



г. Москва
17 декабря 2020 года

Семинар «Стальное строительство»
Цинк-Алюминий-Магниевые покрытия на стальном прокате для
строительства
Рашковский Александр Юльевич



Оглавление

- Европейские стандарты-сравнение Zn и ZAM
- Нанесение покрытий
- Российские и европейские стандарты испытаний + ECSSA Premium на длительную эксплуатационную стойкость
- Циклические испытания
- Натурные испытания

Окрашенный прокат с коррозионностойким Цинк-Алюминий-Магниевым покрытием



Перспективы использования зарубежных норм в отечественном строительстве

**Как увеличить долговечность
конструкции из холодного проката?**



Как сделать конструкцию безопаснее?



**Как сохранить декоративные
свойства в суровом климате?**



**Какие использовать ориентиры
и стандарты при проектировании
и выборе материалов?**



Введение

Традиционное Zn покрытие является наиболее экономичным и широко используемым покрытием для защиты стали от коррозии

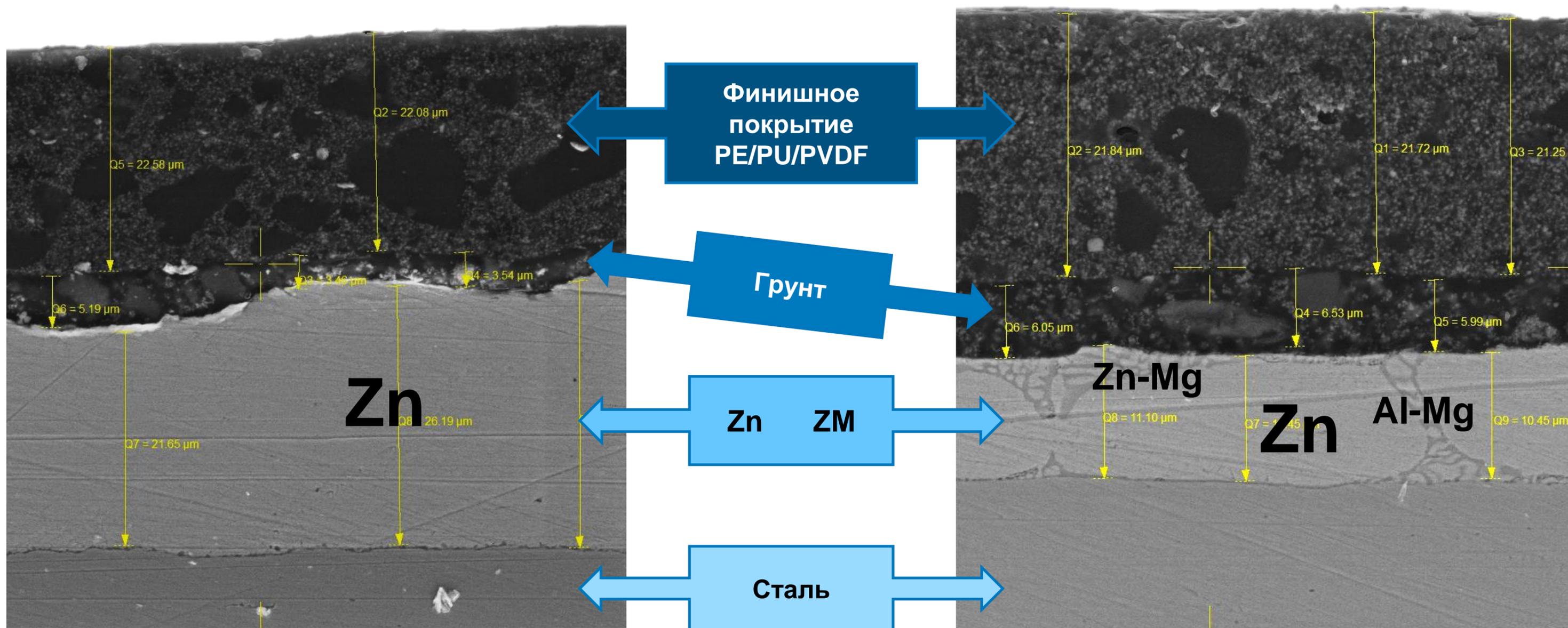
Длительная коррозионная стойкость покрытия из чистого цинка неудовлетворительна в некоторых средах, например в среде с высокой влажностью

Требования к коррозионной стойкости и механическим свойствам непрерывно растут

Выход для производителей – поиск альтернативных решений на основе цинка, таких как Цинк-Алюминий-Магниевого покрытия

Выход для потребителей – формулирование запросов с конкретными свойствами для условий эксплуатации

Чем отличается окрашенный прокат с ЦАМ от традиционного с Цинком?



Что такое ЦАМ?

Q: Какие бывают виды ЦАМ ?

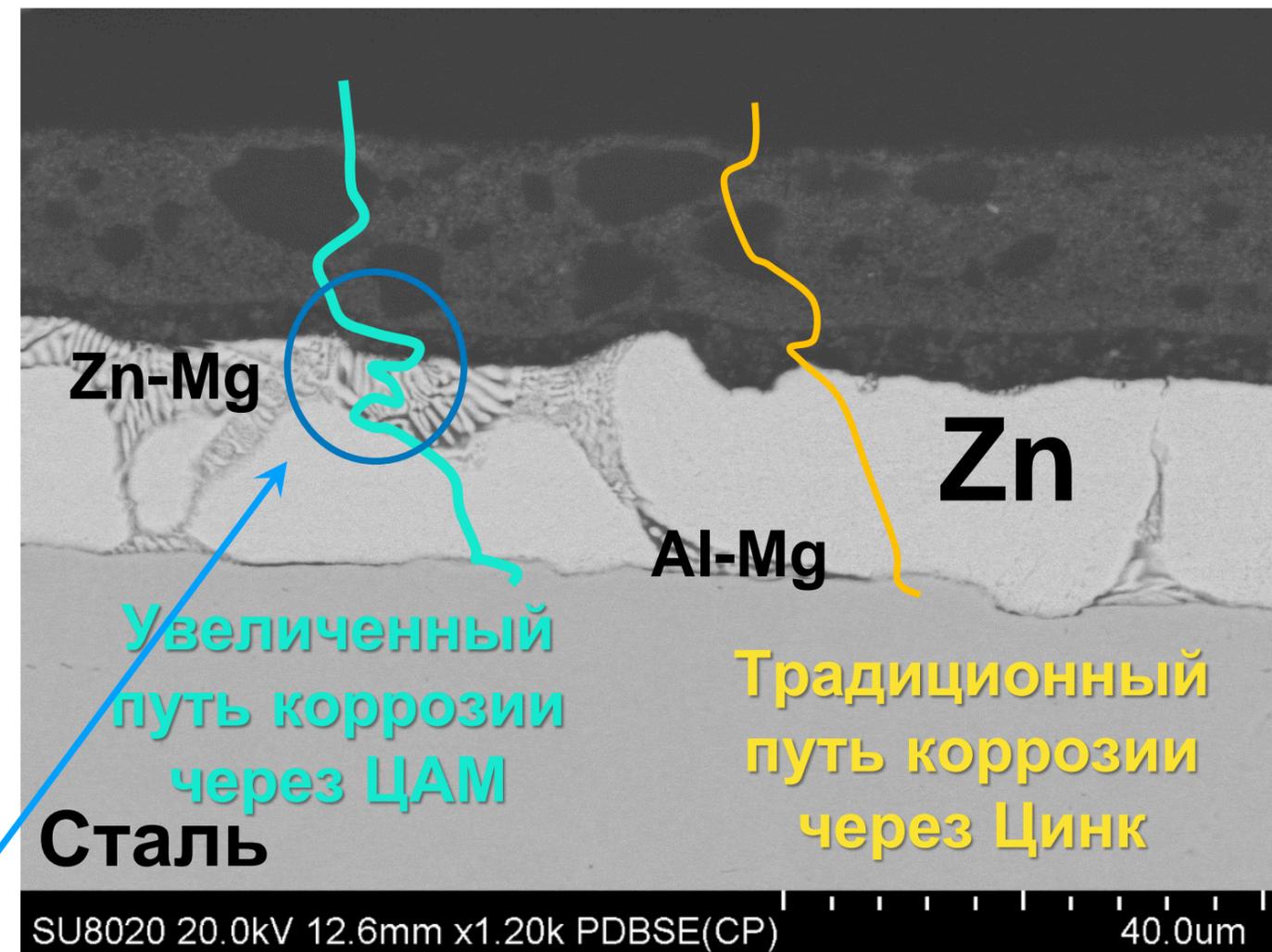
A: Концентрация Al и Mg можно варьировать в широких пределах, что позволяет получать разные свойства для разных применений

Q: Каков способ производства?

A: Аналогичен оцинкованному прокату – погружение в горячую ванну непрерывной полосы

Q: За счет чего повышается коррозионная и механическая стойкость большая механическая прочность?

A: За счет наличия соединений $MgZn_2$ и Mg_2Zn_{11} . Большая коррозионная стойкость достигается за счет наличия развитой «сетки» внутри покрытия, что увеличивает путь проникновения кислорода и влаги к защищаемой стали.



Как это сказывается на резке/штамповке/скреплении?

Меньше налипание покрытия на инструмент. Пластичный каркас из Zn не дает трескаться покрытию при механической обработке

Программа натуральных испытаний по EN 13523-21



Исполнитель Французский институт коррозии (Брест), ИФХЭ РАН

Вид продукции	Прокат с/без полимерным покрытием
Испытание	Коррозионная стойкость
Тип испытаний	Натурные, 2 года
Подход к средам	ISO 9223:2012
Тип среды	C5M – сильноагрессивная морская
Метод оценки	Скорость потери массы, декоративные свойства, коррозионная стойкость, механическая стойкость. Согласно EN 13523-21
Рынок сбыта проката ЦАМ	Арктика, Черноморское побережье
Образцы	Карточки А4 прямые, профилированные
Стоимость испытаний	0,9 млн. руб.
Заказчик	НЛМК

ГОСТ 34180–2017



Стандарт/Требования	Тест	ПЭ, ПУ, ПВДФ,	ПВХ
	Применение	Внутренняя отделка	Внешняя отделка
ГОСТ 34180—2017	Прочность при Т-изгибе на 180°, не более	2Т	1Т
	Прочность при обратном ударе, Дж, не менее	5	10
	Прочность при растяжении по Эриксену, мм, не менее	6	
	Твердость полимерного покрытия (по карандашу), не менее	F, HB, HB	-
	Адгезия ПП после вытяжки, %	0	0
	Цветовое различие ДЕ в сравнении с эталоном, не более	1	1
	Блеск, ед. блеска: глубоко матовый матовый полуматовый полуглянцевый глянцевый высокоглянцевый	До 10 включ. Св. 10 до 25 включ. Св. 25 до 40 включ. Св. 40 до 60 включ. Св. 60 до 75 От 75	До 10 включ. Св. 10 до 25 включ. Св. 25 до 40 включ. Св. 40 до 60 включ. Св. 60 до 75 От 75
	Стойкость к истиранию (МЭК)	Не менее 100 двойных проходов	-
	Сопротивление конденсации влаги	<p style="text-align: center;">СП-28.13330.2017 + специфические ГОСТы</p>	
	Нейтральный солевой туман		
	Стойкость к УФ-излучению от Ruv2 до Ruv4		
	Выдержка в естественных условиях (коррозия)		
Выдержка в естественных условиях (УФ-излучение) Ruv3			

Нестроительные ГОСТы

ISO 9227-NSS (EN 13523-8, ближайший аналог ГОСТ 34388-2018)
и ISO 6270-1 (EN 13523-26, ближайший аналог ГОСТ 28214-89)

ГОСТ 34099-2017 ИЗДЕЛИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ИЗ МЕТАЛЛА ДЛЯ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Коррозионную стойкость изделий из оцинкованной стали определяют следующим образом: изделие заполняют на 2/3 его вместимости слабощелочным раствором мыла или шампуня для детей (рН 8—9) температурой $(50 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и выдерживают при этой температуре в течение 5 ч. После испытания на внутренней оцинкованной поверхности изделий не должны появляться продукты коррозии железа.

ГОСТ 24788-2018 Посуда хозяйственная стальная эмалированная. Общие технические условия

4.3.1.8 Эмалевое покрытие посуды должно выдерживать испытание на коррозионную стойкость.

4.3.1.8.1 Потеря массы покрытия внутренней поверхности посуды после кипячения в растворе уксусной кислоты массовой доли 4,0% в течение 1 ч не должна превышать 0,25 мг/см

ГОСТ 24788-2018 Посуда хозяйственная стальная эмалированная. Общие технические условия испытываемой поверхности.

4.3.1.8.2 После воздействия раствора уксусной кислоты массовой доли 4,0% при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение (60 ± 5) с на наружной поверхности посуды не должны появляться матовые пятна.

4.3.1.8.3 Потеря массы покрытия после кипячения в растворе лимонной кислоты массовой доли 6% в течение 2,5 ч не должна превышать 10 г/м

ГОСТ 24788-2018 Посуда хозяйственная стальная эмалированная. Общие технические условия.

4.3.1.8.4 Эмалевое наружное покрытие посуды после воздействия раствора лимонной кислоты 100 г/дм

ГОСТ 24788-2018 Посуда хозяйственная стальная эмалированная. Общие технические условия при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение $(15 \pm 0,5)$ мин должно быть не ниже класса А по ГОСТ 29021.

4.3.1.8.5 Скорость коррозии покрытия после кипячения в воде в течение 48 ч не должна превышать 0,50 г/м

ГОСТ 24788-2018 Посуда хозяйственная стальная эмалированная. Общие технические условия·сут.

4.3.1.8.6 Скорость коррозии покрытия после воздействия водяного пара в течение 48 ч не должна превышать 1,30 г/м

ГОСТ 24788-2018 Посуда хозяйственная стальная эмалированная. Общие технические условия

Классификация агрессивности сред

Предельно допустимая концентрация



Нормативный документ	Концентрация диоксида серы, мг/м3																				
	<0,005	0,005	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	...	0,10	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	...	1	10	50	100	200	>300
СП 28.13330.2017	Не агрессивная	Слабоагрессивная 1					Слабоагрессивная 2					Среднеагрессивная					Сильноагрессивная				
ГОСТ ISO 9223-2017	C1 - Оч.низкая	C2 - Низкая	C3 - Средняя		C4 - Высокая		C5 - Оч.высокая		Cx - Экстремально высокая												

Программа испытаний NLMK R&D (1/3)

Европейские стандарты и требования, по которым проводят тесты NLMK R&D при разработке технологии нанесения ПП на ZM-покрытия

Стандарт/Требования	Тест	Монослойный	ZM+25мкм PE	ZM+35мкм PE
	Применение	Внутренняя отделка	Внешняя отделка	Внешняя отделка
EN 10169 Продукция из стального проката с полимерным покрытием (рулонный прокат)	Гибкость (Т-изгиб)	6Т – 2Т	6Т – 2Т	6Т-2Т
	Адгезия ПП после Т-изгиба	≤2Т	≤2Т	≤2Т
	Сопротивление конденсации влаги	500 – 1500 ч Образование пузырей <2(S2)	Не требуется	Не требуется
	Нейтральный солевой туман	Не требуется	360 ч Без образования пузырей Отслоение около V-образного надреза < 2 мм	360 ч Без образования пузырей Отслоение около V-образного надреза < 2 мм
	Стойкость к УФ-излучению от Ruv2 (Юг) - Ruv4 (Север)	Не требуется	250 циклов UVA (2000ч) ΔE* 2 (С)-5 (Ю) Снижение блеска 80% (Ю) - 30 % (С)	250 циклов UVA (2000ч) ΔE* 2-5 Снижение блеска 80% (Ю) - 30 % (С)
	Выдержка в естественных условиях (коррозия)	Не требуется	1-2 года Среднее отслоение по краю ≤2 (1г)-≤10 (2 г) мм Образование пузырей 2 S2 (1г) – 2 S4 (2 г)	1-2 года Среднее отслоение по краю ≤2 (1г)-≤10 (2г) мм Образование пузырей 2 S2 (1г) – 2 S4 (2 г)
Выдержка в естественных условиях (УФ-излучение) Ruv2 (Юг), Ruv4 (Север)	Не требуется	2 года ΔE* 2 (С)-5 (Ю) Снижение блеска 80% (Ю) - 30 % (С)	2 года ΔE* 2 (С)-5 (Ю) Снижение блеска 80% (Ю) - 30 % (С)	

Программа испытаний NLMK R&D (2/3)

Европейские стандарты и требования, по которым проводят тесты NLMK R&D при разработке технологии нанесения ПП на ZM-покрытия

Стандарт/Требования	Тест	Монослойный	ZM+25мкм PE	ZM+35мкм PE
	Применение	Внутренняя отделка	Внешняя отделка	Внешняя отделка
ECCA Premium (Европейская ассоциация производителей рулонного проката с покрытием) 	Гибкость (Т-изгиб)	>3Т	>3Т	>3Т
	Адгезия ПП после Т-изгиба	≤2Т	≤2Т	≤2Т
	Сопротивление конденсации влаги	Не требуется	Не требуется	Не требуется
	Нейтральный солевой туман	Не требуется	360 ч Без образования пузырей Отслоение около V-образного надреза < 2 мм	360 ч Без образования пузырей, <2 (S2) Отслоение около V-образного надреза < 2 мм
	Стойкость к УФ-излучению от Ruv2 до Ruv4	Не требуется	250 циклов UVA (2000ч) ΔE 2-5 Снижение блеска 80% - 30 %	250 циклов UVA (2000ч) ΔE 2-5 Снижение блеска 80% - 30%
	Выдержка в естественных условиях (коррозия)	Не требуется	Мин. 2 года Среднее отслоение по краю ≤5 мм Образование пузырей 2 S2	Мин. 2 года Среднее отслоение по краю ≤5 мм Образование пузырей 2 S2
	Выдержка в естественных условиях (УФ-излучение) Ruv3	Не требуется	2 года ΔE* 2 (С)-5 (Ю) Снижение блеска 80% (Ю) - 30 % (С)	2 года ΔE* 2 (С)-5 (Ю) Снижение блеска 80% (Ю) - 30 % (С)
	Огнезащита (EN 10169)*	Не требуется	A2 ≤ 1, d0	A2 ≤ 1, d1

* Не тестировалось

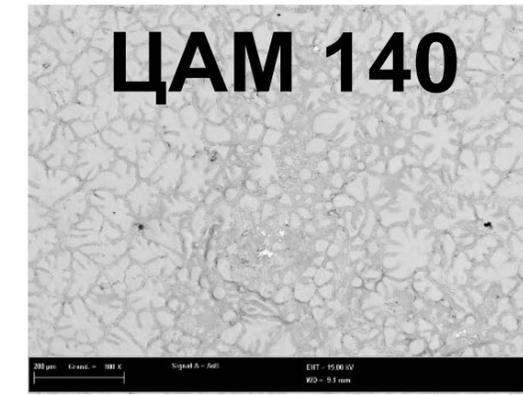
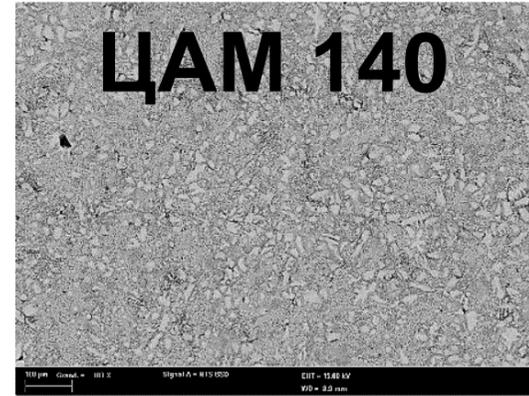
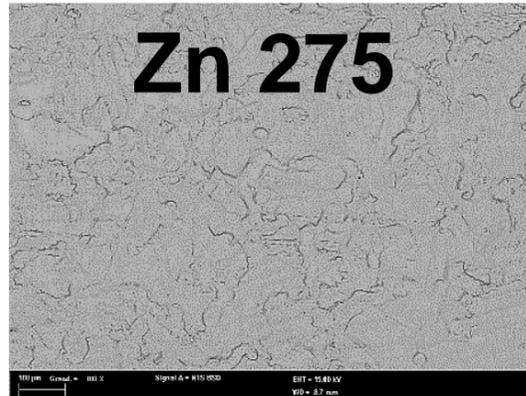
Программа испытаний NLMK R&D (3/3)

Европейские стандарты и требования, по которым проводят тесты NLMK R&D при разработке технологии нанесения ПП на ZM-покрытия

Стандарт/Требования	Тест	Монослойный	ZM+25мкм PE	ZM+35мкм PE
	Применение	Внутренняя отделка	Внешняя отделка	Внешняя отделка
Французский стандарт NF P34-301 Апр. 2017 Стальные листы и полосы с покрытием или органической пленкой, склеенные друг с другом или покрытые слоями, для строительных целей - Технические условия поставки	Гибкость (Т-изгиб)	>5Т	>4Т	>3Т
	Адгезия ПП после Т-изгиба	≤2Т	≤2Т	≤2Т
	Сопротивление конденсации влаги	Кат. IIIa (NF P34-301) 1000 ч образование пузырей ≤ 2 (S2)	Кат. IV (NF P34-301) 1000 ч образование пузырей ≤ 2 (S2)	Кат. VI (NF P34-301) 1000 ч образование пузырей ≤ 2 (S2)
	Нейтральный солевой туман	Кат. IIIa (NF P34-301) 360 ч образование пузырей ≤ 2 (S2) Отслоение около V-образного надреза ≤ 2 мм Отслоение у края ≤ 8 мм	Кат. IV (NF P34-301) 500 ч образование пузырей ≤ 2 (S2) Отслоение около V-образного надреза ≤ 2 мм Отслоение у края ≤ 8 мм	Кат. VI (NF P34-301) 500 ч образование пузырей ≤ 2 (S2) Отслоение около V-образного надреза ≤ 2 мм Отслоение у края ≤ 8 мм
	Стойкость к УФ-излучению от Ruv2 до Ruv4	Не требуется	Кат. IV (NF P34-301) 150 циклов UVA ΔE* ≤ 3 Снижение блеска ≤40%	Кат. VI (NF P34-301) 150 циклов UVA ΔE* ≤ 2 Снижение блеска ≤20%
	Выдержка в естественных условиях (коррозия)	Не требуется	Кат. IV (NF P34-301) 2 года Среднее отслоение по краю ≤5 мм Образование пузырей ≤2 S4	Кат. VI (NF P34-301) 2 года Среднее отслоение по краю ≤2 мм Образование пузырей ≤2 S2
	Выдержка в естественных условиях (УФ-излучение) Ruv3	Не требуется	2 года ΔE* ≤ 3 Снижение блеска ≤ 50%	2 года ΔE* ≤ 3 Снижение блеска ≤ 20%

Испытания в нейтральном солевом тумане (50г/л NaCl) по ISO 7253/DIN 50021

Исходная структура поверхности



Оценка времени поражения 5% поверхности красной коррозией в среде с NaCl



Рядовой прокат

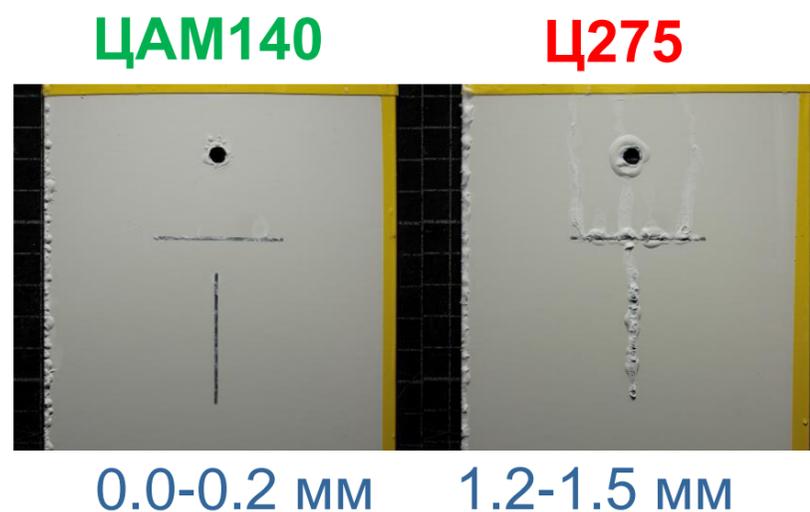


Опытный прокат



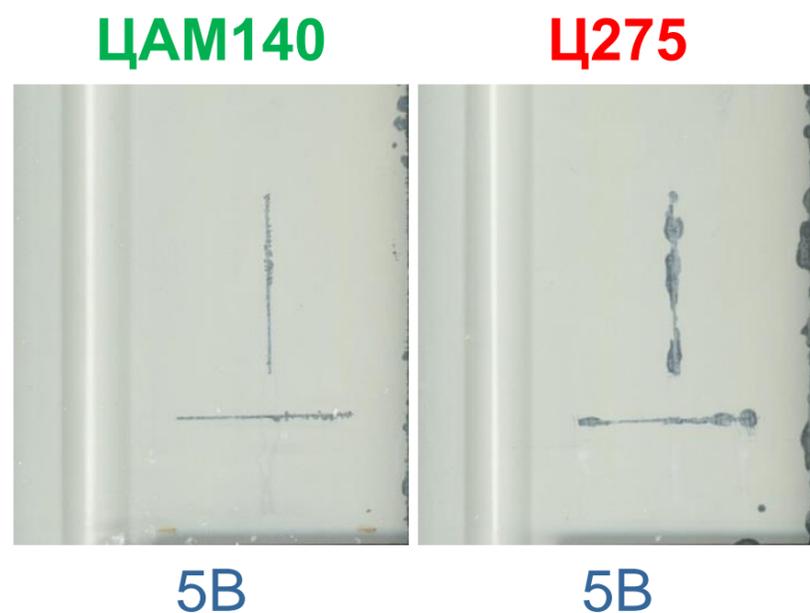
Прототип

Тесты, моделирующие условия эксплуатации



Отслоение/вздутие покрытия около V и H надрезов по ISO 4628-8 после 360 ч в соляном тумане ISO 9227-NSS. Тест показывает поведение изделия из окрашенного проката после резки, монтажа на крепеж и в случае нанесения локальных повреждений. Для обеспечения запаса надежности тест проводим в течение 1500 часов.

Испытания на сопротивление конденсации влаги при повышенных температурах - 60°C (стандартно 40°C по EN13523) в течение 1500 ч – использование изделий во влажном и жарком климате.



Испытание на потерю адгезии после вытяжки по ASTM D3359-B и выдержке 360 ч в соляном тумане ISO 9227-NSS позволяет определить будет ли покрытие на гнутом или вытянутом изделии из окрашенного проката при эксплуатации сохранять защитные свойства. Для обеспечения запаса надежности тест проводим в течение 1500 часов.

Циклические испытания в модельной городской среде



Метод 6 по ГОСТ 9.401-2018 – влага, SO₂ (5 мг/м³), Холод, Температура + влага, воздух (1 цикл = 24 часа)

Время выдержки	Варианты покрытий							
	ZM140-1	Zn	ZM140-3	ZM140-4	ZM140-5	ZM140-6	ZM140-7	ZM140-8
Исходно					no photo			
1 год								
2 года								
5 лет								

Циклические испытания в модельной промышленной среде



Метод 21 по ГОСТ 9.401-2018 – влага, NaCl (10 г/л), влага, SO₂ (5 мг/м³), Температура + влага, воздух (1 цикл = 24 часа)

Время выдержки	Варианты покрытий							
	ZM140-1	Zn	ZM140-3	ZM140-4	ZM140-5	ZM140-6	ZM140-7	ZM140-8
Исходно					no photo			
1 год								
2 года								
5 лет								

Сравнение свойств окрашенного проката с ЦАМ и с оцинковкой

Открытая промышленная атмосфера
в умеренном и холодном климате (Метод 6)

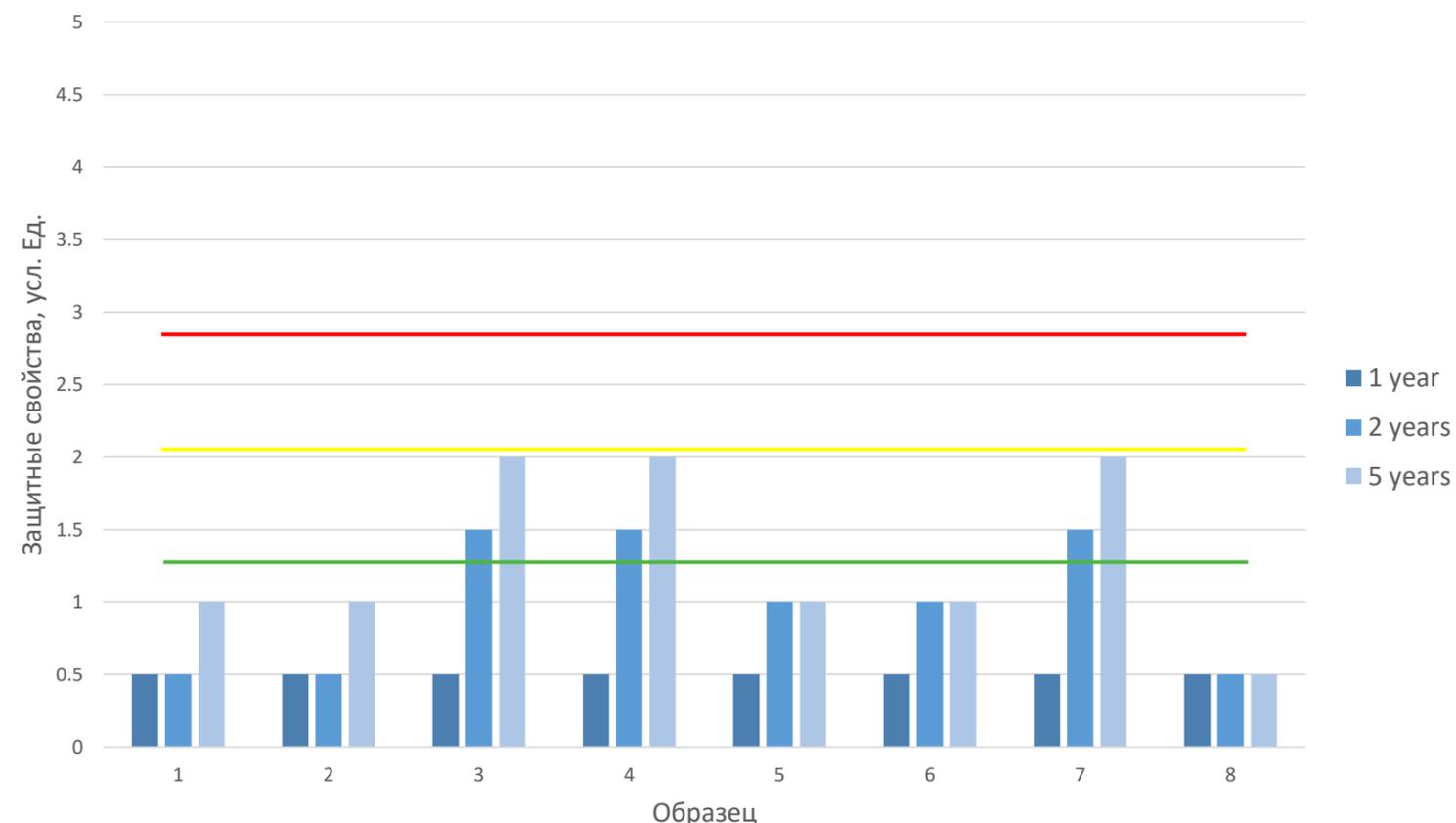


Образец 1,3-7 – **ZM140** с различными вариантами полимерных ПЭ покрытий

Образец 8 - **ZM140** с однослойным твердым покрытием

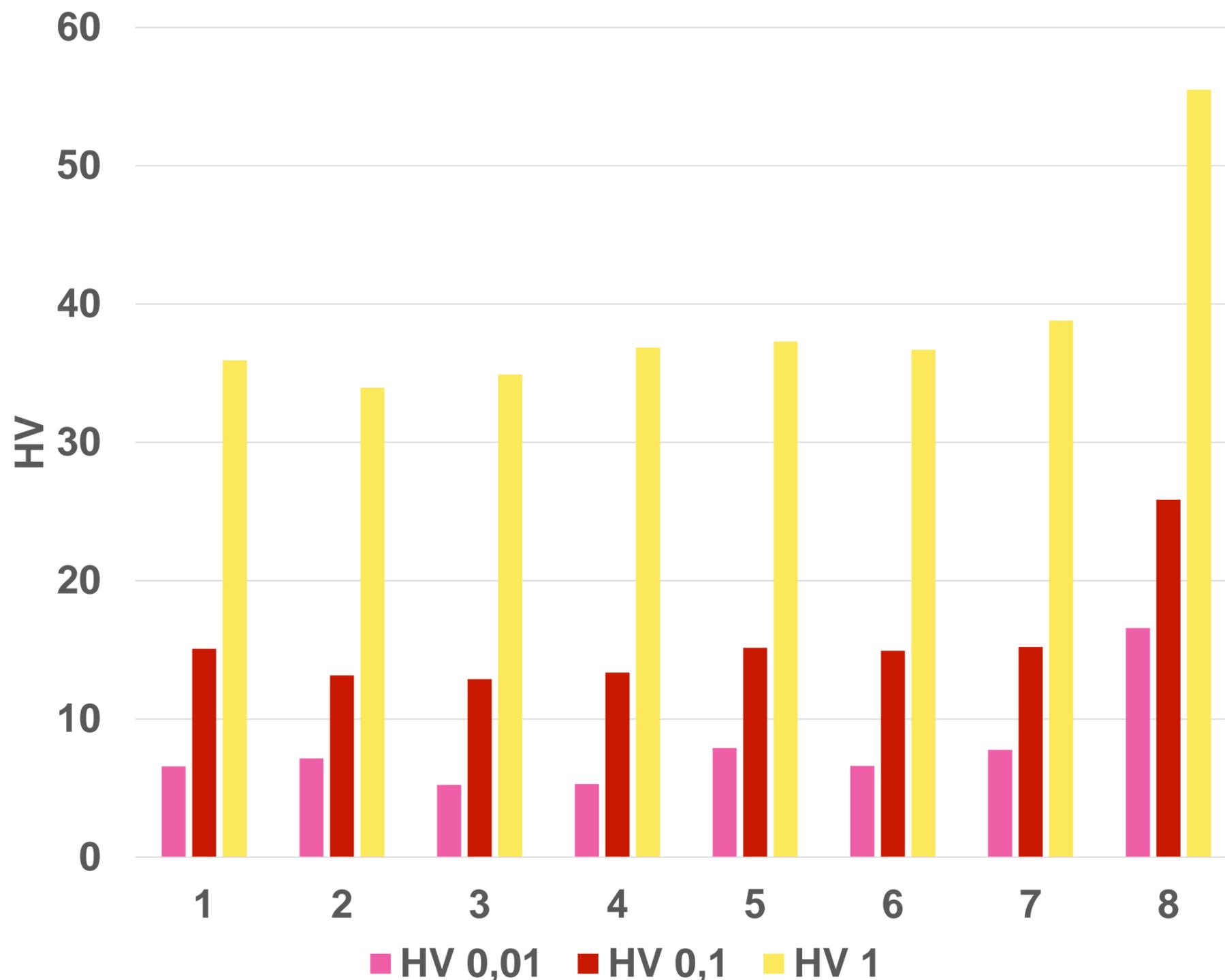
Образец 2 – **Z275** с ПЭ покрытием аналогичным 1 и 3

Агрессивная индустриальная атмосфера
(Метод 21)

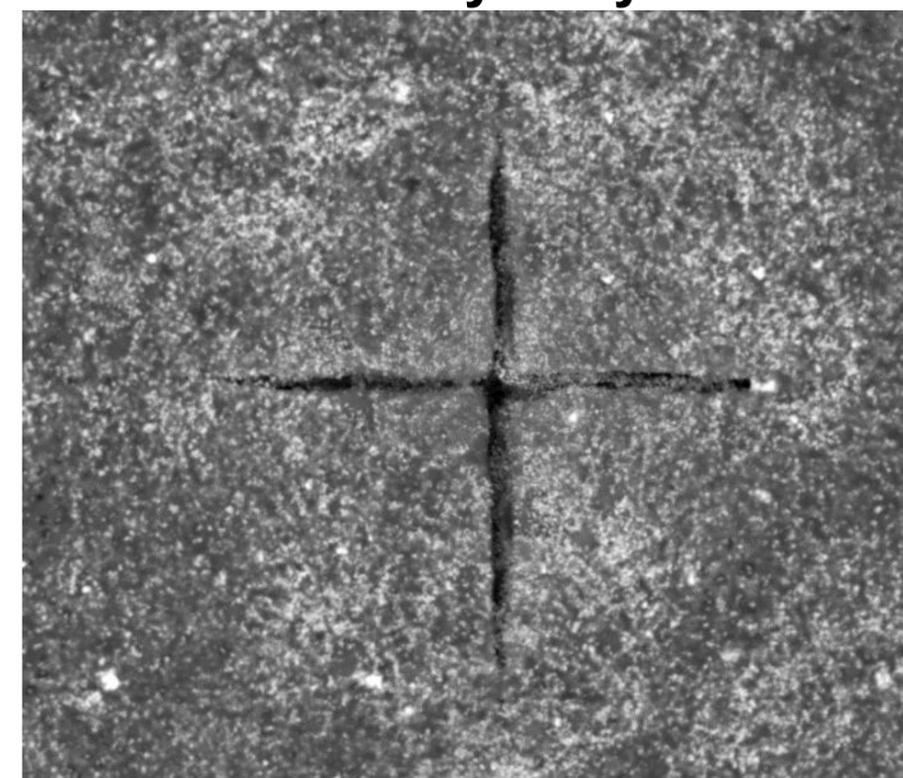


ZM140 с различными вариантами полимерных ПЭ покрытий в зависимости от стоимости производства и типа грунта обладает сравнимыми с **Z275** защитными свойствами при длительной эксплуатации

Твердость при различных нагрузках



Растрескивание и отслаивание при «укалывании» индентором отсутствует



Прокат с различными вариантами красок на ZM – покрытиях (1, 3-8) имеет схожие механические свойства с Тем же полимером на Zn (образец 2)

Монослойный полимер (обр. 8) имеет наибольшую стойкость к абразивному износу

Заключение

Как увеличить долговечность конструкции из холодного проката? – Ориентироваться на конкретное применение продукта - толщина покрытия вторичный признак. ЦАМ по сравнению с цинком – открывает большую вариативность применений за счет меньшей базовой толщины. Это позволяет удовлетворять особые требования по коррозионно-механической стойкости конечных изделий в конкретных условиях эксплуатации при сохранении цены

Как сделать конструкцию безопаснее? – при использовании и создании продукции с ЦАМ - проводить специфические испытания для условий эксплуатации

Как сохранить декоративные свойства в суровом климате? – проводить ускоренные испытания под воздействием холода, механических напряжений и агрессивных сред

Какие использовать ориентиры и стандарты при проектировании и выборе материалов? – Европейские нормы регулируют требования по коррозионно-механическим свойствам в конкретных условиях. Российские стандарты подробно описывают и регламентируют сам процесс испытаний.

Вывод – для получения ситуации win-win - нужна кооперация и постоянный диалог между R&D строителей/изготовителей металлоконструкций и металлургов. Необходимо гармонизировать подходы к средам и требованиям по стойкости в конкретных условиях применения проката



АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

+7 (495) 744-02-63

info@steel-development.ru

www.steel-development.ru

ПАО «НЛМК»:,

Дирекция по исследованиям и разработкам

398040 г. Липецк, Пл. Metallургов, 2

sp-rnd@nlmk.com