

## ПАЯЕМОСТЬ И СРОК ГОДНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ ПОЛОС ИЗ БЕРИЛЛИЕВОЙ БРОНЗЫ И ДРУГИХ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

<sup>1</sup>*Фазилов Дусмурат Сайдивалиевич*

<sup>1</sup>*Кенжаева Туймурода Нематулла угли*

<sup>2</sup>*Абсаломов Хумоюн Барат угли*

<sup>1</sup>*Алмалыкский государственный технический институт, преподаватель.*

<sup>2</sup>*Алмалыкский государственный технический институт, студент.*

Испытаниям подвергали два типа образцов на бериллиевой бронзы С17200Н, С17200НМ С17510НТ. Состав сплава указан в табл.1.

Таблица 1

Сплав	Содержание элементов, %					
	Cu	Ni	Co	Sn	Be	P
С17200Н, НМ	основа	-	0,25	-	1.9	-
С17510НТ	-“-	1,8	-	-	0,4	-
С51000	-“-	-	-	5,0	-	0,3
С72000	-“-	9.0	-	2,0	-	-

### Подготовка и ингибирование образцов

Для проведения исследований использовались образцы из алюминиевых бронз и других медных сплавов, подвергнутые различной степени ингибирования (пассивации) с использованием бензотриазола. Степень ингибирования регулировалась изменением параметров технологического процесса: температуры обработки, времени выдержки в растворе бензотриазола и концентрации ингибитора. Помимо специально обработанных образцов, в исследование были включены ранее ингибированные образцы, что позволило оценить влияние предшествующей обработки на эффективность пассивации. В результате каждая группа сплавов содержала по девять образцов с различной степенью ингибирования.

Размеры образцов составляли 76,2 мм в длину, 25,4 мм в ширину и 2–2,5 мм в толщину. Для проведения атмосферных испытаний образцы устанавливались концами в прорези деревянной подставки под небольшим наклоном и сохраняли это положение на протяжении всего периода испытаний. Такой способ закрепления позволял моделировать естественное воздействие окружающей среды, обеспечивая равномерное воздействие на поверхность материала.

Индексы, применяемые для обозначения состояния поставки материала, имели следующее значение:

- **НМ и НТ** – материал прошёл упрочнение прокаткой, последующую термообработку, химическую очистку и обработку ингибитором.
- **Н** – образцы подвергались отжигу, химическому обезжириванию и ингибированию перед окончательной операцией холодной прокатки. В состоянии поставки на поверхности таких образцов могли оставаться следы масла и ингибитора.

Для устранения возможных загрязнений и повышения воспроизводимости

экспериментов, такие образцы в лабораторных условиях подвергались дополнительной очистке и повторной обработке ингибитором.

### Контрольные образцы

Для сравнительных испытаний использовались образцы сплавов **C51000** и **C72000**, обработанные в трёх состояниях:

1. В состоянии поставки;
2. После обезжиривания;
3. После травления в 50% растворе HCl.

Обработка 50% HCl проводилась с целью удаления остатков ингибитора и масла, использованного при прокатке, и подготовки чистой поверхности для более точной оценки коррозионной стойкости. Данная процедура обеспечивала сравнимость результатов между различными степенями ингибирования и различными сериями сплавов.

### Оценка паяемости

Существует много методов оценки паяемости: погружением образцов в расплавленный припой, оценка поверхностного натяжения на менискографе, определение кривой смачивания во времени, оценкой расплавленной лежащей капли припоя, растеканием падающей капли припоя и т.д. Первый метод является одним из наиболее широко распространенных и применяется для широкого спектра различных материалов, Его результаты сравнительно легко оцениваются. Этот метод в соответствии со стандартом MIL-STD-202 (метод 208) состоит из следующих операций: 1) погружение образцов в стандартную ванну щелочного обезжиривания на 3-4 с при нормальной температуре; 2) промывка в деминерализованной воде; 3) травление в серной кислоте в течение 3-4 с при нормальной температуре; 4) промывка в деионизированной воде; 5) промывка в ацетоне; 6) флюсование в неактивированном канифольном флюсе (тип R) 5-10 с; 7) погружение образца в расплавленный припой 60Sn-40Pb при температуре 450° C, выдержка 5 с, подъем образца со скоростью 25 мм/с и охлаждение образца на воздухе.

Эксперименты, проведенные на образцах на меди и других сплавов показали, что вышеуказанная методика оценки паяемости не может быть использована для целей настоящей работы в связи с сильным влиянием на результаты даже небольших изменения в технологических параметрах описанного метода. В частности, результаты зависят от того, как проводить промывку в деионизированной воде-при промывке не в емкости, а струей воды образцы портятся, результаты сильно зависят от предыдущей обработки материала, от размеров образцов, особенно от их толщины, зависят не только от скорости и подъема, но и от скорости погружения, от последовательности выполнения операций; примеси ацетона могут активировать канифольный флюс и улучшить паяемость; рекомендуемая серная кислота хуже обрабатывает поверхность, чем соляная. Влияние части указанных факторов было установлено после оценки паяемости образцов, прошедших 2- и 6-мес, испытания. Поскольку были получены противоречивые результаты, они не вошли в настоящую работу, в которую включены только данные по оценке паяемости

образцов после двух годового хранения. Учитывая вышеуказанное, эти образцы только обезжиривали с окончательной промывкой в изопропиловом спирте и затем проводили испытания погружением, флюсуя образцы или среднеактивированным флюсом (тип RMA), или полностью активированным флюсом (тип RA), погружая и вынимая образцы со скоростью 25 мм/с с выдержкой после погружения 5 с. В соответствии с указанным стандартом образцы с поверхностью луженой припоем площадью более или равной 95% от всей погружаемой площади считали прошедшими испытания, а менее 95% негодными.

**Результаты после двухгодичного перерыва**

Результаты для образцов из бериллиевой бронзы представлены в табл. 2 и свидетельствуют о том, что паяемость не зависит непосредственным образом от степени ингибирования их поверхности, однако в общем ингибированные образцы обладают лучшей паяемостью, чем не ингибированные. В форме табл. 3 эти результаты, сгруппированные по признаку “ингибированные-неингибированные” дают более четкое представление. Следует отметить, что неингибированные образцы после хранения обладают лишь несколько худшей паяемостью при использовании флюса типа RA.

Таблица 2

Место хранения	Применяемый флюс	Материал образцов	Сторона образцов	Неингибированные образцы	Степень ингибирования								
					1	2	3	4	5	6	7	8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Образец 2	RMA	C17200H	П 3	- +	+ +	+ +	- -	+ +	+ +	+ +	- +	+ -	
		C17200HM	П 3	- -	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	
		C17200HT	П 3	- +	- +	+ +	+ +	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
	RA	C17200H	П 3	o o	+ +	+ +	+ +	o o	+ +	+ +	+ +	- +	+ -
		C17200HM	П 3	o o	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
		C17200HT	П 3	- -	- +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +
Образец 1	RMA	C17200H	П 3	- -	- +	- -	- +	- +	+ +	- +	- -	- -	
		C17200HM	П 3	- -	- +	o o	- -	- +	- +	- +	- -	- +	
		C17200HT	П 3	- -	+ +	- -	- -	+ +	+ +	- -	- +	+ +	
	RA	C17200H	П	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

			З	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	C172OONM	П	П	+	-	о	-	+	-	-	+	+
		З	З	+	+	о	+	+	+	+	+	+
	C172OONT	П	П	+	+	+	+	+	+	+	-	+
		З	З	З	+	+	+	+	+	+	+	-

Примечание: П-передняя сторона образца; З-задняя сторона образца; (+) - образец успешно прошел испытания; (-) – образец не прошел испытания; О-образец не оценивали,

В табл. 4 представлены результаты, паяемости различных типов бериллиевых бронз, сгруппированные по признаку местонахождения при хранении. Сравнение результатов для различных типов сплавов показывает только небольшую разницу в паяемости. Влияние местоположения образцов более существенно. Хранение образцов в Образец 2е обеспечило лучшие результаты по паяемости, несмотря на то, что образцы выдерживали в помещении, где были расположены электрические печи, станки, бензиновые двигатели. Однако в связи с тем, что Образец 1 расположен рядом с Нью-Йорком, вероятно, сказалось влияние атмосферы последнего, и в этом месте хранения атмосфера оказалась более "промышленной".

Таблица 3

Обработка поверхности образцов	Тип флюса	Количество образцов, прошедших испытания, %
Ингибированная	RMA	65
	RA	87
Неингибированная	RMA	15
	RA	75

Таблица 4

Материал образцов	Местоположение образцов	Тип флюса	Количество образцов, прошедших испытания, %
C172OON	Образец 2	RMA	68
		RA	79
	Образец 1	RMA	40
		RA	92
C172OONM	Образец 2	RMA	100
		RA	100
	Образец 1	RMA	37
		RA	72
C172OONT	Образец 2	RMA	88

		RA	92
	Образец 1	RMA	55
		RA	82

### Выводы

Полученные результаты показывают, что бериллиевая бронза обладает очень хорошей способностью к хранению с точки зрения сохранения паяемости. После двухлетнего хранения в окружающей среде промышленного типа ингибированные образцы из этой бронзы паяются вполне хорошо с помощью среднеактивированного флюса (65% образцов успешно прошли испытания на паяемость) и очень хорошо при использовании полностью активированного флюса (87% образцов успешно прошли испытания на паяемость). Неингибированные образцы после двухлетнего хранения имели потускнение, а ингибированные образцы характеризовались значительно меньшим потускнением. Однако непосредственной связи между интенсивностью потускнения и паяемостью не установлено. Не установлено также и прямой зависимости между паяемостью и степенью ингибирования.

Сплав С51000 окислился после хранения много больше бериллиевой бронзы, Сплав С72500 окислился больше бериллиевой бронзы, но меньше, чем сплав С51000. Паяемость последнего сплава после хранения аналогична паяемости неингибированной бериллиевой бронзы и сплава С51000.

Оже-электронный анализ показал, что окисная пленка образцов, хранящихся при нормальной температуре содержит окись бериллия в той же стехиометрической пропорции, что и количество Ве в сплаве. Эта окисная пленка после двухлетнего хранения имеет толщину ~ 150-200Å на ингибированных сплавах и 250-300Å на неингибированных сплавах.

Стандартный метод оценки паяемости с использованием неактивированного канифольного флюса очень чувствителен к небольшим изменениям в методике и параметрах процесса подготовки образцов. В связи с этим этот метод не является лучшим для оценки паяемости образцов, периодически контролируемых после выдержки в процессе длительного периода хранения.

### Список литературы

1. Фазилов Д. С. и др. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СВАРКЕ //Экономика и социум. – 2024. – №. 1 (116). – С. 1476-1483.
2. Кенжаев Т. Н. У. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВАРКЕ //Central Asian Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. – 2024. – Т. 1. – №. 16. – С. 138-142.
3. Kenjayev T. N., Mamatkulov R. S., Abdukaxharov A. A. ZANGLAMAYDIGAN PO‘LAT QUVURLARNI KOMBINATSYALASHGAN LAZER VA YOYLI PAYVANDLASH //InnoRes. – 2025. – Т. 1. – №. 5. – С. 25-39.

4. Ergashev M. et al. Tog'-kon texnikalarini ta'mirlashda yeyilgan detallarni qayta tiklashning samarali usullari //Science and Education. – 2023. – T. 4. – №. 2. – C. 763-768.
5. Ergashev M. et al. Yeyilgan detallarni qayta tiklash va mustahkamlash texnologiyalarining samaradorligini taqqoslash //Science and Education. – 2023. – T. 4. – №. 2. – C. 773-778.
6. Raufov, L. M., Sh, M. R., Kenjayev, T. N., & Zokirov, F. Z. (2025). KOMBINIRLAB ERITIB QOPLASH JARAYONINING TEXNOLOGIK XUSUSIYATLARI. *Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi*, 59(2), 324-328.
7. Кенжаев Т. Н. У. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СВАРКЕ //Central Asian Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies. – 2024. – Т. 1. – №. 16. – С. 138-142.
8. Fazilov D. S., Mamatqulov R. S. o'g'li, Kenjayev, TN o'gli, & Abdukaxharov, AA o'g'li.(2024). Boyitish fabrikalari jihozlarining yeyilish sabablari //Science and Education. – T. 5. – №. 4. – C. 146-151.
9. Fazilov D. S., Kenjayev T. N. o 'g 'li.(2024). MIIIP-3, 6-5, 0 sharli tegirmonining jihozlarini yeyilish sabablari //Science and Education. – T. 5. – №. 4. – C. 262-267.
10. Fazilov D. S., Kenjayev T. N., Chillaboyev S. B. FRIKSION UZATMALAR VA ULARNING MEXANIK UZATMALARDAGI O 'RNI //Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi. – 2025. – T. 59. – №. 4. – C. 205-210.
11. Kenjayev T. N., Jo'raqulov Z. N. PAYVANDLASHDA ISSIQ DARZLARNING PAYDO BO 'LISHI VA ULARNI OLDINI OLISH //Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi. – 2025. – T. 59. – №. 4. – C. 211-216.
12. Kenjayev T. N., Nasriddinov I. R. PAYVANDLASHDA SOVUQ DARZLARNING PAYDO BO 'LISHI VA ULARNI OLDINI OLISH //Ta'lim innovatsiyasi va integratsiyasi. – 2025. – T. 59. – №. 4. – C. 217-222.