

РЕНТГЕНОВСКИЕ ОКНА DuraBeryllium Plus: ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРЕССИВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Р.Крайтон, Moxtek,
vmahidov@moxtek.com

Современное оборудование для рентгеновской спектроскопии часто выпускается в портативном варианте, поэтому оно должно быть приспособлено к жестким условиям окружающей среды в противоположность лабораторным приборам, работающим в контролируемой чистой среде. В статье описаны результаты нескольких серий испытаний на воздействие кислот, щелочей, нефтепродуктов, перепадов температуры, давления и их сочетаний на рентгеновские окна из бериллия без покрытия и с защитными покрытиями DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus.

Рентгеновские окна DuraBeryllium Plus Moxtek обладают наиболее надежным покрытием (рис.1). Бериллиевое окно с таким покрытием имеет дополнительный тонкий слой полимера Plus (DuraCoat Plus) в дополнение к уже имеющемуся надежному антикоррозионному покрытию у окна DuraBeryllium (DuraCoat). Слой Plus более

устойчив к продолжительному воздействию горячей воды и разных химических реагентов. Цель работы состояла в сравнении коррозионной устойчивости трех видов окон. Герметичность окон проверяли с помощью гелиевого детектора, предельно допустимая скорость утечки при контроле составляла менее 10^{-10} мБар·л/с. Состояние



Рис.1. Окно DuraBeryllium Plus

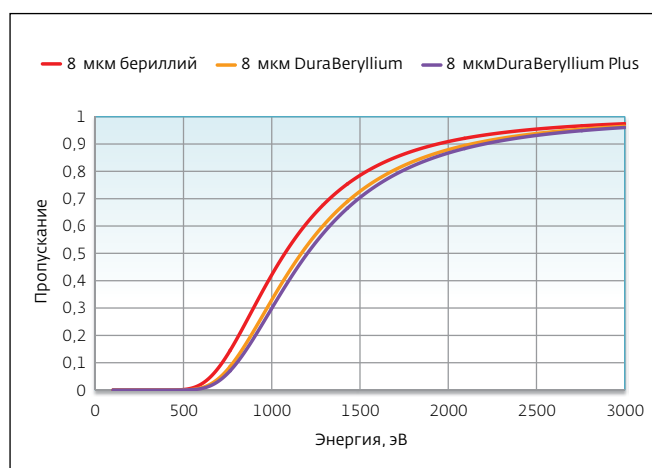


Рис.2. Пропускание бериллиевых окон при разных энергиях рентгеновского излучения

Таблица 1. Результаты проверки герметичности окон DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus на воздействие H₂O

Среднее время экспозиции		Температура H ₂ O											
		~60°C				Комнатная							
		DuraBeryllium Plu		DuraBeryllium		DuraBeryllium Plu					DuraBeryllium		
		A0177	A0156	V311	mic	A0159	A0174	A0168	A0166	A0153	3D	4D	V312
Часы	3	п	п	п						п			п
	4	п	п	п									
	5	п	п	п									
	10	п	п	п	п					п			п
	15									п			п
	20	п	п	п						п			п
	24				п					п			п
Дни	2	п	п	п		п	п	п	п		п	п	
	3				п					п			п
	4				п	п	п	п	п	п	п	п	п
	6	п	п	п						п			п
	7	п	п	п									
	8									п			п
	11				п	п	п	п	п		п	п	
	14	п	п	п						п			п
	18				п	п	п	п	п		п	п	
	21	п	п	п						п			п
Месяцы	1	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п
	2	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п
	3	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п	п
	4	п	п	п	п	п	п	п	п	п	Поврежден	Пробит	п
	5	п	п	п	п	п	п	п	п	п			п
	6	п	п	п	п	п	п	п	п	п			п

Примечания: П – тест пройден (скорость потока утечки He < 10⁻¹⁰ мбар-л/с); – нет данных.

окон оценивали и по внешнему виду. Тестирование проходило в два этапа. На первом изучали действие на все виды окон воды, КОН и HCl.

ПРОЗРАЧНОСТЬ ОКОН ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ

Защитные слои DuraBeryllium (DuraCoat и DuraCoat Plus) предохраняют и герметизируют бериллиевую фольгу от внешних агрессивных воздействий. Толщина их очень мала, ослабление рентгеновского излучения при прохождении через них эквивалентно пропусканию через

1 мкм фольги бериллия, что практически не влияет на прозрачность окон с толщиной бериллиевой фольги 8 мкм (рис.2).

ЦИКЛИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПЕРЕПАДОВ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Для проверки устойчивости к длительному воздействию внешних факторов 30 окон подвергали 10 тыс. циклам скачков давления (к атмосферному давлению добавляли 15 psi*). Затем 10

* 1 psi – фунт-сила на кв. дюйм, 1 атм = 14,696 psi.

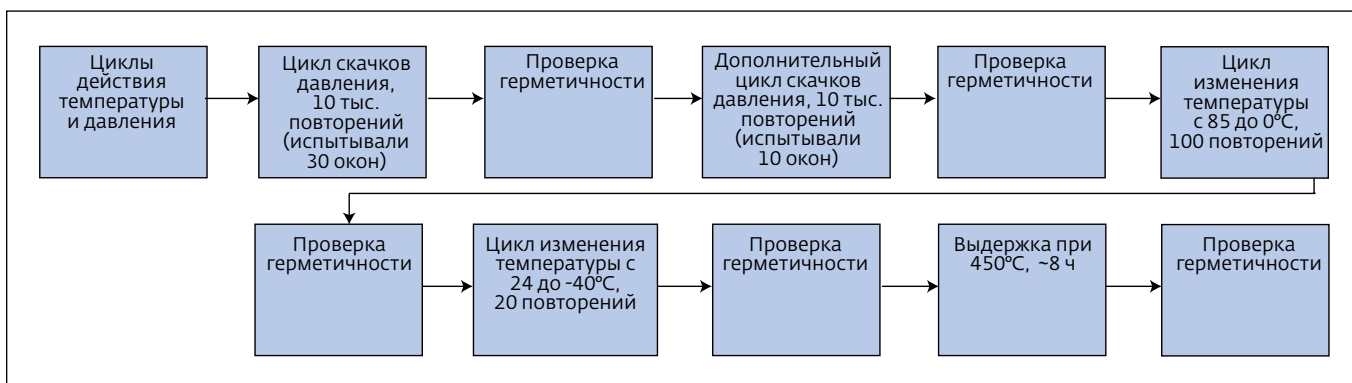


Рис.3. Схема проверки устойчивости окон к скачкам давления и температуры

из прошедших испытания окон прошли еще 10 тыс. циклов скачков давления. Все окна далее подвергали воздействию различных температур. На рис.3 подробно указаны условия процедуры тестирования. Все окна выдержали испытания.

УСТОЙЧИВОСТЬ К ОКИСЛЕНИЮ H_2O , KOH И HCl

На рис.4 приведена подробная процедура испытаний всеми используемыми реагентами.

Окна без покрытия окисляются в считанные дни, в то время как окна DuraBeryllium очень устойчивы к воздействию воды при комнатной температуре и при температуре $65^\circ C$. В табл.1 представлены результаты воздействия

воды на окна с покрытием в течение шести месяцев. Практически все окна выдержали испытания на герметичность. На рис.5 показаны окна после четырех месяцев воздействия воды комнатной температуры. Видно, что произошло некоторое обесцвечивание, однако герметичность не нарушена

В течение недели все три вида окон подвергали действию KOH (табл.2). Окна DuraBeryllium Plus не потеряли герметичность, но визуально верхнее полимерное покрытие начало отслаиваться после шести дней воздействия. Затем происходило постепенное растворение верхнего полимерного слоя Plus, но покрытие оставалось герметичным благодаря внутреннему слою DuraCoat.

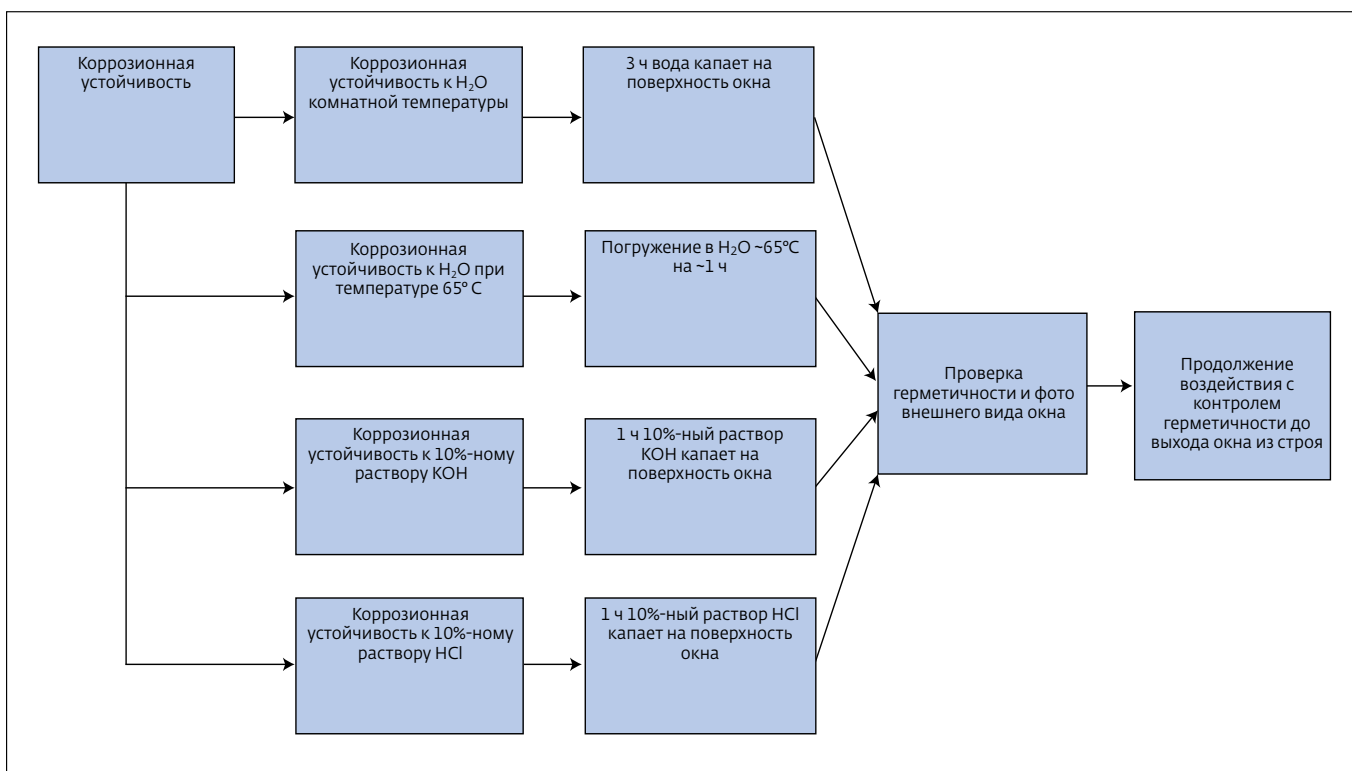
Рис.4. Схема проверки устойчивости окон к воздействию H_2O , KOH и HCl

Таблица 2. Результаты проверки герметичности окон DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus на воздействие 10%-ного раствора КОН при комнатной температуре

Время экспозиции	DuraBeryllium Plus		DuraBeryllium	
	A0172	A0154	Без номера	
Часы	3	П	П	П
	4	П	П	-
	5	-	-	-
	6	П	П	П
	10	П	П	-
	15	П	П	-
	20	-	-	-
	24	-	-	П
Дни	2	П	П	-
	3	-	-	П
	4	-	-	П
	6	П	П	
	7	П	П	

Соляная кислота действует быстро, и бериллиевые окна толщиной 8 мкм окисляются за минуты. Окна DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus более устойчивы к агрессивному действию HCl, но только на несколько часов, как видно на рис.6.

Второй этап испытаний бериллиевых окон состоял из трех тестов:

- действие высоких температур, а затем 1%-ной соляной кислоты;
- действие различных кислот при комнатной температуре;
- действие различных видов топлива на нефтяной основе при комнатной температуре.

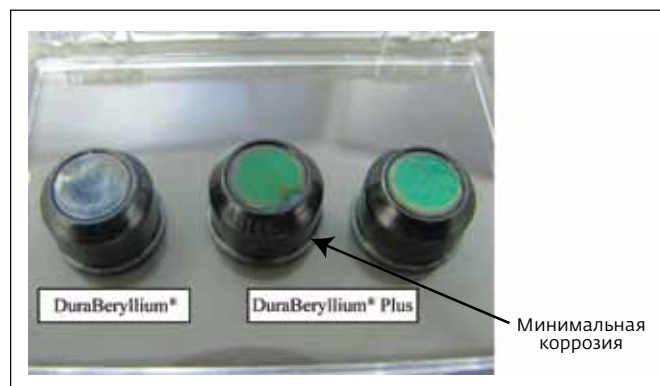


Рис.5. Окна DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus после четырех месяцев действия H₂O при комнатной температуре. Коррозии подверглись только два окна DuraBeryllium Plus из семи



Рис.6. Окна DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus после воздействия HCl около 3 ч

Во всех тестах проверяли бериллиевые окна без покрытия, а также окна DuraBeryllium и DuraBeryllium Plus. Каждое окно состояло из фольги бериллия толщиной 100 мкм. В окне под названием DuraBeryllium фольга покрыта химически резистентным покрытием (DuraCoat). В окне DuraBeryllium Plus на фольгу наносили два разных покрытия (DuraCoat и Plus). Так же, как и на первом этапе исследований, окна считали непригодными, если скорость утечки составляла более 10⁻¹⁰ мбар·л/с.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОБЖИГ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ 1%-НОЙ СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ

Это испытание разработано для того, чтобы проследить химическую устойчивость окон после обжига. В большинстве приложений требуются рентгеновские окна, на которые воздействуют высокие температуры при сборке рентгеновских детекторов. Окна подвергались воздействию температур 400, 450 и 500°C в течение 5 ч. Одну группу обжигали в воздухе, а другую - в вакууме. После обжига на поверхность окна капали 1%-ный раствор соляной кислоты, а затем проверяли герметичность окна с помощью гелиевого детектора. Окна неоднократно подвергали воздействию кислоты и проверяли затем на герметичность до их выхода из строя. Результаты исследований представлены на рис.7.

ТЕСТ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ 5%-НЫХ РАСТВОРОВ HCL, H₂SO₄ И HF

В этом испытании изучали и сравнивали действие 5%-ных растворов соляной, серной и плавиковой кислот. Каждый из растворов по отдельности капали на рентгеновское окно некоторое время. Затем проверяли герметичность окна, а процедуру повторяли до тех пор, пока скорость утечки достигала предельного значения 10⁻¹⁰ мбар·л/с. Результаты измерений показаны на рис.8.

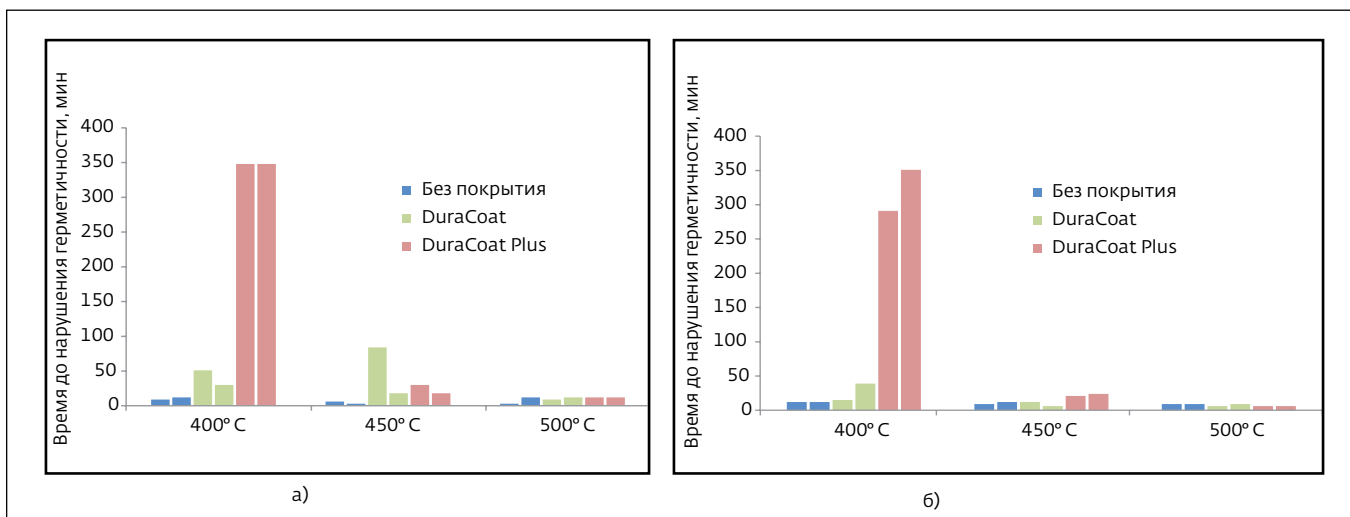


Рис.7. Время работы окон с разным покрытием до нарушения их герметичности при выдерживании в течение 5 ч при высоких температурах с последующим воздействием 1%-ного раствора HCl: а – в вакууме; б – в воздухе. Каждый столбик на гистограмме соответствует одному исследуемому окну

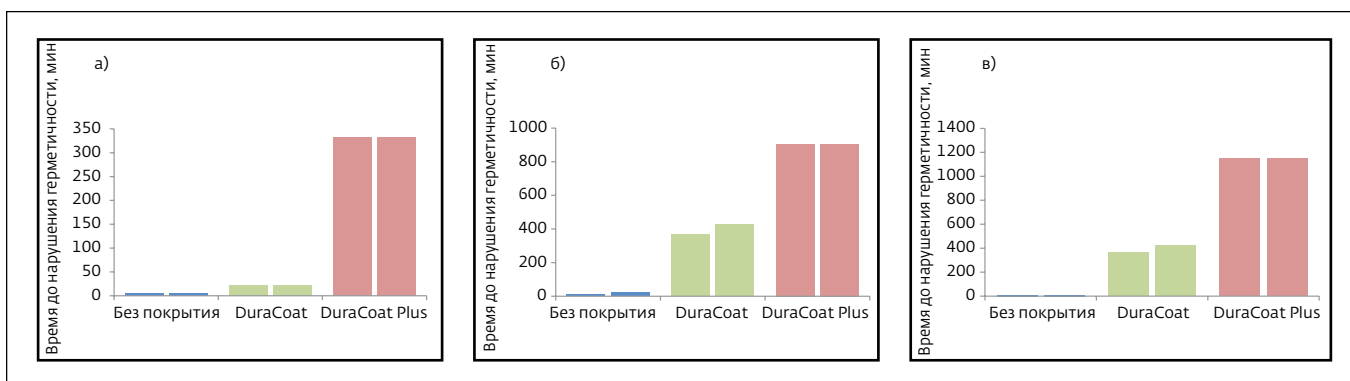


Рис.8. Время работы окон с разным покрытием до нарушения их герметичности после воздействия 5%-ных растворов кислот: а – HCl; б – H₂SO₄; в – HF. Каждый столбик на гистограмме соответствует одному исследуемому окну

ТЕСТ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОПЛИВА НА НЕФТЯНОЙ ОСНОВЕ

Заключительный тест состоял в воздействии различных видов топлива на основе нефти. Окна погружали в обычный неэтилированный бензин, дизельное топливо, керосин на отрезки времени длительностью в месяц, а затем проверяли их герметичность. Такое воздействие в общей сложности составило восемь месяцев, но никаких нарушений в герметичности окон не обнаружено.

Окна DuraBeryllium Plus продемонстрировали наибольшую устойчивость к различным агрессивным элементам. Эта устойчивость сохранилась даже после воздействия температуры до 400°C. Окна DuraBeryllium не такие устойчивые, как окна DuraBeryllium Plus, но более устойчивые к кислоте, чем окна из бериллия без покры-

тия. Поэтому окна без покрытия могут применяться в условиях, где нет высокой температуры и агрессивной среды. Рентгеновские окна с покрытием и без покрытия имеют относительно высокую устойчивость к коррозии при воздействии топлива на основе нефти.

Таким образом, наши исследования показали, что самый надежный прибор, работающий в неблагоприятных условиях окружающей среды, должен быть оснащен окнами DuraBeryllium Plus фирмы Мохтек благодаря их химической и температурной устойчивости.

Более подробную информацию о продукции фирмы Мохтек можно получить у российского дистрибьютора ООО "Евротек Дженерал", info@eurotek-g.com, тел./факс: +7 (495) 600-4084. 