігменту.

Обчислення здійснюються для визначення маси чорного пігменту, підготовленого як вищеописана фарба, і маси непоглинаючого розсіювального пігменту, яку необхідно змішувати для одержання набору сірих фарб з об'ємними частками непоглинаючого розсіювального пігменту 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,35 і 0,4.

Необхідна маса чорного пігменту і непоглинаючого розсіювального пігменту зважуються для кожної сірої фарби. Необхідні комбінації змішуються. Можна використовувати будь-який високошвидкісний диспергований змішувач для використання в лакофарбувальній промисловості. Тепер сіра фарба готова для нанесення на основу.

Порцію кожної сірої фарби вміщують на карту непрозорості і розмазують за допомогою аплікатора з дротяною обмоткою № 9 з використанням пригладжувальної дії. Потім їй дають повністю висохнути або сушать в печі при належній температурі.

Процент відображення реєструється з розділенням, по суті, 10 нм від 300 до 2500 нм з використанням спектрометра. Як згадано вище, придатний спектрометр Cary 5000 UV/Vis/NIR, зв'язаний з фотометричною кулею

діаметром 150 мм, або будь-який аналогічний пристрій. Вимірювання проводяться на чорних і білих ділянках карти непрозорості. Спектри по чорних областях і по білих областях порівнюються, щоб гарантувати, що плівка фарби є оптично товстою протягом діапазону довжин хвилі. Таким чином, якщо відмінностей в спектрах по чорних і білих областях не виявлено, шар фарби є «оптично товстим». У випадку виявлення відмінності, товщину шару збільшують, доки відмінність не зникне. Таким чином, плівка, яка є оптично товстою, має спектр відображення, який однаковий при вимірюванні на чорній і білій основі.

Вимірювання повторюються для діапазону об'ємних часток непоглинаючого розсіювального пігменту для характеристики впливу надмірної концентрації на розсіювання.

Обчислення відношень між коефіцієнтом розсіювання і коефіцієнтом поглинання Кубелки-Мунка можна проводити на основі процента відображення, виміряного на основі спектра.

Перший етап цього обчислення передбачає використання рівняння Сандерсона для корекції виміряного процента відображення (%reflection) для граничних ефектів.

$$R_{\text{corr}} = \frac{(\% \text{Reflection}/100) - 0.05}{(1 - 0.05 - 0.55 \times (1 - (\% \text{Reflection}/100)))} \quad (4).$$

Потім відношення коефіцієнта поглинання Кубелки-Мунка до коефіцієнта розсіювання Кубелки-Мунка для сірої фарби  $(K/S)_g$  обчислюється зі скоректованого процента відображення  $R_{\text{corr}}$ .

$$\left(\frac{K}{S}\right)_g = \frac{(R_{\text{corr}} - 1)^2}{2 \times R_{\text{corr}}} \quad (5).$$

Об'ємна частка в сухій плівці фарби ( $\phi_b$ ) і коефіцієнт поглинання відомі для чорного пігменту. Можна передбачити, що в поглинанні переважає поглинання чорного пігменту в межах довжин хвилі 410-2500 нм, що дозволяє апроксимувати коефіцієнт поглинання Кубелки-Мунка сірої суміші  $K_g$  у вигляді

$$K_g = k_b \times \phi_b \quad (6),$$

де  $k_b$  є коефіцієнтом поглинання Кубелки-Мунка чорного пігменту. Можна передбачити цей діапазон, оскільки, по суті, непоглинаючий розсіювальний пігмент, тобто  $\text{TiO}_2$  сильно поглинає (тобто 'є чорним') на довжинах хвилі менше 400 нм, так що сажа більше не переважає. Таким чином, коефіцієнт розсіювання  $S_g$  задається у вигляді:

$$S_g = \left(\frac{S}{K}\right)_g \times k_b \times \phi_b \quad (7),$$

$S_g$  обчислюється для множини довжин хвилі і об'ємних часток непоглинаючого пігменту  $\phi_{\text{nas}}$ . На кожній довжині хвилі залежність  $S_g$  від  $\phi_{\text{nas}}$  була апроксимована поліномом третього ступеню.

$$S_g(\phi_{\text{nas}}, \lambda) = \alpha_1(\lambda)\phi_{\text{nas}} + \alpha_2(\lambda)\phi_{\text{nas}}^2 + \alpha_3(\lambda)\phi_{\text{nas}}^3 \quad (8).$$

Набір даних також дозволяє ідентифікувати об'ємну частку непоглинаючого пігменту в сухій плівці фарби, нижче якої апроксимація

$$S_g = s_{\text{nas}} \times \phi_{\text{nas}} \quad (9),$$

справедлива протягом діапазону довжин хвилі 410-2500 нм.

Залежність об'ємної частки від коефіцієнта розсіювання Кубелки-Мунка, апроксимована поліномом, дозволяє інтерполювати функція розсіювання для будь-якої об'ємної частки пігменту.

Для обчислення коефіцієнтів розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка вимірювання відображення виготовляються в плівках фарби, в яких кольоровий пігмент, що підлягає характеристиці, включений до складу чорної і білої фарб.

Етап 12 містить одержання спектра розсіювального кольорового пігменту в діапазоні об'ємних часток з чорним пігментом.

Цей етап містить приготування набору фарб, що містить, як чорний пігмент із попередньо визначеною об'ємною часткою, так і кольоровий пігмент в діапазоні об'ємних часток.

Для легко диспергованих пігментів, пігмент можна додавати до зв'язувальної речовини в змішувальному баці у вигляді порошку. Для кольорових пігментів, які гірше піддаються диспергуванню, концентрат колірної пасти спочатку проводиться і струшується згідно зі способом, описаним вище для чорного пігменту. Потім необхідна маса концентрату колірної пасти додається до зв'язувальної речовини в змішувальному баці.

Обчислюються маси чорної фарби (приготування якої детально описане вище) і кольорового пігменту, які необхідно змішувати для одержання набору фарб з об'ємними частками кольорового пігменту 0,01, 0,02, 0,05 і 0,07. Фахівець в даній галузі техніки знайомий з цим обчисленням. Об'ємні частки вибираються таким чином, щоб гарантувати лінійність залежності вимірних коефіцієнтів розсіювання від об'ємної частки пігменту, що буде відоме або визначене в ході вимірювань коефіцієнта поглинання.

Для кожної фарби кількість кольорового пігменту і чорної фарби зважується і додається в бак і потім змішується протягом приблизно 2,5 хвилин з використанням відповідного диспергованого пристрою (наприклад, високошвидкісного диспергатора). Потім додається додаткова кількість чорної фарби, що залишилася, і суміш додатково перемішується (наприклад, приблизно 2 хвилини). Тепер фарба готова для нанесення.

Порцію фарби вміщують на верхню частину карти непрозорості і розмазують за допомогою аплікатора з дротяною обмоткою № 9 з використанням пригладжувальної дії і дають повністю висохнути або сушать в печі при належній температурі.

Процент відображення реєструється з інтервалами 10 нм від 300 до 2500 нм з використанням спектрометра, наприклад, спектрометра Cary 5000 UV/Vis/NIR, зв'язаного з фотометричною кулею діаметром 150 мм. Вимірювання проводяться на чорних і білих ділянках карти непрозорості. Спектри на чорному і білому порівнюють, щоб гарантувати, що плівка фарби є оптично товстою протягом діапазону довжин хвилі. У випадку виявлення відмінності в спектрах товщину фарби збільшують, доки відмінність не зникне. У такому випадку, фарба вважається "оптично товстою", і спектр вимірюється і реєструється.

Етап 12' демонструє вибір іншої об'ємної частки і повторення етапу 12, доки не будуть оброблені всі об'ємні частки.

Етап 13 містить одержання спектра кольорового пігменту в діапазоні об'ємних часток з непоглинаючим, розсіювальним пігментом.

Цей етап містить приготування набору фарб, що містить непоглинаючий, розсіювальний пігмент з відомою об'ємною часткою і кольоровий пігмент в діапазоні об'ємних часток.

Для легко диспергованих кольорових пігментів, пігмент можна додавати до суміші зв'язувальної речовини в змішувальному баці у вигляді порошку. Для кольорових пігментів, які гірше піддаються диспергуванню, концентрат колірної пасти спочатку виготовляється і струшується згідно зі способом, описаним вище для чорного пігменту. Потім необхідна маса концентрату колірної пасти додається до зв'язувальної речовини в змішувальному баці.

Обчислюються маси непоглинаючого розсіювального пігменту (приготування якого детально описане вище) і кольорового пігменту, які необхідно змішувати для одержання набору фарб з об'ємними частками непоглинаючих розсіювальних пігментів 0,15 в сухій плівці фарби і об'ємними частками кольорового пігменту 0,01, 0,02, 0,05 і 0,07 в сухій плівці фарби. Ці об'ємні частки вибираються таким чином, щоб гарантувати лінійність залежності вимірних коефіцієнтів розсіювання від об'ємної частки пігменту, що буде відоме або визначене в ході вимірювань коефіцієнта поглинання.

Для кожної фарби, кількість кольорового пігменту і непоглинаючого розсіювального пігменту зважується і додається в змішувальний бак і диспергується протягом приблизно 2,5 хвилин. Потім додається додаткова кількість смоли, і суміш додатково перемішується. Наприклад, ще 2 хвилини. Тепер фарба готова для нанесення.

Порцію фарби вміщують на верхню частину карти непрозорості і розмазують за допомогою аплікатора з дротяною обмоткою № 150 з використанням пригладжувальної дії, і дають повністю висохнути або сушать в печі при належній температурі. Ця процедура повторюється декілька разів (в цьому варіанті здійснення три рази) для створення плівки з товщиною плівки близько 200 мікрон, яка вважається оптично товстою.

Процент відображення реєструється з інтервалами 10 нм від 300 до 2500 нм з використанням спектрометра Cary 5000 UV/Vis/NIR, зв'язаного з фотометричною кулею діаметром 150 мм. Вимірювання проводяться на чорних і білих ділянках карти непрозорості. Спектри на чорному і білому порівнюються, щоб гарантувати, що плівка фарби є оптично товстою протягом діапазону довжин хвилі. У випадку виявлення відмінності в спектрах, товщину фарби збільшують, доки відмінність не зникне. У такому випадку, фарба вважається "оптично товстою", і спектр вимірюється і реєструється.

Етап 13' демонструє вибір іншої об'ємної частки, і повторення етапу 13 доки не будуть оброблені всі об'ємні частки.

Етап 14 містить об'єднання спектра відображення, одержаного на етапах 12 і 13, і використанні рівнянь Кубелки-Мунка для складання системи рівнянь. Рішення цих рівнянь дозволяє визначити коефіцієнти поглинання і розсіювання Кубелки-Мунка для пігментів як функцію об'ємної частки пігменту і довжини хвилі.

На першому етапі обчислюють відношення між коефіцієнтами розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка з процента відображення (%Reflection).

Для цього необхідно використовувати рівняння Сандерсона для корекції виміряного процента відображення для граничних ефектів. Скоректований процент відображення,  $R_{corr}$ , обчислюється таким чином:

$$R_{corr} = \frac{(\%Reflection/100) - 0.05}{(1 - 0.05 - 0.55 \times (1 - (\%Reflection/100)))} \quad (9)$$

Потім відношення коефіцієнта поглинання Кубелки-Мунка до коефіцієнтів розсіювання Кубелки-Мунка для сірої фарби  $(K/S)_g$  можна обчислити зі скоректованого фракційного відображення.

$$\left(\frac{K}{S}\right) = \frac{(R_{corr} - 1)^2}{2 \times R_{corr}} \quad (10)$$

З використанням вищеописаної методології можна обчислити відношення коефіцієнтів розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка для кольорових пігментів в чорній і білій фарбах -  $(K/S)_{c,b}$  і  $(K/S)_{c,w}$  відповідно, для діапазону об'ємних часток кольорового пігменту. Були знайдені об'ємні частки чорного  $(\phi_b)$ , непоглинаючого розсіювального  $(\phi_{nas})$  і кольорових пігментів  $(\phi_c)$  в сухих плівках фарби. Також були одержані коефіцієнт поглинання чорного пігменту  $(k_b)$  і коефіцієнт розсіювання непоглинаючого розсіювального пігменту  $(S_{nas})$ . Тепер коефіцієнти розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка  $(s_c$  і  $k_c)$  для кольорових пігментів можна обчислити (в областях, де залежність від об'ємної частки кольорового пігменту є лінійною) з використанням наступних рівнянь.

$$s_c \phi_c = \frac{s_{nas} \phi_{nas} \times \left(\frac{K}{S}\right)_{c,w} + k_b \phi_b}{\left[\left(\frac{K}{S}\right)_{c,b} - \left(\frac{K}{S}\right)_{c,w}\right]} \quad (11)$$

$$k_c \varphi_c = \left( \frac{K}{S} \right)_{r,w} \times (s_{nas} \varphi_{nas} + s_c \varphi_c) \quad (12)$$

$s_c$  і  $k_c$  виходять на основі нахилів кривих  $s_c \varphi_c$  і  $k_c \varphi_c$ , обчислених з вищенаведених рівнянь, відносно  $\varphi_c$ .

Етап 15 містить обчислення концентрацій пігментів необхідних для спектрального узгодження цільового відображення у видимій частині спектра.

Спочатку, визначається діапазон концентрацій, в якому можна застосовувати припущення лінійності при об'єднанні пігментів. Він може бути попередньо визначеним або виводитися з вимірювань кольорового пігменту в сажі.

Обчислення складу фарби, який буде узгоджуватися з бажаним цільовим кольором, визначається таким чином.

Процент відображення об'єкта з бажаним цільовим кольором вимірюється через кожні 10 нм протягом видимого спектра, наприклад від 400 до 770 нм з використанням спектрометра Cary 5000 UV/Vis/NIR, зв'язаного з фотометричною кулею діаметром 150 мм. Альтернативно, цільовий колір можна одержати за допомогою набору параметрів.

Прогнозований процент відображення для плівки фарби, що містить дану суміш пігментів, обчислюється зі скоректованого процента відображення ( $R_{corr}$ ) для плівки фарби, що містить дану суміш пігментів з використанням наступного рівняння.

$$\%Reflection = \left[ \frac{(0.05 + ((1 - 0.05) \times (1 - 0.5) \times R_{corr}))}{(1 - 0.5 \times R_{corr})} \right] \times 100 \quad (13).$$

Скоректоване фракційне відображення можна обчислити з відношення коефіцієнтів розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка для оптично товстої плівки, що містить дану суміш пігментів, з використанням наступного рівняння.

$$R_{corr} = 1 + \left( \frac{K}{S} \right) - \left( \left( 1 + \left( \frac{K}{S} \right) \right)^2 - 1 \right)^{1/2} \quad (14).$$

Відношення коефіцієнтів розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка для оптично нескінченно товстої плівки, що містить дану суміш пігментів можна обчислити з їх об'ємних часток в сухій плівці фарби і їх коефіцієнтів поглинання і розсіювання Кубелки-Мунка з використанням наступного рівняння

$$\left( \frac{K}{S} \right) = \frac{k_1 \times \varphi_1 + k_2 \times \varphi_2 + k_3 \times \varphi_3 \dots}{s_1 \times \varphi_1 + s_2 \times \varphi_2 + s_3 \times \varphi_3 \dots} \quad (15).$$

де  $k_n$  - коефіцієнт поглинання пігменту  $n$ ,  $s_n$  - коефіцієнт розсіювання пігменту  $n$ , і  $\varphi_n$  - об'ємна частка пігменту  $n$  в сухій плівці фарби.

Вищенаведені обчислення можна повторювати для одержання прогнозованого процента відображення з інтервалами 10 нм в межах довжин хвилі 400-770 нм для оптично нескінченно товстої плівки, що містить дану суміш пігментів.

Значення об'ємних часток різних пігментів в сухій плівці фарби можна регулювати, доки сума квадратів різниць між прогнозованими процентами відображення і цільовими процентами відображення, вимірними з інтервалами 10 нм від 400 до 770 нм, не досягне мінімального значення.

Потім систему вимірювання фарби можна запрограмувати для створення фарби з необхідними об'ємними частками пігментів в сухій плівці фарби і, таким чином, для узгодження з бажаним кольором.

Етап 16 представляє фарбу, що виготовляється відповідно до обчисленого складу.

Етап 17 задає етап, на якому обчислюють коефіцієнт відображення сонячного світла складу. Це досягається таким чином:

Прогнозований процент повного коефіцієнта відображення сонячного світла для плівки фарби, що містить дану суміш пігментів, обчислюється з прогнозованого процента відображення з інтервалами 10 нм від 300 до 2500 нм, з використанням наступного рівняння

$$\%Total\ solar\ reflection = \frac{\sum_{300}^{2500} Solar\ Irradiance(\lambda) \times (\%Reflection(\lambda)/100)}{\sum_{300}^{2500} Solar\ Irradiance(\lambda)} \quad (16).$$

Solar Irradiance (сонячне опромінення) це попередньо визначена функція довжини хвилі, яка представляє сонячне випромінювання. Процент відображення, %Reflection, обчислюється зі скоректованого фракційного відображення ( $R_{corr}$ ) для плівки фарби, що містить дану суміш пігментів, з використанням наступного рівняння.

$$\%Reflection = \left[ \frac{(0.05 + ((1 - 0.05) \times (1 - 0.5) \times R_{corr}))}{(1 - 0.5 \times R_{corr})} \right] \times 100 \quad (17).$$

Скоректоване фракційне відображення можна обчислити з відношення коефіцієнтів розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка для оптично нескінченно товстої плівки, що містить дану суміш пігментів, з використанням

наступного рівняння:

$$R_{\text{сорт}} = 1 + \left( \frac{K}{S} \right) - \left[ \left( 1 + \left( \frac{K}{S} \right) \right)^2 - 1 \right]^{1/2} \quad (18).$$

Відношення коефіцієнтів розсіювання і поглинання Кубелки-Мунка для оптично товстої плівки, що містить дану суміш пігментів, можна обчислити з їх об'ємних часток в сухій плівці фарби і їх коефіцієнтів поглинання і розсіювання Кубелки-Мунка з використанням наступного рівняння:

$$\left( \frac{K}{S} \right) = \frac{k_1 \times \varphi_1 + k_2 \times \varphi_2 + k_3 \times \varphi_3 \dots}{s_1 \times \varphi_1 + s_2 \times \varphi_2 + s_3 \times \varphi_3 \dots} \quad (19),$$

де  $k_n$  - коефіцієнт поглинання пігменту  $n$ ,  $s_n$  - коефіцієнт розсіювання пігменту  $n$ , і  $\varphi_n$  - об'ємна частка пігменту  $n$  в сухій плівці фарби. Таким чином, можна обчислити повний коефіцієнт відображення сонячного світла цієї суміші пігментів, як функцію товщини плівки, на чорній і білій основах.

Цей спосіб забезпечує бажану здатність до узгодження кольорів і прогнозування повних коефіцієнтів відображення сонячного світла і тепловиділення для матеріалу, пігментованого даним набором нерозсіювальних або крупнокристалічних матеріалів до створення фарби. Це має ту перевагу, що дозволяє не тільки точно погоджувати колір фарби з цільовим кольором, але і кількісно прогнозувати повний коефіцієнт відображення сонячного світла і тепловиділення матеріалів, що містить кольорові пігменти. Це особливо корисно, оскільки дозволяє ефективно розробляти матеріали "холодних кольорів".

Розсіювальні пігменти з великим розміром кристалів, що переважно використовуються в матеріалах холодних кольорів, дозволяють розширювати цю методологію на більш високі об'ємні частки, ніж в традиційних системах.

Підхід Кубелки-Мунка традиційно використовується для визначення видимого спектра відображення матеріалів, що містять суміш нерозсіювальних кольорових пігментів в поєднанні з сильно розсіювальним пігментом на основі діоксиду титану (тобто непоглинаючим розсіювальним пігментом). Використання цього підходу більш проблематичне при високих об'ємних частках діоксиду титану і коли кольорові пігменти вносять значний внесок в повне розсіювання матеріалу, внаслідок ефектів надмірної концентрації. Прогнозування ускладнюється в ближній інфрачервоній частині спектра, де вплив надмірної концентрації на розсіювання ще більш виражений.

Цей підхід, зокрема, застосуємо для пігментів, призначених для використання в матеріалах холодних кольорів, тобто матеріалах, що мають високе відображення в ближній інфрачервоній частині спектра, оскільки розсіювальні пігменти, що використовуються в додатках холодних кольорів, часто мають більш великі кристали, ніж ті, які використовуються в додатках, де відображення випромінювання в ближній інфрачервоній області не грає помітної ролі. Об'ємні частки, при яких надмірна концентрація пігменту стає важливою, значно вища для цих крупнокристалічних матеріалів і, таким чином, вищеописаний підхід можна застосовувати до ширшого діапазону таких складів, ніж у випадку матеріалів не холодних кольорів. Наприклад, було визначено встановлено, що лінійне співвідношення між коефіцієнтом розсіювання і об'ємною часткою має місце при об'ємній частці пігменту нижче близько 30%, коли пігменти з великим розміром часток (приблизно 1 мікрон) використовуються для характеристики, тоді як це лінійне співвідношення має місце при об'ємній частці пігменту тільки нижче близько 10% для частинок розміром 0,3 мікрона.

Фіг. 3 демонструє промисловий процес, в якому використовується варіант здійснення способу згідно з винаходом. Промисловий процес здійснюється системою узгодження кольорів. Етап 30 демонструє прийом матеріалу зразка, колір якого повинен бути узгоджений з фарбою. Цей колір є цільовим кольором. Спектр відображення зразка береться у видимій частині спектра. У даному прикладі, цей спектр проходить від 400 до 770 нм з розділенням 10 нм.

Спектральні дані вимірювань приймаються на етапі 31 і спрямовуються в обчислювач 32 колірної моделі. Обчислювач 32 колірної моделі зберігає коефіцієнти поглинання і коефіцієнти розсіювання для різних кольорових пігментів. Ці коефіцієнти виходять відповідно до вищеописаного способу. Зокрема, етап 33 ілюструє вимірювання спектра кожного пігменту, як описано вище. Етап 34 демонструє компіляцію коефіцієнтів поглинання і коефіцієнтів розсіювання для введення в обчислювач 32 колірної моделі.

Обчислювач 32 колірної моделі визначає комбінацію кольорових пігментів і їх об'ємних часток для одержання фарби цільового кольору, як описано вище.

На етапі 35 з обчислювача 32 колірної моделі виводиться обчислений склад фарби, який містить об'ємні частки пігментів, необхідні в сухій плівці фарби. Вихідний сигнал містить колірний простір  $L^*a^*b^*$  CIE 1976 координат для узгодженого кольору відносно світності  $L^*$  і колірних координат  $a^*$  і  $b^*$ . Крім того, обчислювач 32 генерує колірний простір  $L^*a^*b^*$  для цільового кольору  $L^*$ ,  $a^*$  і  $b^*$ . Вихідний сигнал обчислювача також включає в себе прогнозований процент повного коефіцієнта відображення сонячного світла узгодженого кольору, що дозволяє оцінювати термодинамічну поведінку фарби. Крім того, виробляється відмінність, що прогнозується між кольором цільового кольору і кольором складу, який обчислювач визначає як узгоджений з цільовим кольором,  $\Delta E_{76}$ . Очевидно, що здатність системи до узгодження кольорів обмежена кольоровими пігментами, які є в наявності, і, таким чином, значення  $\Delta E_{76}$  є промисловим стандартом ступеню колірної узгодженості.

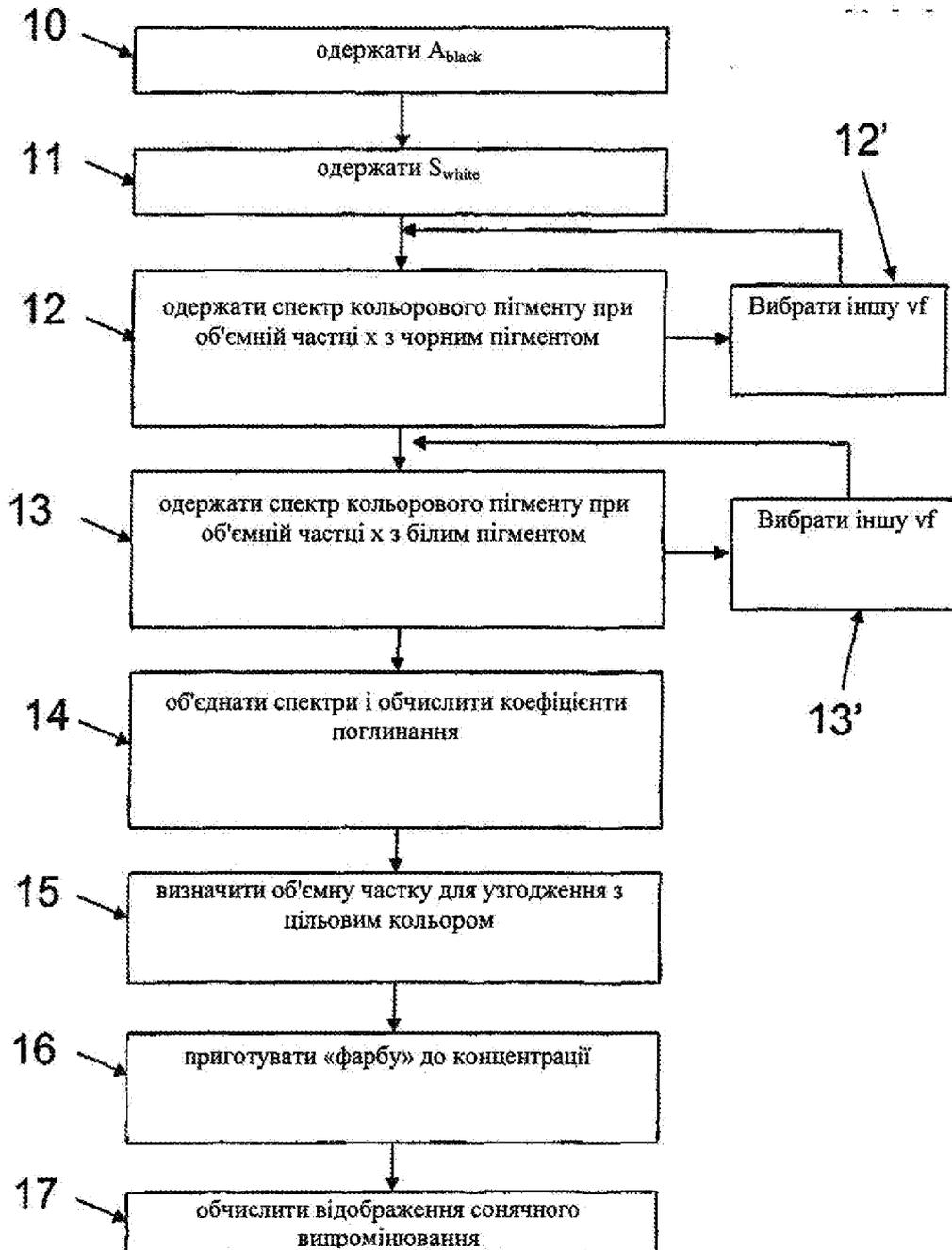
Вихідний сигнал, одержаний на етапі 35, використовується в пристрої вимірювання пігменту, який готує узгоджену фарбу на етапі 36. Одержуваний склад містить масу всіх компонентів вологої фарби, обчислену на основі об'ємних концентрацій пігментів, необхідних в сухій плівці фарби, які визначаються обчислювачем 32. Для цього обчислення потрібно знати густину всіх матеріалів, присутніх у вологій фарбі та сухій плівці фарби.

При виконанні процедури контролю якості, етап 37 передбачає вимірювання спектра відображення для узгодженої фарби. Спектр береться протягом видимого спектра і, зокрема, від 400 до 770 нм з розділенням 10 нм. Дані зіставляються на етапі 38 і повертаються в обчислювач 32 колірної моделі (двічі показано на фіг. 3 для

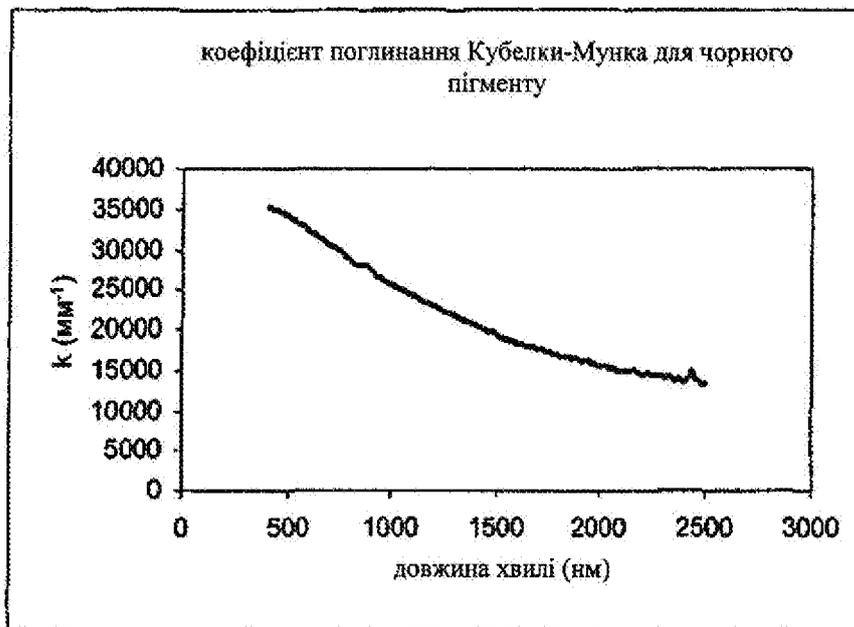
зрозумілості). Етап перевірки здійснюється на етапі 39 для перевірки, наскільки точно прогнозовані значення відповідають фактично виготовленій фарбі. Це можна використовувати для ідентифікації помилок в коефіцієнтах, одержаних на етапах 33 і 34 або неточностей в пристрої вимірювання пігменту, що використовується на етапі 36.

Етап 40 демонструє координати колірному простору Lab регульованого узгодженого кольору. Це регулювання може здійснюватися вручну або може бути автоматизованою процедурою, яка ітераційно регулює значення для одержання найкращого узгодження. Потім можна створювати фарбу відрегульованого складу.

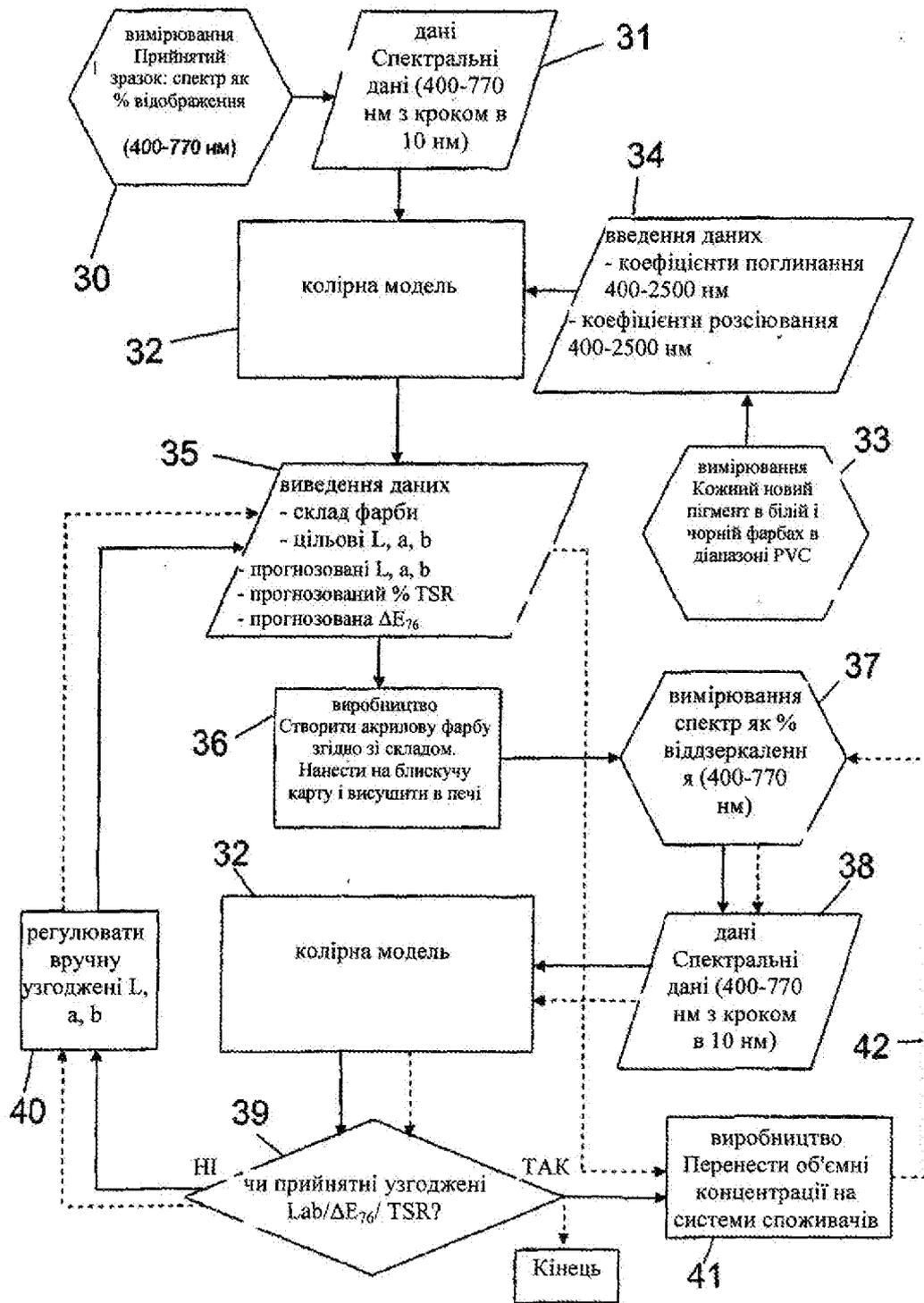
Якщо прогнозовані значення колірному простору Lab, значення повного коефіцієнта відображення сонячного світла або значення  $\Delta E_{76}$  достатньо точні, процес може перейти до етапу 41, на якому фарба може йти в повне виробництво для доставки споживачеві. Пунктирна лінія 42 демонструє, що додаткові перевірки якості можуть проводитися на системах споживачів. Наприклад, пристрій вимірювання пігменту споживача може створювати дещо інший колір, який можна скомпенсувати за допомогою цієї додаткової перевірки.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3