

Усатюк Д.А., Никитин Ю.Н.

^{1,2} - Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина, e-mail: usatyuk1@rambler.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ БРОНЗЫ ПРЯМЫМ ВЫДАВЛИВАНИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Usatyuk D.A., Nikitin Yu.N.

^{1,2} - PhD, Associate professor of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Luhansk, Ukraine, e-mail: usatyuk1@rambler.ru

PRODUCTION OF POWDER ALUMINIUM BRONZE BY DIRECT EXTRUSION AND INVESTIGATION OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES

Исследовано влияние алюминия на структуру и физико-механические свойства порошковых алюминиевых бронз, полученных методом горячего прямого выдавливания пористых образцов системы Cu-Al. Установлено, что с увеличением концентрации алюминия в бронзе показатели прочности и твердость повышаются, а показатели пластичности снижаются вследствие образования α -твердого раствора, упрочненного интерметаллидной γ_2 -фазой (Cu_9Al_4) и оксидами алюминия. Разработан технологический процесс получения алюминиевой бронзы методом горячего прямого выдавливания пористой порошковой заготовки с различным содержанием алюминия, полученного из отходов, образующихся при производстве трубки методом конформ.

Ключевые слова: прямое выдавливание, температура, пористость, прочность, твердость, структура, фаза, интерметаллид.

Введение

Выдавливание осуществляется в закрытых пресс-формах при повышенных и высоких температурах с возрастающим давлением. С повышением температуры уменьшается величина давления, необходимого для уплотнения порошковой заготовки. Метод горячего выдавливания позволяет получать изделия из порошковых материалов, слабо поддающихся деформированию в холодном состоянии. При горячем выдавливании увеличение контакта между частицами достигается за счет их деформации внешними силами; собственной температурной подвижности атомов. Вследствие жесткой схемы напряженного состояния и наличия высокого гидростатического давления получены медные прутки из волоконных отходов [1]. При горячем выдавливании можно получить многокомпонентный материал плотностью, приближающейся к теоретической, и со свойствами компактных металлов [2].

Цель

Целью работы является разработка технологического процесса получения алюминиевой бронзы методом горячего прямого выдавливания пористых образцов системы Cu-Al и исследование влияния алюминия на структуру и физико-механические свойства полученного материала.

Методика исследований

Горячему прямому выдавливанию подвергали спеченные цилиндрические образцы диаметром 24 мм, высотой 24 мм, пористостью – 10-11 %. Образцы изготавливали методом холодного двустороннего прессования на гидравлическом прессе ПД-476 силой 1600 кН [3, 4]. В качестве исходных материалов использовали медный порошок марки ПМС-1 (ГОСТ 4960-75), легированный 4 % и 10 % алюминиевым порошком фракции 0,16-0,05 мм, полученным из отходов алюминия Д16, образующихся при производстве трубки методом конформ [5].

Выдавливание осуществляли на винтовом прессе с дугостаторным приводом Ф 1730 силой 1000 кН в штампе, представленном на рис. 1. На поверхность прессовок наносили смазку, состоящую из графита Гк-1 (ГОСТ 4404-78) и машинного масла. Прессовки нагревали до температуры 720-740°C в защитно-восстановительной среде синтез-газа [6]. Цикл штамповки – полунепрерывный. Штамп работает следующим образом. В начальный момент пуансон 6 находился в крайнем верхнем положении. Прессовку 5, нагретую до температуры выдавливания, загружали в полость матрицы 8, и пуансоном 6 выдавливали на 2/3 длины прутка. Затем поднимали верхнюю плиту пресса 10 с закрепленным на ней пуансоном 6, устанавливали следующую прессовку 5, осуществляли выдавливание прутка 1 полностью выходящего из отверстия вставки матрицы 3, цикл повторяется.

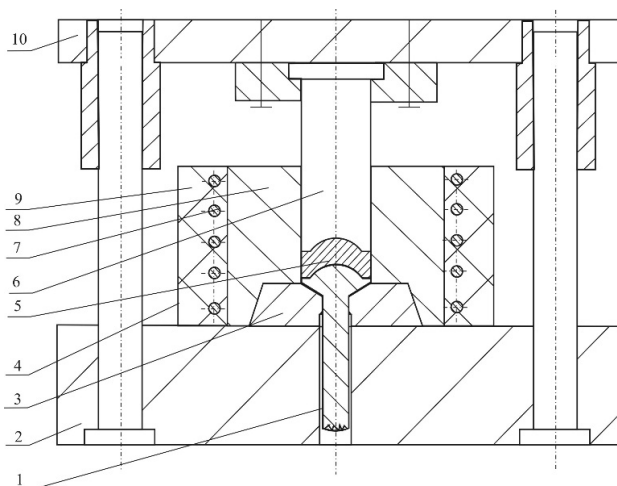


Рис. 1. Штамп для выдавливания прутка из прессовок: 1 – выдавливаемый пруток; 2 – плита нижняя; 3 – вставка; 4 – печь; 5 – прессовка; 6 – пуансон; 7 – нагреватели; 8 – матрица; 9 – теплоизоляция; 10 – верхняя плита

Для уменьшения тепловых потерь при выдавливании рабочий инструмент подогревали до температуры 300°C с помощью нагревателей 7 покрытых теплоизоляцией 9, базирующихся на нижней плите 2.

После выдавливания определяли плотность методом гидростатиче-

ского взвешивания согласно ГОСТ 25281-82. Из полученных прутков (рис. 2) вытачивали образцы диаметром 5 мм для испытания на растяжение по ГОСТ 1497-84, изучали структуру на микроскопе МИМ-7 и измеряли твердость на приборе Роквелла.



Рис. 2. Пруток, выдавленный из прессовки

Результаты исследований

Физико-механические свойства порошковых алюминиевых бронз, полученных прямым горячим выдавливанием, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства полученного материала

Материал	Плотность, г/см ³	$\sigma_{в}$, МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	δ , %	ψ , %	HRB
ПБрА4	8,15	451	830	15,2	15,2	68
ПБрА10	7,24	590	957	1,9	1,6	94

Исследование физико-механических свойств алюминиевых бронз с различным содержанием алюминия показало, что в результате горячего прямого выдавливания плотность прутков соответствует плотности компактного материала, рассчитанного по формуле адитивности. Показатели прочности и твердость с увеличением содержания алюминия повышаются, а показатели пластичности, соответственно, стремительно уменьшаются. Повышение прочностных характеристик объясняется образованием стабильных фаз в соответствии с диаграммой состояния системы Cu-Al в результате взаимного растворения и химического соединения компонентов, что подтверждается металлографическими исследованиями.

Изучение микроструктуры показало, что структура алюминиевой бронзы с содержанием 4% Al представляет собой медную основу с наличием α -твердого раствора (центр) (рис. 3, а). Также наблюдается ярко выраженное текстурирование вдоль оси выдавливания. Наличие медной основы и равномерно распределенного α -твердого раствора указывает на отсутствие полной гомогенизации материала вследствие недостаточного количества алюминия.

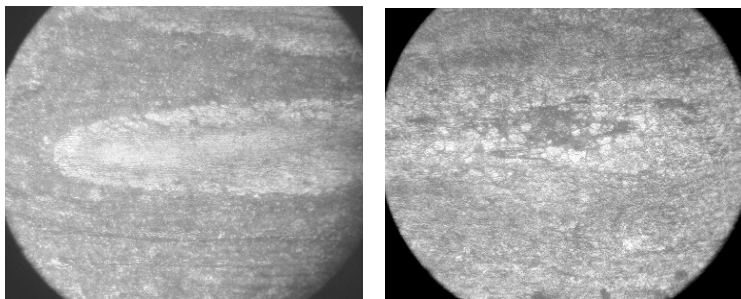


Рис. 3. Микроструктура алюминиевой бронзы: а – Cu+4%Al; б – Cu+10%Al, x 500

С увеличением содержания в меди до 10% алюминия при нагреве пористых заготовок под штамповку (740°С) в соответствии с диаграммой состояния системы Cu -Al структура материала состоит из α и β - фаз. При охлаждении образца β -фаза распадается на эвтектиод $\alpha+\gamma_2$ с образованием крупнозернистой γ_2 - фазы, придающая сплаву хрупкость. Интерметаллидная γ_2 - фаза (Cu_9Al_4) стабильна при низких температурах, хрупкая и твердая, что и объясняет повышение показателей прочности и снижение пластичности материала (табл. 1). Структура полученного материала состоит из α - фазы (основа), интерметаллидной фазы (Cu_9Al_4) (центр), ультрадисперсного оксида алюминия, и изредка встречающихся макроскопических включений чистой меди (рис 3, б). Это свидетельствует о практически завершённой гомогенизации порошкового многокомпонентного материала вследствие нагрева под штамповку и интенсивной пластической деформации. При выдавливании пористой заготовки $D = 24$ мм через калиброванное отверстие в матрице – 9 мм, коэффициент вытяжки λ составил 7,3.

Выводы

Разработан технологический процесс получения алюминиевой бронзы с различным содержанием алюминия методом горячего прямого выдавливания пористой заготовки, состоящий из нагрева спеченной заготовки до температуры 740°С и штамповки на прессе Ф 1730 силой 1000 кН с коэффициентом вытяжки $\lambda = 7,3$.

Установлено, что физико-механические свойства материала зависят от его химического состава. С увеличением концентрации алюминия в бронзе показатели прочности и твердость повышаются, а показатели пластичности снижаются вследствие образования α -твердого раствора упрочненного интерметаллидной γ_2 - фазой (Cu_9Al_4) и оксидами алюминия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябичева Л.А. Технология получения и свойства прессовок на основе меди / Л.А. Рябичева, А.Т. Цыркин, А.П. Скляр // Порошковая металлургия, 2008, №7/8.– С. 53-59.
2. Ковальченко М.С. Теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением / М.С. Ковальченко // Киев: «Наукова думка», 1980. – 238 с.
3. Рябичева Л.А. Влияние условий горячей штамповки на структуру и свойства меди высокой прочности / Л.А. Рябичева, А.П. Скляр // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: Тематик. зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – С. 122-124.
4. Рябичева Л.А. Моделирование технологии изготовления высокоплотной меди из пористой волокнутой заготовки / Л.А. Рябичева, Д.А. Усатюк, А.П. Скляр // Обработка материалов давлением: Сб. науч. тр. – Краматорськ: 2008, №1(19). – С.50-54.
5. Рябичева Л.А. Технология получения порошка из алюминиевой стружки / Л.А. Рябичева, Н.В. Белошицкий, А.И. Добрыднева, Е.В. Войнова // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки матеріалів у машинобудуванні Зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2013. №1 (14). – С. 134–141.
6. Цыркин А.Т. Малогабаритная установка для получения синтез-газа / А.Т. Цыркин, Ю.Н. Никитин, Н.В. Белошицкий [и др.] // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні : зб. наук. пр. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. – С. 115–120.

REFERENCES

1. Ryabicheva, L.A., Tsyarkin, A.T., Skljar, A.P., 2008. Tehnologija poluchenija i svojstva pressovok na osnove medi, Poroshkovaja metallurgija, Issue 7/8, pp. 53-59.
2. Koval'chenko, M.S., 1980. Teoreticheskie osnovy gorjachej obrabotki poristyh materialov davleniem, Kiev, Naukova dumka, 238 p.
3. Ryabicheva, L.A., Skljar, A.P., 2007. Vlijanie uslovij gorjachej shtampovki na strukturu i svojstva medi vysokoj prochnosti, Udoskonalennija procesiv ta obladnannja obrobki tiskom u metalurgii i mashinobuduvanni, Kramators'k, DDMA, pp. 122-124.
4. Ryabicheva, L.A., Usatyuk, D.A., Skljar, A.P., 2008. Modelirovanie tehnologii izgotovlenija vysokoplotnoj medi iz poristoj voloknovej zagotovki, Obrabotka materialov davleniem: Sb.nauch. tr, Kramators'k, Issue 1(19), pp. 50-54.
5. Ryabicheva, L.A., Beloshytskiy, N.V., Dobrydnieva, A.I., Voynova, E.V., 2013. Technology of production of powder from aluminum flakes, Resursozberigaûchi tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni [Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building]: Journal of scientific papers, Lugansk, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Issue 1(14), pp. 134-141.
6. Tsyarkin, A.T., Nikitin, Yu.N., Beloshytskiy, N.V., et al, 2004. The compact synthesis gas production unit, Resursozberigaûchi tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u mashinobuduvanni [Resource Saving Technologies for Production and Pressure Shaping of Materials in Machine-Building]: Journal of scientific papers, Lugansk, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Issue 1(5), pp. 115-120.

Usatyuk D.A., Nikitin Yu.M. Oderzhanja poroshkovoï aluminiïvoï bronzi prjamym vydavlovannjam i doslidzhenja fiziko-mexanichnih vlastyvostej.

Doslidzhenno vplyv vmiŝtu aluminiïu na strukturu i fiziko-mexanichni vlastyvosti poroshkovyh aluminiïevyh bronz, oderzhanix metodom garychoho prjamoho vydavlovannja poristyh zrazkiv systemy Cu-Al. Vstanovleno, ŝo zi zbylŝenjam koncentracii aluminiïu v bronzi pokaznyky miŝnosti i tverdiŝt' pïdviŝnyutŝja, a pokaznyky plastychnosti znyzhyutŝja vnaslidok utvorennja α -tverdogo rozчину, zmiŝnenoho intermetalïdnoju γ_2 -fazoju (Cu_9Al_4) ta oksidami aluminiïu. Rozrobleno tehnologïchnyj proces oderzhanja aluminiïvoï bronzi metodom garychoho prjamoho vydavlovannja porystoi poroshkovoï zagotovki z rïznym vmiŝtom aluminiïu, otrymanoĝo z vïdходiv, ŝo utvorjuyotŝja pri virobnyctvï trubky metodom konform.

Ключові слова: прямє видавлювання, температура, пористість, міцність, твердість, структура, фаза, інтерметалід.

Usatyuk D.A., Nikitin Yu.N. Production of powder aluminium bronze by direct extrusion and investigation of physico-mechanical properties.

This paper aims on development of the technology for production of aluminum bronze by hot direct extrusion of porous powder billets of Cu-Al system and studying the influence of aluminium on the structure, physical and mechanical properties of produced material.

The influence of aluminium content on the structure, physical and mechanical properties of aluminium powder bronze obtained by hot direct extrusion of porous samples of Cu-Al system. It has established that strength and hardness increased, while plasticity reduced at growing of the aluminium content in bronze due to formation of the α -solid solution strengthened by the intermetallic γ_2 -phase (Cu_9Al_4) and aluminium oxide.

It has developed the production technology of aluminium bronze by hot direct extrusion of porous powder billets with different content of aluminium obtained from wastes appeared during production of tubes by the conform process.

Key words: direct extrusion, temperature, porosity, strength, hardness, structure, phase, intermetallic compound.