

проводили відразу після нанесення крапель реактиву, а також через 15; 30; 45; 60; 120; 180 хв і через день.

Результати дослідження наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Динаміка твердіння суміші з алюмінатом натрію та різними затверджувачами

Інд.	Затверджувач	Час з моменту приготування проб, хв							
		0	15	30	45	60	120	180	24 год
1	тетраетоксисилан	–	–	–	–	+	+	+	+
2	гексан	–	–	–	–	–	–	–	+
3	ефір «ГАРТ»	–	–	–	+	+	+	+	+
4	лимонна кислота (20%-й водний розчин)	–	–	–	–	–	–	–	+
5	щавлева кислота (10%-й спирт. розчин)	–	–	–	–	–	–	+	+
6	пероксид водню	–	–	–	–	–	–	–	+
7	ортофосфорна кислота	–	–	+	+	+	+	+	+

Примітка: «+» відбувається зміцнення; «–» зміцнення відсутнє

Із речовин, які застосовують для зміцнення сумішей з рідким склом, відносно позитивний результат отримано лише з універсальним ефіром «ГАРТ» та ортофосфорною кислотою. Із суміші з алюмінатом натрію і 5% розчину лимонної кислоти виготовлено стандартні циліндричні зразки та через 24 год після цього визначено властивості. Міцність при стисканні становить 0,51 МПа, а обсапаємість 0,12%.

На основі проведених досліджень встановлено, що затверджувачі, які використовуються для формувальних і стрижневих сумішей із рідким склом, для сумішей з алюмінатом натрію виявились малоефективними, тому що не досягнуто холодного зміцнення сумішей. Подальші дослідження будуть направлені на пошук затверджувача для алюмінату натрію.

Література:

1. Дорошенко С.П., Авдокушин В.П., Русин К., Мацашек И. Формовочные материалы и смеси. – К.: Вища школа, 1980. – 416 с.
2. Романов М.К., Порхунув Р.В., Лисихин Б.М., Полякова Т.А. Стержневые смеси на основе алюминатных растворов // Литейное производство, 1990. – №4. – С.14.
3. Сычев М.М. Неорганические клеи. – Л.: Химия, 1974. – 160 с.

Мазорчук В.Ф., Репях С.И., Узлов К.И., Усенко Р.В., Дзюбина А.В.

(НМетАУ, г. Днепр)

ПОЮЩАЯ БРОНЗА

E-mail: 123rs@ua.fm

Низкое внутреннее трение и высокие механические свойства – одни из основных требований к любому материалу, который используют для изготовления колоколов и колокольчиков, бубенцов, бил, поющих чаш, звучащих элементов музыкальных инструментов ударного типа (тарелки, гонги, треугольники, чаймсы и др.), звукопроводов и т.п.

В Украине церковные колокола (басовые: благовестник, праздничный, полиелейный, воскресный, постовой; теноровые, альтовые, триольные) производят промышленные компании в числе которых ПАО "Нововолынский литейный завод", "Златовест", "Тризвон", "НПП" Благовест-1" и т.д.

Мировыми лидерами производства звучащих элементов музыкальных инструментов ударного типа являются компании: Sabian (Канада), Zildjian (США), Meinl (Германия), Paiste (Швейцария). В Украине производителем подобной продукции является компания Zalizo – первый национальный бренд, созданный в 2010-м году.

Поющие чаши (гималайские или тибетские чаши, чаши рин или судзу) – разновидность безъязычного колокола в форме чаши. Такой колокол в Азии является неотъемлемым атрибутом ряда религиозных обрядов. В настоящее время поющие чаши также используют как музыкальный инструмент, например, во время медитации и релаксации, для лечения заболеваний, связанных с нарушением биоритмов пациента, а также при исполнении музыки самых различных музыкальных стилей и направлений.

Как правило, колокола и звучащие элементы музыкальных инструментов ударного типа изготавливают из бронз или латуней. Химический состав некоторых таких сплавов приведен в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Состав литейных медных сплавов

Сплав	Массовая доля, % (остальное – Cu)							
	Zn	Ni	Pb	Sn	Fe	Si	Mn	Sb
БрО21				20...22,5				
БрО18				17,5...19				
БрК6Мц						5,5...6,5	1...2	
БрК5ЖЦС	1...2		1...2		0,5...1	4,5...5,5		
БрО9Су11С			0,08...0,16	8...10				10,6...11,5
ЛЦ16К4	15...17					3...5		
ЛЦ44Н4С3О2	43...45	4...5	3...4	1...3	до 1			

Таблица 2 – Состав пластически деформируемых медных сплавов

Сплав	Массовая доля, % (остальное – Cu)				
	Zn	Ni	Sn	Mn	Al
БрО12			11...13		
БрО10			9...11		
БрО8			7...8		
БрМн15Ц15А (Meinl FX9)	14...16			14...16	0,8...1,2
ЛЦ38 (Brass)	37...39				
Нейзильбер (Nickelsilver)		11...13			

Из числа используемых сплавов наиболее высокими акустическими свойствами обладает оловянная бронза БрО21 (колокольная бронза).

Микроструктура этой колокольной бронзы гетерогенна и состоит из насыщенного α -твердого раствора олова в меди и интерметаллидов $Cu_{31}Sn_8$.

С повышением содержания олова в колокольной бронзе увеличивается не только количество интерметаллидов, но и повышается качество и продолжительность ее звучания. Вместе с тем, чрезмерное количество интерметаллидов в структуре колокольной бронзы делает ее хрупкой даже при комнатной температуре. В связи с этим, максимальное содержание олова в колокольной бронзе ограничивают указанным выше значением, а крупные колокола и тарелки нередко изготавливают с пониженным (18...20%, по массе) содержанием олова. Колокола из колокольной бронзы БрО21 характеризуются большой продолжительностью и высоким качеством звучания (благозвучием), термически не обрабатываются.

При температуре ниже $-20...-25$ °С колокольная бронза становится хрупкой, что повышает вероятность разрушения колоколов при ударе в них. Со временем под воздействием переменных климатических условий колокольная бронза становится "рыхлой", издаваемый колоколом звук становится более низким и длительным.

Существенным недостатком классической колокольной бронзы также является её относительно высокая стоимость, что обусловлено значительным содержанием в ней олова.

В этой связи целью проведенной работы была разработка менее дорогостоящего сплава (бронзы) при сохранении или повышении продолжительности звучания и тембрового диапазона изделий из него.

Результат выполненных исследований – первая украинская поющая бронза, механические свойства которой (при 18 ± 1 °C) в сопоставлении с показателями бронзы (БрО21) приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Механические свойства разработанной и классической колокольной бронзы (БрО21)

Бронза	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	φ , %	КСУ, Дж/см ²
БрО21	220...274	160...187	2...4	1...2	31...34
Разработанная	310...400	300...380	2...5	1...4	70...85

С технологической точки зрения, разработанная бронза характеризуется хорошей жидкотекучестью расплава и трещиностойкостью, высокой ударной стойкостью при отрицательных температурах, повышенной сопротивляемостью коррозионному растрескиванию при неизменной величине растягивающей деформации на воздухе и в нейтральном соляном тумане. Коэффициент условно свободной линейной усадки разработанной бронзы составляет ~1,4%, коэффициент абсолютно затруднённой линейной усадки – 0,7%.

Акустические параметры разработанной бронзы оценивали на литых тарелках малого диаметра, в том числе и после их термической обработки. При одинаковой громкости звучания, благозвучии, одинаковой или большей продолжительности звучания тарелки из разработанной бронзы, как и тарелки из колокольной бронзы, имеют три обертона, которые проявляют себя в более широком, чем у колокольной бронзы, частотном диапазоне (рис. 1).

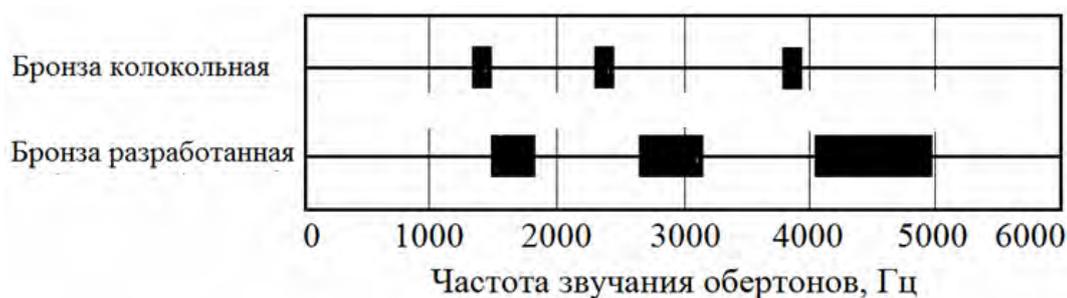


Рис. 1. Частотная диаграмма звучания тарелок из колокольной (БрО21) и разработанной бронзы

При этом высота тона звучания варьируется размерами и формой тарелки, составом бронзы или, при необходимости, соответствующей термической обработкой изделия. Применение разработанной бронзы позволит изготавливать не только новые виды литых звучащих элементов музыкальных инструментов, колокола и колокольчики, но и, практически, весь ряд элементов известных музыкальных инструментов в числе которых тарелки типа Crash, Ride, Sizzole, Splash и т. п.