

УДК 621.74: 669.3

НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ СПЛАВЫ МЕДИ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Максим Геннадиевич Степанов

*Студент 3-го курса, специалитет
кафедра «Технологии машиностроения»*

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

*Научные руководители: К.Г. Семенов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки материалов»
К.А. Батышев,
доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки материалов»*

Низколегированные литейные сплавы меди, которые используются в современной технике, подразделяются на две группы /1-4/. К первой группе относятся дисперсионно-твердеющие, то есть те, у которых повышение жаропрочных свойств приобретает в результате термомеханической обработки. Другая группа сплавов базируется на сплавах, у которых жаропрочные свойства определяются прочностью межатомных связей между основой сплава и легирующими компонентами. У этих сплавов более высокие технологические и литейные свойства, но пониженные характеристики электро- и теплопроводности. Низколегированная медь является одним из первых материалов, нашедших применение в современной криогенной технике. Это обусловлено тем, что медь не имеет порога хладноломкости, а нижний температурный предел ее использования близок к абсолютному нулю.

Одним из первых низколегированных сплавов на основе меди можно считать «телеграфную бронзу» – медь легированную оловом (0,3-0,55) для проводов с целью повышения их прочности. С тех пор предложено много составов для упрочнения медной катанки (Cr, Zr, Mg и др.), однако до настоящего времени остается наиболее технологичной добавкой для массового производства контактных проводов современными совмещенными методами литья и прокатки. Другие сплавы, как правило, производят из слитковых заготовок с последующей пластической обработкой.

Стандартные низколегированные сплавы меди в основном относятся к классу деформируемых сплавов (листы, ленты, полосы, прутки, трубки, проволока и др.).

Значительно меньше объем производства изделий из литейных сплавов для производства фасонных отливок для электротехнических отраслей (контакты, щеткодержатели, фасонные электроды, теплообменники, фурмы и др.).

В стандарты США включены 4 сплава (C19600-C19200) с содержанием железа от 0,8 до 2,6% и выпускается различная продукция в виде листов, полос, лент, прутков для различных отраслей энергомашиностроения. Железистые бронзы в зависимости от термообработки (M, P, T) обеспечивают значения σ_b от 275 до 550 МПа и $\delta_5 = 18\%$ (M).

Группа сплавов медь-железо характеризуется как материалы с высокими показателями по электропроводности, а железистые бронзы (дисперсионно-твердеющие сплавы), как конкуренты хромовых бронз с высокорентабельными показателями выпускаемой продукции, так как стоимость железа и серы значительно ниже стоимости других традиционных легирующих в низколегированных сплавах меди.

Перспективным, как уже упоминалось выше, является железо, как отдельно, так и в сочетании с фосфором и др. легирующими. Работы с этими сплавами проводились у нас в 70-х – 80-х годах [8, 9], однако промышленное производство не освоено и естественно пока нет постоянных, а также потенциальных потребителей. Между тем дисперсионно-твердеющие сплавы меди с железом имеют также ряд технологических преимуществ по сравнению с хромовыми и хромциркониевыми бронзами, так для их изготовления возможно использование меди промышленной чистоты, т.е. допускается более высокое исходное содержание кислорода.

В качестве легирующего элемента фосфор входит в состав ряда дисперсионно-твердеющих сплавов, в частности, в железистые бронзы при различных соотношениях Fe/P. В частности, в дисперсионно-твердеющих сплавах системы Cu-Fe рекомендуется [5] соотношение $Fe/P = 3,6$. Считают, что такое соотношение обеспечивает наиболее высокое сочетание прочности, теплопроводности и жаропрочности низколегированных сплавов.

Хотя это соотношение в других железистых бронзах [1] варьируется в более широких пределах от 3,6-5,7 до 10-15 и более, что видимо связано с необходимостью обеспечения более разнообразных свойств, которые требуются от различных сплавов применяемых в современной технике.

Что касается сплавов системы Cu-Fe у ряда отечественных специалистов сложилось определенное мнение, что смешивать медь с железом нерационально, так как медь загрязняется железом и такой металл трудно использовать в дальнейшем из-за того, что основные свойства меди – электро- и теплопроводность снижаются.

Поэтому предубеждения о невозможности сосуществования Fe и Cu в одном сплаве преувеличены. Особенно если это касается класса низколегированных сплавов на основе меди. Разработка сплавов меди с железом, сочетающих высокие тепло- и электропроводность с высокими триботехническими характеристиками – одно из перспективных направлений современного машиностроения.

Литература

1. Берент В.Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта. – М.: Интекст, 2005, с.408
2. Семенов К.Г., Панкратов С.Н., Колосков С.В. Разработка современных низколегированных медных сплавов для машиностроения // *Металлургия машиностроения*. 2015, № 4, с.19-21
3. Николаев А.К., Новиков А.И., Розенберг В.М. Хромовые бронзы. М. *Металлургия*, 1983. - 176 с.
4. Николаев А.К., Розенберг В.М. Сплавы для электродов контактной сварки. - М.: *Металлургия*, 1978. - 96 с.
5. Чурсин В.М. Перспективы синтеза низколегированных сплавов на основе меди/ *Цветная металлургия*. 2004, № 5. С.71–77.