

$$\mathcal{E}_{y\partial} = \frac{\sum_i^p \sum_j^f \sum_k^z \mathcal{Q}_{ijk}}{\sum \mathcal{Z}}, \quad (2)$$

где \mathcal{E}_{ijk} – эффект от выполнения логистических услуг по i -й операции j -й функции k -го заказа.

Представленный удельный показатель результативности (2) не учитывает уровень качества обслуживания заказов потребителей. Если в систему оценки эффективности функционирования глобальной логистической системы ввести *оценку обслуживания заказов по качеству (уровень сервиса)*, то оценочный критерий примет вид:

$$\mathcal{E}_c = \frac{\sum_k^z (\mathcal{E}_k \cdot \mathcal{Z}_k)}{\sum \mathcal{Z}}, \quad (3)$$

где \mathcal{E}_k – мера эффективности функционирования глобальной логистической системы при обслуживании k -го заказа; \mathcal{Z}_k – затраты на качество обслуживания k -го заказа.

Поскольку повышение уровня логистического сервиса увеличивает эффективность функционирования логистических систем, расчёт различных альтернатив обслуживания заказов потребителей даёт возможность для определения *максимальной эффективности*.

В целом, *уровень результативности функционирования глобальных логистических систем* определяется степенью доступности запасов, производительностью и качеством производственной и логистической деятельности, а величина совокупных затрат на логистику находится в непосредственной взаимосвязи с желаемым уровнем результативности. Как правило, чем выше данный уровень, тем выше общие издержки на реализацию систем логистики. Со стороны потребителя, являющегося конечным звеном любой логистической цепи, эффективность логистической системы определяется уровнем качества обслуживания заказов.

Поэтому ключевым фактором успеха при создании эффективной системы глобальной логистики служит умение поддерживать равновесие между уровнем логистического сервиса и величиной общих затрат с учётом специфики функционирования глобальных рынков.

Список использованных источников

1. Логистика / В.И. Маргунова [и др.]; под общ. ред. В.И. Маргуновой. – Минск: Вышэйшая школа, 2011. – 508 с.
2. Логистика / Р.Б. Ивуть, С.А. Нарушевич. – Минск: БНТУ, 2004. – 328 с.
3. Логистика для бакалавров / под общ. ред. проф. С.В. Карповой. – Москва: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2016. – 323 с.
4. Логистика и управление цепями поставок / под ред. В.В. Щербакова. – Москва: Издательство Юрайт, 2015. – 582 с.
5. Оценка эффективности функционирования логистических систем / О.Н. Линёва // Российское предпринимательство. – 2008. – №6. – С.21-23.

УДК 669.714, 621.718.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КАТОДОВ ВАКУУМНЫХ ЭЛЕКТРОДУГОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЛАЗМЫ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ

Ковалевич Э.В., Иванов И.А., Слуцкий А.Г., Шейнерт В.А.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: foundry@bntu.by

Abstract. In the article the process of metal-thermal reduction of components is investigated, the basic scheme of melting of metal is developed, properties of received ingots are investigated.

В лабораторных условиях с использованием методики, разработанной авторами проведены экспериментальные исследования высокотемпературного синтеза различных силицидов [1]. Исходная шихта состояла из порошков оксидов титана, никеля, меди, кремния и силикокальция, а в качестве восстановителя использовали порошок алюминия. Установлено, что при наличии в составе смеси оксида кремния из-за невысокой общей термичности процесс восстановления протекает не полностью и металлургический выход слитка силицида невысокий и составляет не более 55%.

На микрорентгеновском анализаторе «ICA 350» фирмы «OxfordInstrument» (Англия), были выполнены исследования элементного состава опытного образца титан-никель-кремний. Химический анализ шлака показал наличие высокого процента кальция (9%), что свидетельствует о его высокой восстановительной способности. Также обнаружено значительное количество не восстановленного титана порядка (10%). С учетом проведенных исследований, выявленных особенностей процесса плавки силицида была проведена корректировка составов восстановительной смеси, в том числе по титану, и изготовлен по специальной методике опытный образец катода-мишени на медном токовом (рис. 1).

На следующем этапе были проведены экспериментальные исследования получения различных силицидов методом высокоскоростной индукционной плавки [2]. По разработанной методике были выплавлены различные по составу силициды с использованием чистых шихтовых материалов. На полученных образцах провели исследования химического состава и микротвердости структурных составляющих, результаты которых приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Этапы получения катода-мишени из силицида никеля с титаном: *а* – металлургическое восстановление; *б* – слиток силицида; *в* – катод-мишень на медном токовом

Таблица 1 – Результаты исследования химического состава и микротвердости структурных составляющих

№ опыта	Тип силицида	Металлургический выход	Химический состав, %				Микротвердость, МПа
			Медь	Никель	Титан	Кремний	
1	Cu-Si	96	80	–	–	20	458–802
2	Cu-Ti-Si	98	43	–	43	14	772–1600
3	Ni- Ti-Si	97	–	43	43	14	515–1200

При плавке силицидов достигнут достаточно высокий металлургический выход (96-98%) [3].

Катоды из сплавов металл-неметалл состоят из двух частей: рабочей части, которая испаряется вакуумной дугой, и пробки, обеспечивающей крепление катода в испарителе и его быструю замену (рис. 2).



Рисунок 2 – Общий вид токовода (*а*) и катода-мишени (*б*) после эксплуатации

Конструкция пробки имеет двойное предназначение. Она обеспечивает электрический контакт с катодом-мишенью и позволяет надежно крепить данную конструкцию в вакуумной камере.

С учетом этих особенностей и применительно к конкретной установке по напылению разработан вариант изготовления катодов-мишеней. Для нанесения покрытий на вакуумно-дуговой испарительной установке УВН 70 Union применяются катоды-мишени, размеры которого представлены на рисунке 3.

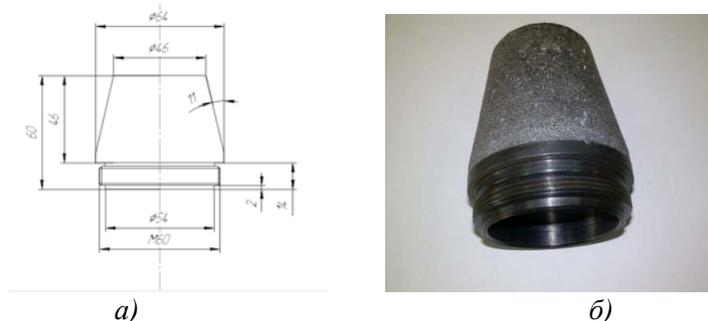


Рисунок 3 – Эскиз (а) и опытный образец (б) катода-мишени

В нижней части катода располагается токовод из стали либо меди, на которой предусматривается резьба для надежного крепления катода-мишени в вакуумной камере. К данным геометрическим размерам катода-мишени разработан вариант его получения из силицидов методом литейной технологии.

Список использованных источников

1. Иванов И.А. Исследование процесса получения сплавов металл-кремний для изготовления катодов-мишеней / И.А. Иванов, Э.В. Ковалевич, А.Г. Слуцкий, В.А. Шейнерт, И.Л. Кулинич // Материалы XI Международной научно-технической конференции «Современные методы и технологии создания и обработки материалов», Минск 14-16 сентября 2016 г. / ФТИ НАН Беларуси. – Мн., 2016.
2. Изготовление катодов-мишеней для получения вакуумно-плазменных многокомпонентных покрытий на изделиях медицинского назначения / Э.В. Ковалевич [и др.] // Новые горизонты – 2017: сборник материалов Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 2-3 ноября 2017 г.: в 2 т. – Минск: БНТУ, 2017. – Т. 2. – С. 16-17.
3. Иванов И.А. Получение катодов-мишеней из силицидов для вакуумных ионно-плазменных источников. Obtaining a cathode target of silicides for vacuum ion-plasma sources / И.А. Иванов // Литье и металлургия. – 2018. – № 2 (91). – С. 99-102.

УДК 621.891:546.26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЕТАЛЛ-УГЛЕРОДНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ В РЕЖИМЕ МНОГОЦИКЛОВОГО СКАНИРОВАНИЯ

Кузнецова Т.А., Трухан Р.Э.

Белорусский национальный технический университет

Современные технологии приборостроения развиваются по пути миниатюризации. Всё больше ресурсов направляется на поиск материалов с более совершенными параметрами при минимальных размерах в одном или нескольких направлениях. Важная роль при этом отводится покрытиям, позволяющим создать на поверхности функциональный слой, отличающийся от характеристик основного материала детали.

В данной работе было произведено определение таких характеристик, как силы и коэффициента трения ($K_{тр}$), а также его изменение в процессе сканирования в многоцикловом режиме. Объектами исследования были 4 покрытия следующих составов: Ti – Ti+DLC, Ti – Ti+DLC – DLC, Ti – Ti+N+DLC – DLC и Ti – Ti+N+DLC. DLC в этих покрытиях – это алмазоподобный слой.