

УДК 620.178.311.6

КРЕМНИСТЫЕ БРОНЗЫ – ЭКОНОМИЧНЫЙ ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ КОЛОКОЛОВ

Е.И. Шешунова

Научный руководитель - д.т.н., профессор Ю.К. Фавстов
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

В нашей работе задачей стало исследование демпфирующей способности кремнистых бронз марок БрК5ЖЦС и БрК6Мц и предложение их в качестве перспективного экономического заменителя оловянных бронз, ведь олово – дорогостоящий и дефицитный материал. Свойства высококремнистых бронз: легко поддаются гравировке и чеканке при изготовлении колоколов; хорошо свариваются, паяются мягкими и твёрдыми припоями; устойчивы к действию атмосферы и естественным пресным водам; хорошая жидкотекучесть и более высокие механические свойства, чем у оловянистой.

Для сравнения демпфирующей способности и основных механических характеристик были взяты бронзы: оловянная БрО22, кремнистые БрК5ЖЦС и БрК6Мц. Все опыты проведены на бронзах как в литом состоянии, так и после термической обработки, состоящей в закалке с последующим искусственным старением. Демпфирующая способность - ψ определялась на приборе ИВТ-1 при относительном угле сдвига $(1-0,01) \cdot 10^{-3}$. Были построены графики ψ от амплитуды γ . Демпфирующая способность БрК6Мц меньше, чем у оловянной бронзы БрО22 на 25-30%. Однако пластические свойства кремнистой бронзы более высокие ($\delta=6-8\%$), чем у оловянистой бронзы, которая при испытании на растяжение разрушается при напряжениях меньше $\sigma_{0,02}$.

Микроструктура кремнистых бронз представляет собой дендритные зёрна α - твёрдого раствора легирующих элементов в меди с ГЦК сложной решёткой и эвтектоид ($\alpha+\gamma$). Рентгеноструктурный анализ проводился на установке ДРОН-2,0 в FeK_{α} – излучении. Расшифровка дифрактограмм выявила γ - и α -фазы в бронзе БрК5ЖЦС после закалки и старения и в БрК6Мц после закалки. γ и α — медно-кремниевые фазы, отличающиеся параметрами решётки и расположением плоскостей. В бронзе БрК6Мц, подвергнутой старению, присутствует фаза Cu_5Si . Микротвёрдость измерялась на приборе ПМТ-3 при нагрузке 100г. Микротвёрдость у БрК6Мц после старения 245 – 285 кг/мм², после закалки – 206 кг/мм². У БрК5ЖЦС после старения 185-190 кг/мм², закалки - 180 кг/мм². Разброс значений твёрдости говорит о чередовании более твёрдых и мягких областей на поверхности состаренных кремнистых бронз. Большей твёрдостью обладают области, где преобладают высококремнистые фазы, а более мягкие – медные фазы. После закалки значения твёрдости одинаковы. Термообработка вызвала незначительное увеличение твёрдости в БрК6Мц и небольшое снижение твёрдости в БрК5ЖЦС. Это положительно отразилось на прочностных и пластических свойствах. По результатам экспериментов наименьшей демпфирующей способностью обладает бронза БрК6Мц после закалки от 750°С и старения при 450°С в течение 2 часов. Данный сплав не поглощает в себя весь звук, а разносит на дальние расстояния – это и важно для колоколов.

На основании проведённых нами экспериментов рекомендуется использовать кремнистую бронзу марки БрК6Мц для изготовления колоколов.