



Влияние наполнителей на оптические свойства изделий из пластика

Семинар для производителей суперконцентратов



Мишель Кинт

The miracles of science™

© 2004 E.I. du Pont de Nemours and Company. All Rights Reserved. The DuPont oval™, the miracles of science™, DuPont and Product Name® are trademarks or registered trademarks of E. I. du Pont de Nemours and Company.



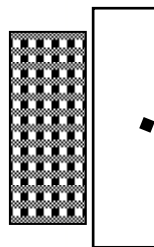
Содержание

- Основы теории светорассеяния
- Влияние свойств пигментов и наполнителей на свойства пленки
- Сравнение эффективности различных неорганических наполнителей
- Выводы

Основы теории светорассеяния

Полная укрывистость
За счет светорассеяния

Вид сбоку



Источник
света

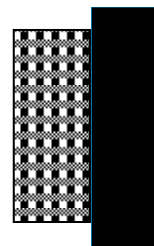


Глаз

Вид сверху



Полная укрывистость
За счет светопоглощения



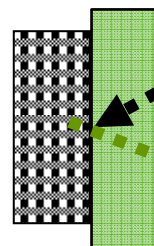
Источник
света



Глаз



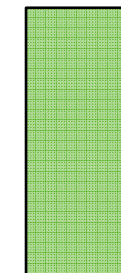
Неполная укрывистость:
Виден субстрат



Источник
света



Глаз



Влияние укрывистости в пленках

- Укрывистость за счет светорассеяния обеспечивает лучший внешний вид

Слабое светорассеяние
Сильное светопоглощение



Дешевое
Низкое качество
Старое
Пятна
грязное
устаре
еще



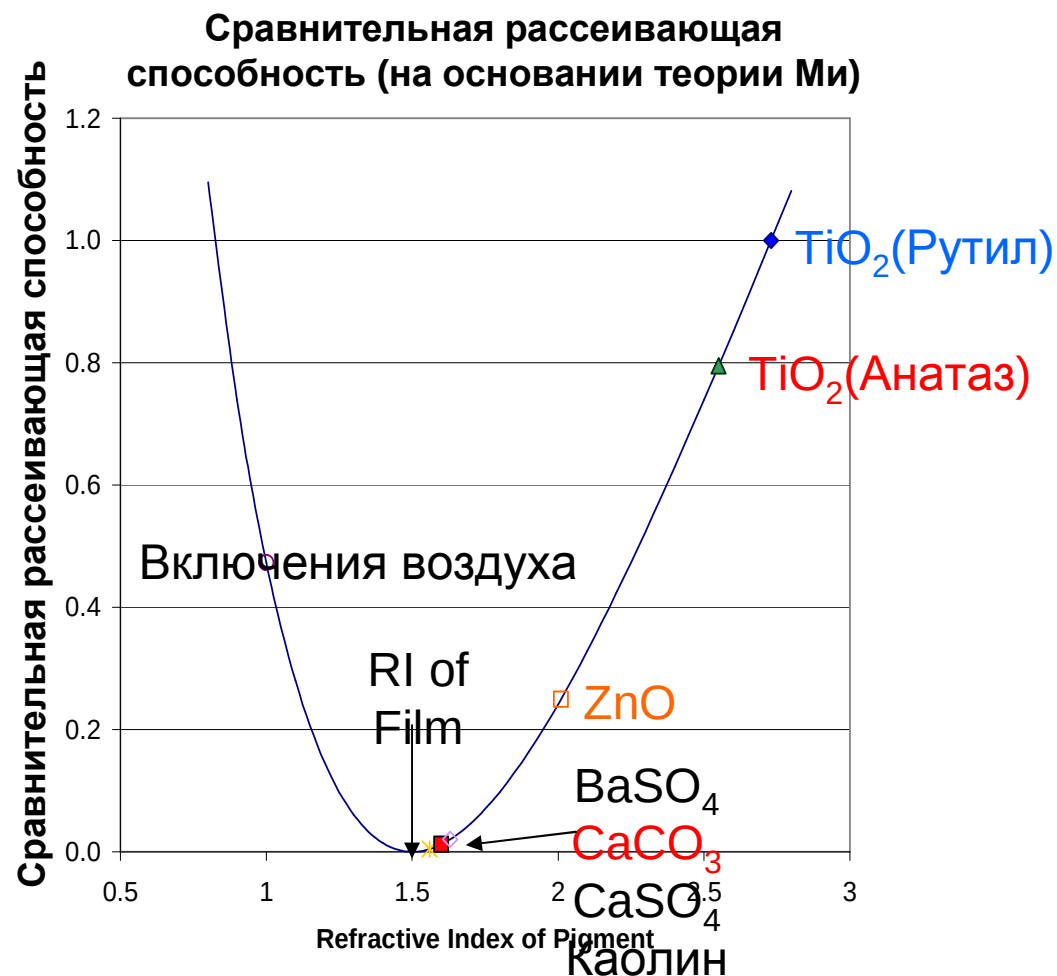
Предпочтительное
Новое
Качественное
Свежее
Эффективное светорассеяние
Низкое светопоглощение

улучшение внешнего вида

Показатель преломления и его влияние на укрывистость

Многие вещества могут быть использованы в полимерах (показатель преломления которых примерно 1.5) для придания им укрывистости

Цель – выбрать вещество с максимально высоким показателем преломления



Механизм светорассеяния

$$n = \frac{c}{v_p}$$

Показатель преломления вещества — величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде

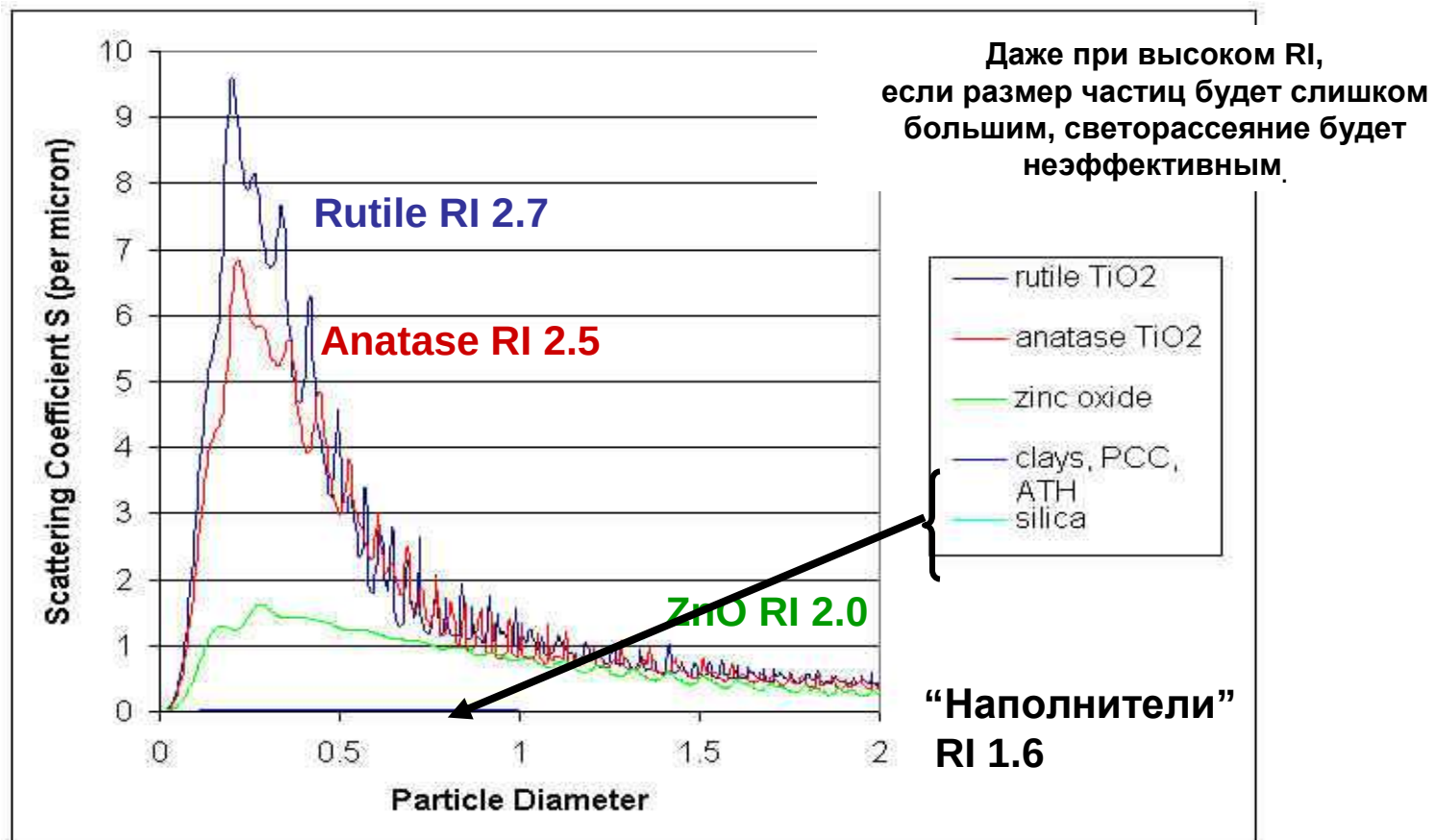
Однако, светорассеяние в значительной степени зависит и от размера частиц....



Светорассеяние в зависимости от размера пузырьков пены

Механизм светорассеяния

- Теория Ми: $S = f(\alpha, m)$
 - m = Отношение показателей преломления = RI пигмента / RI среды
Нет рассеяния при $m = 1$
 - α = Размер частиц = D частицы / длина волны
Диаметр $\sim \frac{1}{2}$ длины волны видимого света

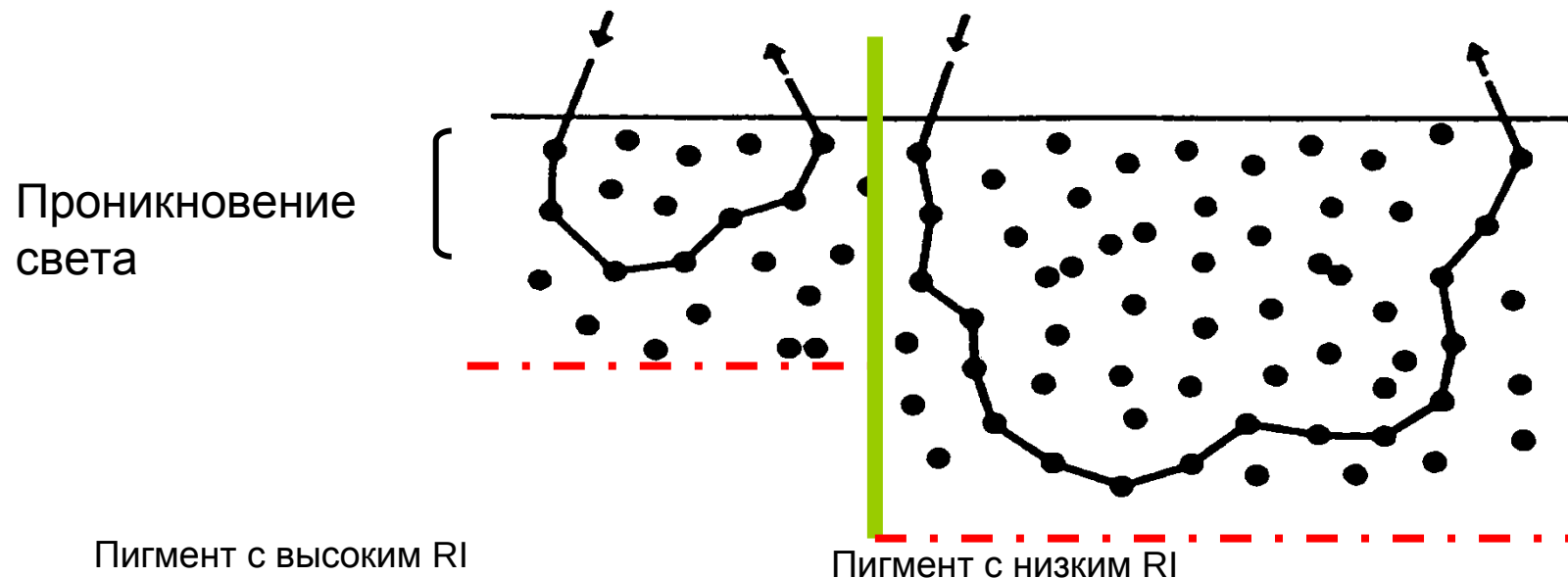


Механизм светорассеяния

Чем выше коэффициент преломления, тем меньше глубина проникновения света

В материалах, содержащих пигмент с низким коэффициентом преломления, свет проходит глубже, поэтому толщина пленки должна быть больше

В обоих случаях достигнута полная укрывистость, но для второго случая толщина плёнки должна быть больше, поскольку разница RI пигмента и среды меньше

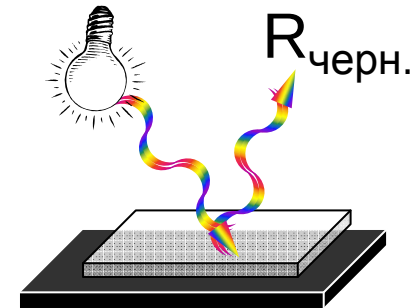


Измерение укрывистости

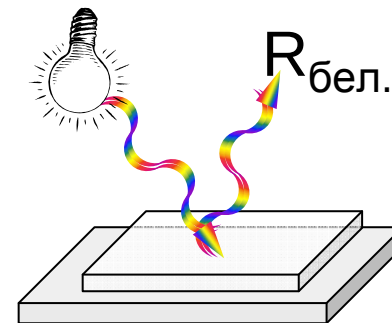
- “Укрывистость” - термин, отражающий эффективность светорассеяния в полимерных пленках
- Измерение «укрывистости» может проводиться по-разному. На основании:

“Контрастного числа”
или
цветовых характеристик в
окрашенных системах

Контрастное число



Белая пленка на
черном субстрате

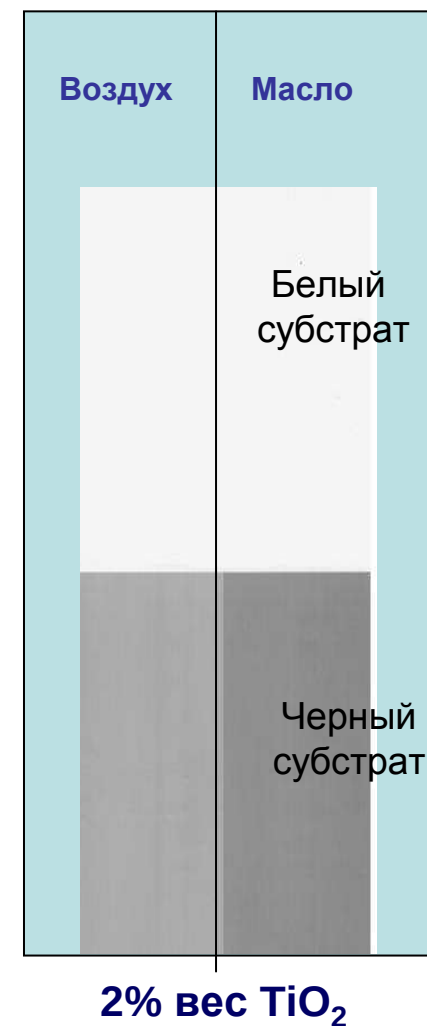
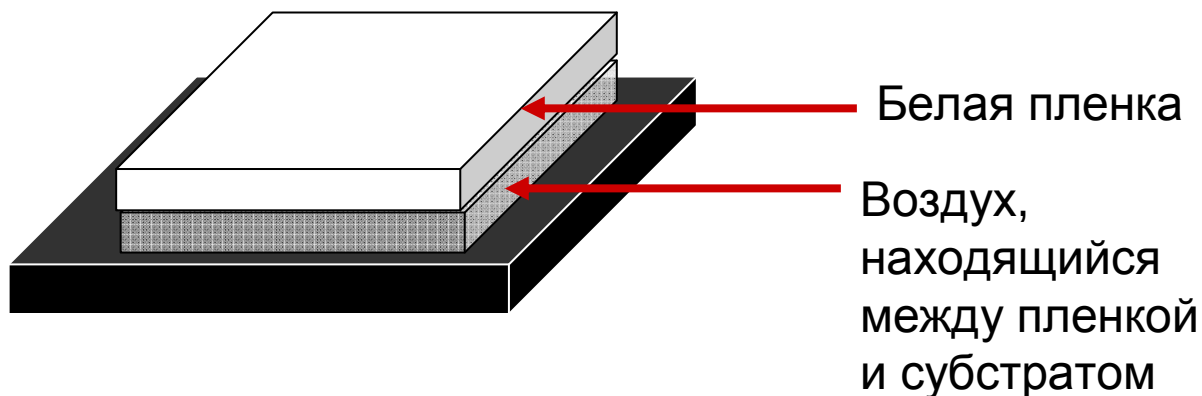


Белая пленка на
белом субстрате

$$\text{Ratio} = R_{\text{white}}/R_{\text{black}}$$

Особенности измерения укрывистости для полимерных пленок

- Воздух, находящийся между полимерной пленкой и ч/б субстратом, влияет на результаты измерения
- Луч света проходит через 2 среды, каждая из которых имеет свой показатель преломления
- Для получения достоверных данных необходимо использовать прозрачное масло, имеющее такой же (максимально близкий) коэффициент преломления, как и полимер в пленке





Факторы, влияющие на точность измерения укрывистости

- Контроль толщины пленки
- Контроль содержания TiO₂

Effect of variations in % TiO₂ and film thickness on L* when placed over black

	7.5% TiO ₂	8% TiO ₂	8.5% TiO ₂
film thickness 55 μm	93.5	94.16	94.77
film thickness 60 μm	94.38	95.04	95.65
film thickness 65 μm	95.19	95.85	95.46

- Даже небольшие отклонения в свойствах образца могут сильно повлиять на измеренный уровень укрывистости (L* на черном субстрате)



Разбеливающая способность и оттенок

Разбеливающая способность (VTS) косвенно характеризует укрывистость и характеризует эффективность TiO_2 в окрашенных пленках

Оттенок «в сером» (VUT) показывает влияние размера частиц на оттенок в окрашенной композиции

●Тест

- Смешиваются: 153 г винилового компаунда и 5 г TiO_2 на двухвалковой мельнице
- Изготавливается пленка
- На спектрофотометре измеряются показатели XYZ

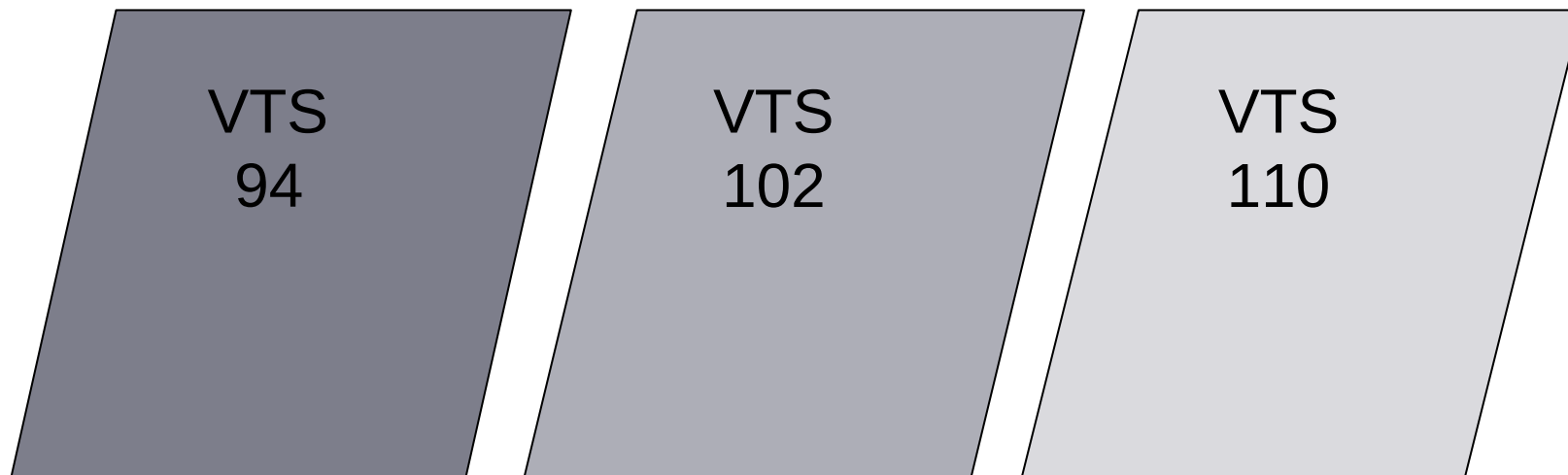
●Расчет результатов

- Разбеливающая способность: K/S определяется, исходя из показателя Y, с помощью уравнения Кубелки-Мунка
- Оттенок: определяется, как разница между Z/X испытуемого и стандартного образцов



Описание эксперимента

Отражение/рассеяние света TiO_2 в окрашенных пленках измеряется по образцам, изготовленным со строгим соблюдением пропорции TiO_2 /сажа в окрашенной пленке (ПВХ)



Чем выше значение разбеливающей способности (VTS), тем выше укрывистость

Разбеливающая способность и оттенок





Сравнение эффективности светорассеяния различных минеральных наполнителей

- Сравним показатель преломления TiO_2 ($\text{RI} \sim 2.73$) с:
 - CaSO_4 (~ 1.61)
 - CaCO_3 (~ 1.63)
 - BaSO_4 (~ 1.64)
 - ZnS (~ 2.35)

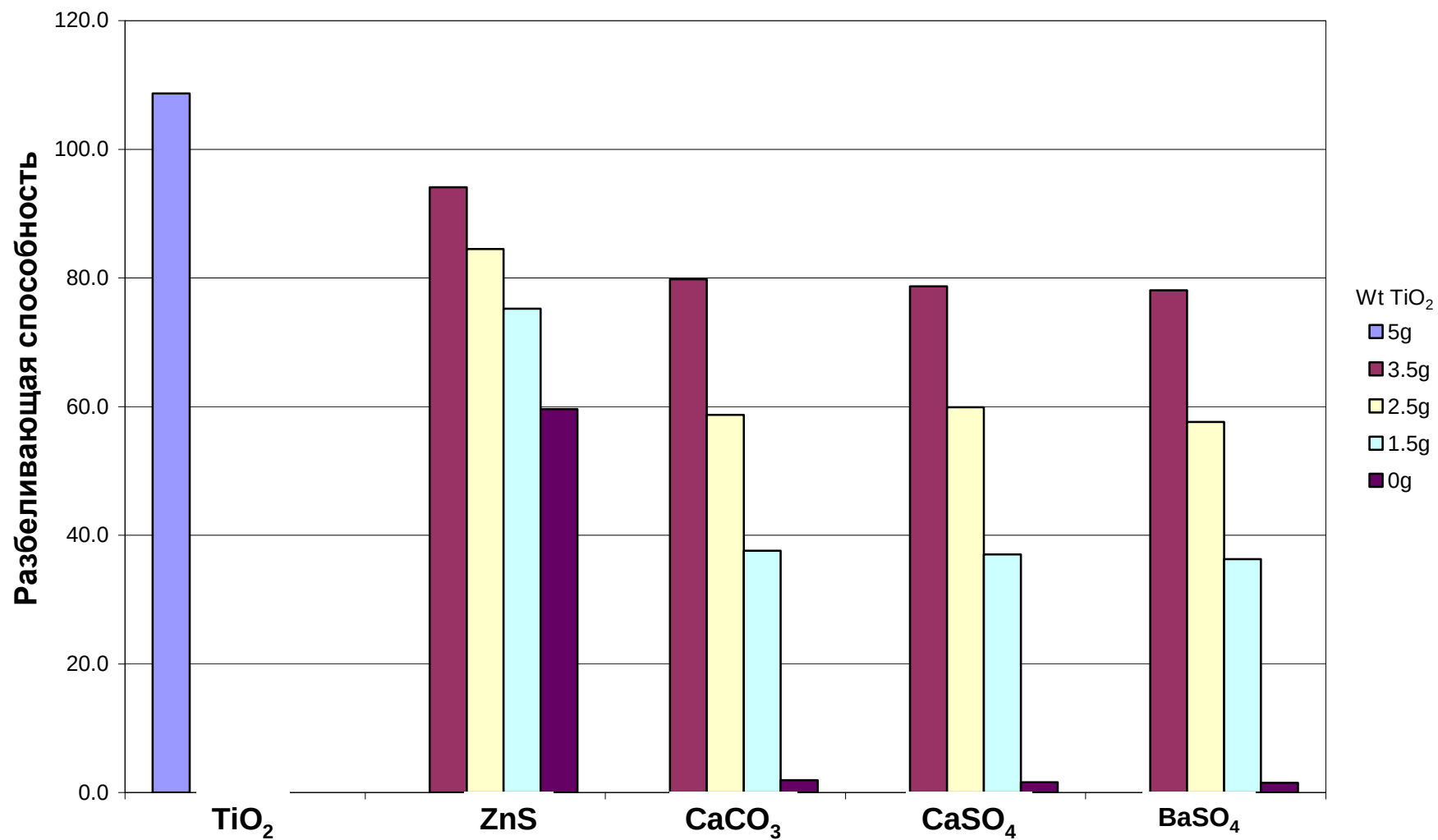
Сравнение рецептур проводилось при помощи стандартной методики определения разбеливающей способности

Различные варианты рецептов (масса веществ приведена в граммах)

№ экспери мента	TiO₂	CaCO₃	BaSO₄	ZnS	CaSO₄
1	5				
2	2.5	2.5			
3	1.5	3.5			
4	3.5	1.5			
5	0	5			
6	2.5		2.5		
7	1.5		3.5		
8	3.5		1.5		
9	0		5		
10	2.5			2.5	
11	1.5			3.5	
12	3.5			1.5	
13	0			5	
14	2.5				2.5
15	1.5				3.5
16	3.5				1.5
17	0				5



Summary Comparison of Optical Performance



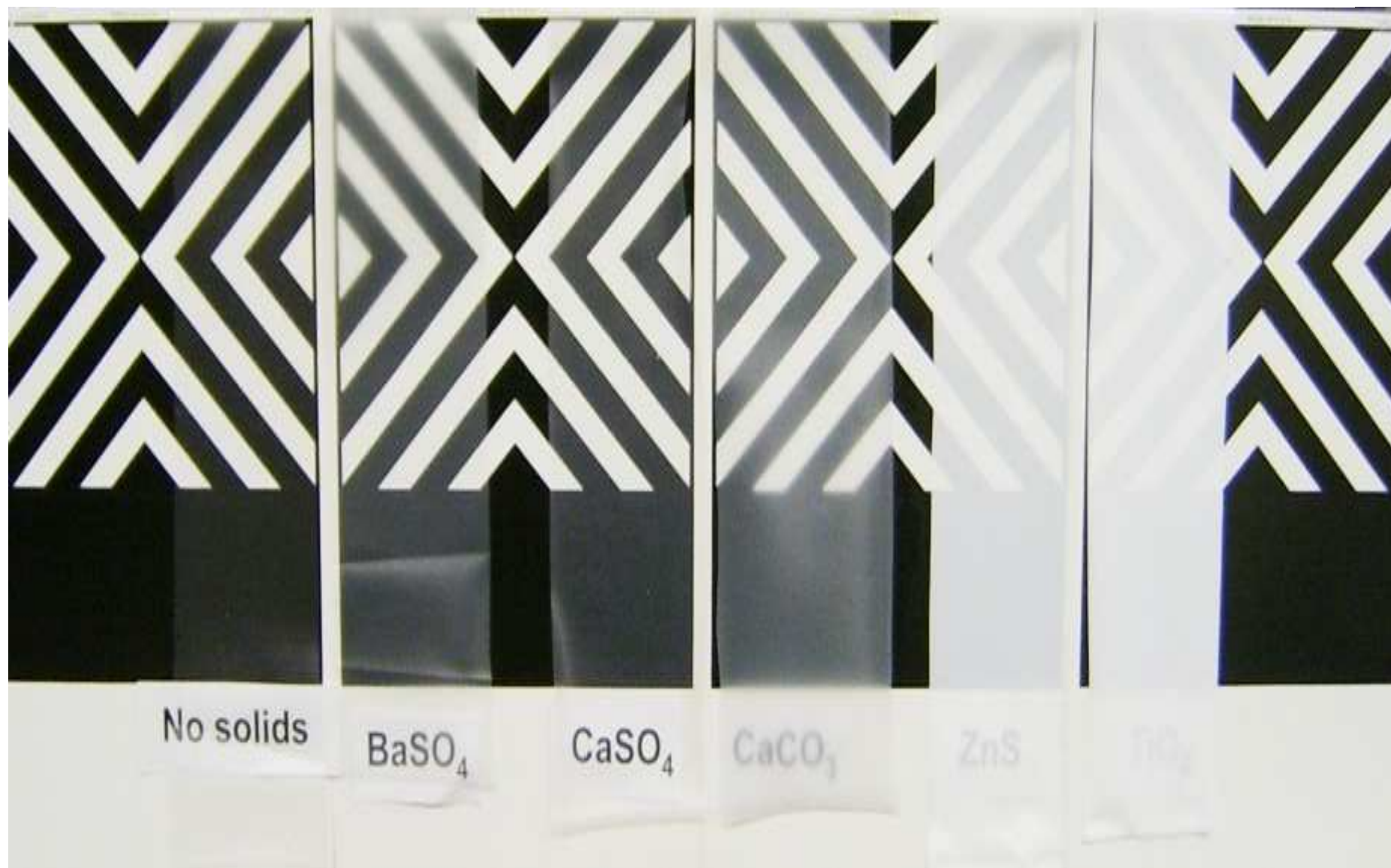
Содержание TiO_2 варьируется, исходя из общего содержания сухих компонентов равного 5 г



Результаты эксперимента

- Результаты достаточно предсказуемы
- В случае, если используется только CaCO_3 , BaSO_4 или CaSO_4 , требуемая укрывистость не может быть достигнута
- Укрывистость смесей прямо пропорционально зависит от коэффициентов преломления и концентраций составляющих ее пигментов и наполнителей

Результаты эксперимента





Использование масла необходимо независимо от того, какой тип пигмента или наполнителя используется (в данном случае, CaCO_3)



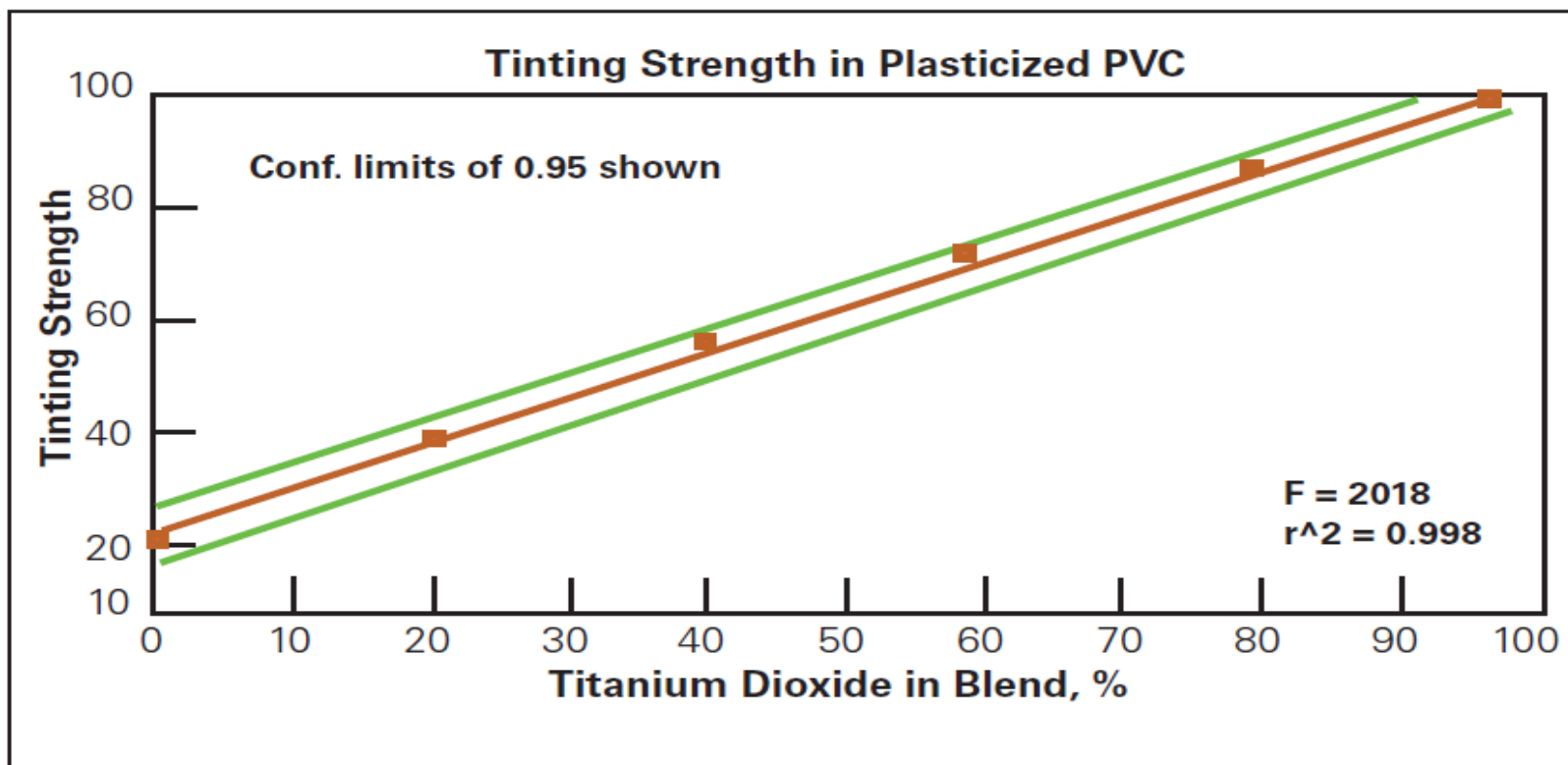
С использованием масла

Без масла

Литопон: низкая укрывистость

при использовании вместе с TiO_2 эффекта синергии не наблюдается

Figure 1. Replacement of TiO_2 with Lithopone

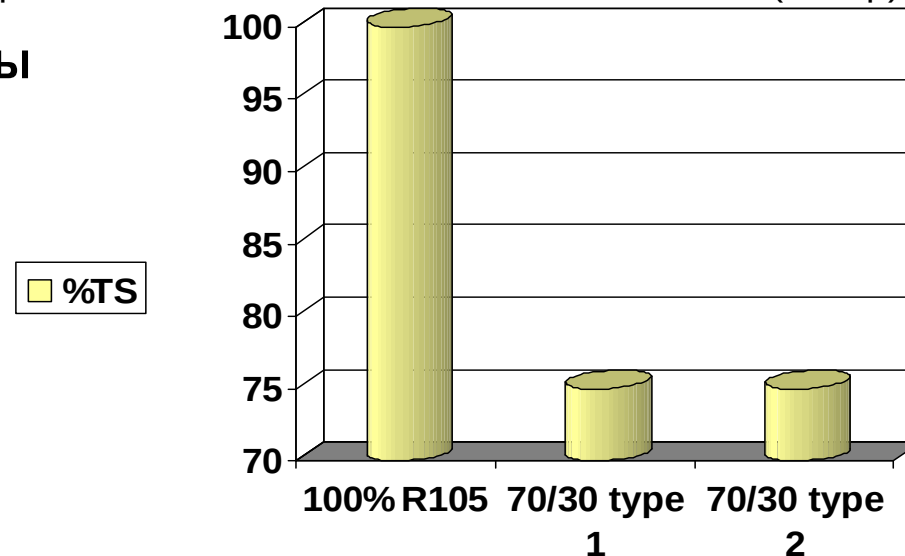


Тестирование ПВХ профилей: влияние содержания CaCO_3 на разбеливающую способность

● Рецепттура

- Смешиваем светло-серый компаунд пластифицированного ПВХ с TiO_2 и CaCO_3
 - Рецепттура1 = ПВХ + 100% TiO_2 Ti-Pure® R-105 (0.25 μ)
 - Рецепттура2 = ПВХ + 70% R-105 + 30% CaCO_3 тип 1 (1.50 μ)
 - Рецепттура3 = ПВХ + 70% R-105 + 30% CaCO_3 тип 2 (0.10 μ)

● Результаты



-25%



Выводы

- Замещение части TiO_2 наполнителями с низким показателем преломления всегда снижает укрывистость пленки
- Значение укрывистости находится в прямой линейной зависимости от показателей преломления пигментов и наполнителей
- Показатель преломления является важнейшим параметром, влияющим на рассеивающую способность (укрывистость)
- Для достижения максимальной эффективности светорассеяния необходимо использовать частицы пигмента оптимального размера, при этом разброс размера частиц, должен быть минимальным