

4. CFB cyclones at high temperature: Operational results and design assessment Raf Dewil, Jan Baeyens, Bart Caerts, 2008.

5. Effect of cyclone inlet velocity and vortex finder height on coarse wheat bran dust separation Abdel-Hadi, M. A. Misr J. Ag. Eng., July 2014–24.

УДК 621.357.7

**Кузнецов Я.Г., Карзан С.Н.,  
Зиневич Д.В., Жилинский В.В.**  
(БГТУ)  
**Кузей А.М.**  
(ФТИ НАН Беларуси)

### **ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО СПЛАВА ЦИНК-НИКЕЛЬ**

В настоящее время электрохимическое цинковое с пассивацией покрытие является наиболее используемым для защиты стали от коррозии. Цинк имеет более электроотрицательный потенциал в коррозионной среде, чем железо, поэтому при небольшом повреждении цинкового покрытия сталь не будет подвергаться коррозионному разрушению из-за протекторного эффекта. Однако сами цинковые покрытия подвержены быстрому разрушению в коррозионной среде и требуют пассивации в хроматных электролитах, что создает экологические проблемы при массовом производстве. Более того, на нанесение цинковых покрытий ежегодно расходуется до 50% всего добываемого цинка. Цинковые покрытия также значительно уступают в защитном действии кадмиевым покрытиям в условиях тропического климата.

Одна из основных задач современного гальванического производства – разработка технологий получения антикоррозионных покрытий на основе сплавов цинка с защитными свойствами кадмия. Для улучшения эксплуатационных свойств цинковые покрытия легируют никелем, железом, кобальтом, хромом, молибденом и оловом. Электролитические покрытия из цинковых сплавов обладают повышенной коррозионной стойкостью, чем чистые цинковые покрытия [1].

Цинк-никелевое покрытие применяется как альтернатива кадмиевым покрытиям. Сплав цинк-никель более термо- и коррозионностоек, чем гальванический цинк. Он обладает высокой твердостью и приятным матовым или полублестящим внешним видом. В зависимости от процентного содержания никеля в сплаве меняются и свойства

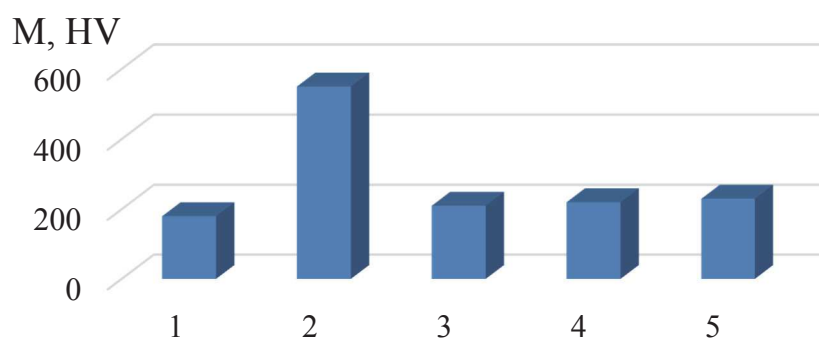
покрытия. При содержании никеля менее 10% покрытие слабоустойчиво в солевых средах, в то время как при содержании его более 25% – абсолютно устойчиво и может полностью заменить кадмий [1–2]. Однако в этом случае оно перестает быть анодным к стали и продолжает защищать только механически.

В работе покрытия сплавом цинк-никель наносили из электролитов, представленных в таблице 1. Толщина покрытия составляла 10 мкм. Плотность тока изменялась от 1 до 4 А/дм<sup>2</sup>.

**Таблица 1 – Составы электролитов для нанесения сплава цинк-никель**

Компонент	Номер электролита / Концентрация, г/л			
	1	2	3	4
ZnCl <sub>2</sub>	70			
NiCl <sub>2</sub>	70			
NH <sub>4</sub> Cl	130			
Добавка А 4	–	50	–	50
Добавка В	–	–	5	5

Рентгенофазовые исследования покрытий из сплава цинк-никель показали, что в электролите при малых плотностях тока осадки в основном состоят из интерметаллида Ni<sub>5</sub>Zn<sub>21</sub> (γ-фаза). С увеличением плотности тока появляются кристаллические фазы никеля и твердый раствор никеля в интерметаллическом соединении. Такой фазовый состав покрытия из сплава приводит к увеличению его микротвердости в 1,2 раза по сравнению с цинковыми покрытиями (рис. 1).

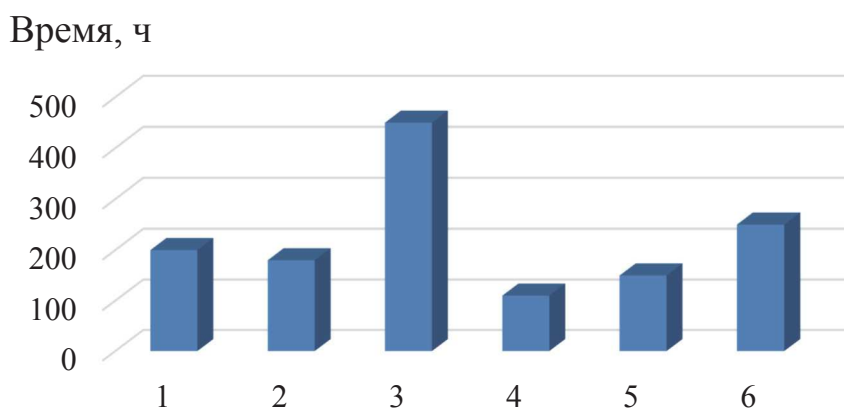


**Рисунок 1 – Микротвердость гальванических покрытий:  
1 – цинк [1], 2 – никель [1], 3 – цинк-никель из электролита 1,  
4 – цинк-никель из электролита 2, 5 – цинк-никель из электролита 3,  
6 – цинк-никель из электролита**

Коррозионные испытания цинк-никелевых покрытий, полученных из разработанных электролитов 1–3, проводили в камере солевого тумана (3 мас.% NaCl) с автоматическим регулированием температуры

(38°C) по ГОСТ 9.308–85. Для сравнения использовали покрытия с кадмием, цинком и цинк-никелевое покрытие, нанесенное из электролита, используемого в промышленности [1]. Коррозионную стойкость оценивали по продолжительности испытаний до появления коррозии покрытия, а защитную способность – до появления следов коррозии стали.

Результаты испытаний приведены на рис. 2.



**Рисунок 2 – Результаты коррозионных испытаний покрытий по ГОСТ 9.308-85 в камере соляного тумана (до появления следов «красной коррозии»:**

- 1 – цинк-никель с пассивацией [1], 2 – цинк-цинк-никель с пассивацией [1], 3 – кадмий с пассивацией [1], 4 – цинк-никель из электролита 1, 5 – цинк-никель из электролита 4, 6 – цинк-никель из электролита 4 с пассивацией**

Покрытия сплавом цинк-никель обладают декоративным внешним видом. Морфология покрытий ровная, имеет небольшую волнистость без острых граней.

Таким образом, цинк-никелевые покрытия, полученные из разработанного электролита 4, обладают повышенной микротвердостью, а по коррозионной стойкости они сопоставимы с кадмиевыми покрытиями. Фазовый состав полученных покрытий цинк-никель представляет собой твердый раствор интерметаллида  $Ni_{15}Zn_{21}$  ( $\gamma$ -фаза) в цинке.

#### Литература

1. Проскуркин, Е.В. Цинкование / Е.В. Проскуркин, В.А. Попович, А.Т. Мороз. – М.: Металлургия, 1988. – 528 с.
2. Рябчикова А.В. Перспективные использования цинк-никелевых сплавов, осажденных в полиэтиленполиаминовом электролите / Рябчикова А.В. // Технология и организация производства.– 1974. – № 1. – С. 50–51.