ISSN 0002-306X. Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. 2002. Т. LV, № 2.

УДК 669.35: 621.74 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Г. А. КАРАПЕТЯН

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОБЪЕМНУЮ УСАДКУ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Приведены результаты экспериментального исследования влияния теллура, алюминия и хрома на объемную усадку медных сплавов. Количество легирующих элементов составляет до 1,0 %. Выбраны наиболее рациональные легирующие элементы (и пределы их содержания) для высокоэлектропроводной низколегированной меди.

Ключевые слова: объемная усадка, расплав, пористость, усадочная раковина.

Развитие промышленности Армении характеризуется непрерывным расширением номенклатуры применяемых литых заготовок со специальными свойствами. В частности, с развитием кабельной промышленности резко возрастает потребность высокоэлектропроводных медных сплавов с повышенными физико-механическими свойствами.

Медную катанку для производства троллейных проводов в настоящее время изготавливают совмещенным методом литья и прокатки путем получения литой заготовки на непрерывной машине с вращающимся кристаллизатором. Из кристаллизатора получаемая полоса поступает к прокатному агрегату, где в результате обжатия выходит в виде готовой катанки диаметром 8...10 *мм*.

Основной фактор, определяющий использование меди в качестве материала токопроводных деталей, - высокая электропроводность. Однако медь является дефицитным цветным металлом, и поэтому особое внимание должно быть обращено на создание экономичных, безотходных технологических процессов плавки и литья, сводящих потери металла к минимуму.

Известно, что медь считается плохим литейным материалом из-за малой жидкотекучести, повышенной горячеломкости и большой линейной и объемной усадки. Улучшение литейных и физико-механических свойств меди легированием связано с определенными трудностями, так как при этом почти всегда снижается электропроводность, даже при незначительных добавках легирующих элементов.

Для этого проведены изыскания эффективных добавок с целью получения состава сплава, одновременно обеспечивающего высокую электропроводность и технологические свойства при изготовлении фасонных изделий методом литья. Такими элементами оказались теллур, алюминий и хром.

По известным, усовершенствованным и разработанным методикам проведены исследования физико-механических, литейных свойств меди, а также влияния на них выбранных легирующих элементов. Разработаны оптимальные

металлургические параметры плавки низколегированных высокоэлектропроводных медных сплавов [1].

Наиболее важным для качества сплава при плавке является контроль за протеканием физико-химических процессов взаимодействия металла с кислородом. Кислород растворяется в жидкой меди при высокой температуре в значительных количествах - при 1200°С до 1,5 %. Кислород в меди находится в виде окиси Cu_2O, которая имеет небольшую свободную энергию образования, поэтому его восстанавливают почти все химические элементы. Присутствие в меди легирующих элементов изменяет содержание кислорода или его активность в зависимости от сродства этих элементов к кислороду. Большинство элементов, входящих в состав медных сплавов, снижают активность кислорода в медных расплавах [2-4]. Содержание кислорода в твердой меди определяли металлографическим путем по площади, занимаемой эвтектикой ($Cu + Cu_2O$), или методом вакуум-плавления. Растворенный в меди кислород удаляли с помощью раскислителей.

В качестве раскислителя использовали фосфористую медь, содержащую различные концентрации фосфора: от 7...8,5 % (МФ3) до 8,5...10 % (МФ1), которые учитывали при расчете потребных количеств по массе фосфористой меди. Предварительно подогретую (до 500...700 °С) фосфористую медь вводили в расплав меди кусочками при 1150...1200 °С, жидкий сплав перемешивали графитовыми мешалками. Продукты раскисления легко удалялись из расплава в атмосферу или шлак.

Плавку меди и ее сплавов вели на воздухе, в среде защитных атмосфер и в вакууме. Плавку проводили в графитовых тиглях под покровом древесного угля в шахтной электрической печи. В процессе плавки поддерживали покров одинакового слоя древесного угля, что позволяет получить медный сплав с содержанием кислорода на уровне 0,001 % .

Для получения сопоставимых результатов обеспечивали постоянство условий плавки, заливки и охлаждения отливок. Заливку расплава проводили при температуре 1150...1180°С. Более низкая температура заливки приводит к малой жидкотекучести, а также к образованию межкристаллической газовой пористости в отливках. При температуре заливки более 1180 °С увеличиваются размеры зерна и появляется усадочная пористость. Возникновение наиболее распространенных дефектов в отливках связано с усадочными процессами, происходящими при охлаждении отливок в форме.

Определение склонности меди к образованию усадочной пористости и их распределение при легировании теллуром, алюминием и хромом производили по конусной технологической пробе. Для каждого сплава использовали не менее трех образцов. Характер расположения усадочных пустот в технологической пробе изучали на продольных темплетах, вырезанных из середины пробы. Темплеты просвечивались рентгеновскими лучами. По полученным рентгенограммам судили о характере и форме расположения усадочной раковины в теле пробы.

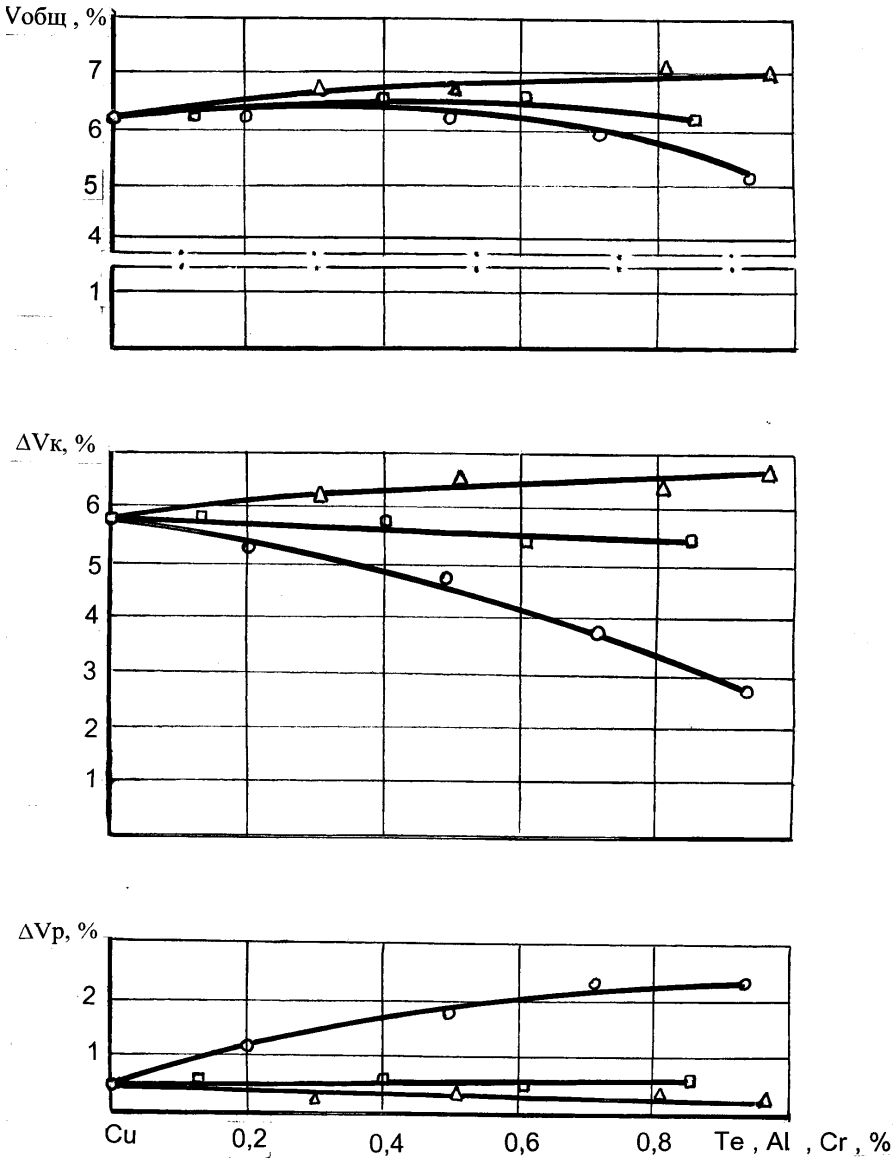

Рис. Влияние легирующих элементов на объемную усадку меди
○ (– Te; (- Al; □ - Cr)

Результаты измерения усадочных пустот в медных сплавах с помощью технологической пробы в зависимости от содержания в них легирующих элементов показаны на рис.

Полученные данные по объемной усадке показали, что техническая чистая медь обладает общей объемной усадкой, равной $\Delta V_{общ}$ = 6,3%, которая распределяется в отливке в виде концентрированных раковин $\Delta V_к$ = 5,8 % и рассеянной пористости $\Delta V_р$= 0,5 %.

При легировании меди теллуром в количестве до 1,0% объемная усадка уменьшается с 6,3 до 4,8%. Относительный объем концентрированной усадочной раковины при этом уменьшается с 5,8 до 2,5%, а рассеянная пористость увеличивается соответственно с 0,5 до 2,3 %.

Увеличение объема усадочных пустот в сплаве Cu - Al происходит за счет увеличения концентрированной усадочной раковины. Это можно объяснить малым интервалом кристаллизации сплава Cu - Al в интервале содержания алюминия до 1,0 %. Система Cu - Al характеризуется значительной областью α - твердого раствора алюминия в меди. Характерной особенностью двойных сплавов Cu – Al является их склонность к так называемому самоотжигу при медленном затвердевании (литья в песчаные формы), при котором происходит рост зерна. Для предотвращения самоотжига в сплавах необходимо вводить железо. Следовательно, при разработке технологии получения отливок из сплавов системы Cu - Al необходимо предусмотреть установку больших прибылей для выведения раковин из отливок.

При легировании меди хромом в количестве до 1,0 % наблюдается незначительное уменьшение относительного объема усадочных пустот с 6,2 (при содержании хрома 0,1 %) до 5,9 % (при содержании хрома 0,85%). Относительный объем рассеянной пористости при этом изменяется незначительно, что можно объяснить незначительным изменением интервала кристаллизации сплава Cu – Cr.

Для сплавов с широким интервалом кристаллизации характерно образование рассеянной усадочной пористости. Плотные отливки из этих сплавов получить очень трудно, так как пропитка усадочной пористости с помощью прибылей малоэффективна. Поэтому необходимо предусмотреть совмещение небольших прибылей с наружными холодильниками.

На основании проведенных исследований разработаны три литейных высокоэлектропроводных медных сплава с оптимальными физико-механическими и литейными свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Корольков А.Н.** Литейные свойства металлов и сплавов. – М.: Наука, 1960.- 195 с.
2. **Чурсин В.М.** Плавка медных сплавов. – М.: Металлургия, 1982.- 152 с.
3. **Альтман М.Б., Лебедев А.А., Чухров М.В.** Плавка и литье сплавов цветных металлов. - М.: Металлургия, 1963.- 524 с.
4. **Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Бахтиаров Р.А.** Плавка и затвердевание сплавов цветных металлов. - М.: Металлургия, 1968.- 228 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 11.03.2001.

Հ.Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԼԵԳԻՐՈՂ ՏԱՐՐԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՊՂՆՁԻ ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔՆԵՐԻ ԾԱՎԱԼԱՅԻՆ ԿԾԿՎԱԾՔԻ ՎՐԱ

Բերված են պղնձի համաձուլվածքների ծավալային կծկվածքի վրա թելուրի, ալյումինի և քրոմի ազդեցության փորձնական ուսումնասիրությունների արդյունքները: Լեգիրող տարրերի առավելագույն պարունակությունը 1,0% է: Հետազոտման արդյունքների հիման վրա ընտրվել են բարձրաէլեկտրահաղորդիչ ցածր լեգիրված պղնձի վրա առավել արդյունավետ ազդող լեգիրող տարրերը և վերջիններիս պարունակության սահմանը:

H. A. KARAPETYAN

INFLUENCE OF ALLOYING ELEMENTS ON VOLUMETRIC SHRINKAGE COPPER ALLOYS

Results of experimental research on influence of tellurium, aluminium and chrome on volumetric shrinkage in copper alloys are given. The number of alloying elements makes up to 8,0% Based on results of research the most rational alloying elements (and limits of their contents) for low-alloyed copper high-electric wire are chosen.