

ДОКЛАД

«Физико-химическая очистка силовой металлооптики с целью увеличения ее ресурса» (Physical-Chemical Purification of Power Metal Optics for Increasing its Service Life)

Филин Сергей Александрович

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова

Рогалин Владимир Ефимович

АО «Национальный центр лазерных систем и комплексов
«Астрофизика»

Каплунов Иван Александрович

Тверской государственной университет

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Для поддержания рабочих параметров силовой металлооптики требуется их регулярная очистка.
2. Однако при очистке загрязнённой поверхности остается визуально наблюдаемая белая пленка солей щелочных и щелочноземельных металлов, не растворяемых используемыми растворителями, и радужные полосы от взаимодействия углеводородов с металлом, что ухудшает оптические свойства и снижает ресурс зеркал.
3. Кинетический анализ процесса очистки загрязнённой поверхности показал необходимость при использовании растворителей ингибировать взаимодействие углеводородов с зеркалами стабилизацией растворителей или подбором режимов очистки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

1. Так как очистка предполагает уменьшение концентрации загрязнений и/или модификацию поверхностного слоя, исследовалась оптическая стойкость металлооптики как функции радиуса загрязнения (при условии, что он мал по сравнению с его поглощением).
2. Растворители для физико-химической очистки металлооптики в соответствии с параметрической теорией растворимости выбирались на основе анализа технологических загрязнений. На поверхности зеркала основную массу (до 85 % вес.) составляют пекканифольные смолы (содержание канифоли ≤ 70 % вес.), используемые для изготовления полировальника. Смола - соединение полимеризационного типа, параметр растворимости (δ) которых определяют экспериментально по характеру растворимости. Для канифоли $\delta = 18 \text{ Дж}^{1/2}\text{см}^{-3/2}$.
3. Кинетический анализ проводили путём растворения в емкости 1 г пекканифольной смолы в растворителях с показателем растворимости (δ), близким для канифоли. После каждого цикла очистки массу оставшейся смолы определяли на электронном флуорометре ЭФ-ЗМА. Выбор растворителей осуществляли из различных классов селективности по Снайдеру.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. В таблице 1 показано, что пекканифольная смола максимально растворяется в ацетоне и диэтилкетоне (после 4-5 циклов). Хуже (в основном, после 6-7 циклов) растворение происходит в диэтилкарбонате, ксилоле, метиленхлориде, 2-бутаноле.
2. Символы в таблице 1: Д > 200 мг. В – взвесь. КС – класс селективности. Растворители: *с показателем (δ), близким для канифоли; **широко применяемые для очистки. Их показатель (δ) трудно определить из-за значительного диапазона темп. кип. ($\leq 40^\circ\text{C}$) и большого диапазона плотностей; ***применяемые для очистки в оптической и микроэлектронной промышленности; ****не содержит хлора, разрушающего озон, имеет низкую темп. кип. – $47,35^\circ\text{C}$, относится к алифатическим ГЗУ – наиболее эффективным при очистке оптики, имеет меньший удельный вес – $2,3\text{ г/см}^3$ и летучесть, большую устойчивость к термическому нагреву и воздействию УФ-излучения в присутствии воды и воздуха.
 1. Ацетон*, параметр растворимости (δ) = $19,8\text{ Дж}^{1/2}\text{см}^{-3/2}$; класс селективности (КС) «VI».
 2. 1-Бутанол*, $\delta = 23,2$; КС «II».
 3. 2-Бутанол*, $\delta = 22,1$; КС «II».
 4. Бензин**, КС «0».
 5. Фреон-114В2****, $\delta = 15,09$; КС «V».
 6. Фреон-12***, $\delta = 12,5$; КС «V».
 7. Диэтилкетон*, $\delta = 18,0$; КС «VI».
 8. Диэтилкарбонат*, $\delta = 18$; КС «VI».
 9. м-Крезол*, $\delta = 22,7$; КС «VIII».
 10. Ксилол*, $\delta = 18,0$; КС «VII».
 11. Метиленхлорид***, $\delta = 17,0$; КС «V».
 12. Нитрометан***, $\delta = 25,2$; КС «VIII».
 13. 2-Пропанол***, $\delta = 23,6$; КС «II».
 14. Петролейный эфир**, КС «0».
 15. Фреон-113***, $\delta = 14,8$; КС «V».
 16. Фуран*, $\delta = 18,7$; КС «I».
 17. Циклогексан*, $\delta = 16,8$; КС «0».
 18. CCl_4 *, $\delta = 17,8$; КС «V».
 19. Этанол**, $\delta = 26,6$; КС «II».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Результаты эксперимента: пекканифольная смола наиболее эффективно растворяется в растворителях, относящихся к классу полярной селективности «VI» по Снайдеру (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты эксперимента по растворимости пекканифольной смолы

Раст- вори -тель	К-во смолы в растворителе, мг						Раст- вори -тель	К-во смолы в растворителе, мг						
	Циклы растворения							Циклы растворения						
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7
1.	>20 0	58, 4	9,1	7, 0	1, 1	ПР	4.	>20 0	62, 0	11, 9	9,8	6, 1	П Р	
2.	>20 0	55, 3	8,9	6, 8	3, 2	ПР	5.	>20 0	83, 5	15, 4	10, 0	9, 1	4, 3	П Р
3.	>20 0	72, 6	12, 4	9, 3	6, 5	ПР								

Примечание. 1. Метилэтилкетон ($\delta = 19,0$). 2. Циклогексанон ($\delta = 19,7$). 3. Диэтилфталат ($\delta = 20,5$). 4. Этилформиат ($\delta = 19,7$). 5. 1,4-Диоксан ($\delta = 19,7$).

2. По данным таблиц 1, 2 среди растворителей с классом полярной селективности «VI» ацетон и метилэтилкетон имеют максимальную растворяющую способность по отношению к пекканифольной смоле.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Количество модельного загрязнения (веретенное и диффузионное масла и жировые загрязнения с рук человека (общим количеством 100 мг в равных пропорциях), нанесенного на медные зеркала, предварительно очищенные ацетоном, перешедшего в растворитель после каждого цикла очистки, представлены в таблице 3. При выборе оптимального растворителя для них использовали растворители с классом селективности «V».

Таблица 3 – Растворение модельного загрязнителя в различных растворителях

Р-ль	К-во модельного загрязнителя, мг							Р-ль	К-во модельного загрязнителя, мг						
	Циклы растворения								Циклы растворения						
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
1.	12,8	10,4	9,3	8,2	7,5	6,9	6,7 Э	8.	23,2	14,1	10,6	7,8	6,9	4,9	2,0 Э
2.	24,1	18,1	11,3	9,2	8,0	6,5	3,2	9.	21,1	15,8	13,9	10,9	7,9	5,1	1,5 Э
3.	25,0	18,9	12,2	9,6	8,1	6,9	4,0	10.	38,5	22,1	17,2	13,9	8,5	ПР	
4.	41,0	25,1	14,9	10,9	8,1	ПР		11.	76,1	23,9	ПР				
5.	80,0	20,0	ПР					12.	65,9	30,9	3,2	ПР			
6.	45,0	29,4	16,2	8,5	ПР			13.	20,0	15,1	13,1	10,5	7,9	5,3	1,0 Э
7.	51,0	25,1	16,9	7,0	ПР										

Примечание. *Растворители, применяемые в оптической и микроэлектронной промышленности. 1. Ацетон*. 2. 1-Бутанол*. 3. 2-Бутанол*. 4. Бензин*. 5. Фреон-114B2*. 6. Фреон-12. 7. Метилен-хлорид. 8. Нитрометан*. 9. 2-Пропанол*. 10. Петролейный эфир*. 11. Фреон-113 12. CCl4. 13. Этанол*. Э - эмульсия. ПР - полное растворение

ВЫВОДЫ

1. Выявлены параметры технологических загрязнений на металлооптике, образующихся при оптической обработке и в процессе эксплуатации и снижающих порог оптического пробоя газа у поверхности и ресурс работы зеркала.
2. Определена эффективность растворителей для очистки оптики: вода и алифатические спирты наиболее эффективно растворяют неорганические соли, присутствующие на поверхности: после 1-2 циклов белый налет солей щелочных и щелочноземельных металлов с поверхности исчезает. Наряду с эффективным удалением модельного загрязнителя, галогензамещенные растворители взаимодействуют с металлом, вызывая снижение ресурса эксплуатации зеркал. Поэтому необходимо при использовании данных растворителей ингибировать процесс их взаимодействия с зеркалами стабилизацией растворителей или подбором режимов проведения процесса очистки, или их совокупностью.

Наши контакты: E-mail: Kaplunov.IA@tversu.rul.ru; safilin@mail.ru

Спасибо за внимание!