

шаються відповідно в 2,2 і 1,5 рази). При швидкості охолодження 10 °С/с постійне магнітне поле з індукцією 0,15 і 0,20 сприяє дрібнінню зерна в сплаві відповідно в 1,7 і 1,3 рази.

Для швидкості охолодження 25 °С/с діяння магнітного поля викликає дрібніння зерна в 1,3 - 1,4 рази при всіх значеннях індукцій. Найбільш однорідна структура формується в разі накладення поля з індукцією 0,20 Тл – коливання розміра зерна скорочуються в 1,3 рази по порівнянню з контрольним металом. Примінення магнітного поля з вказаною індукцією при швидкості охолодження сплаву 50 °С/с по порівнянню з контрольним металом в 1,3 рази зменшує розмір зерна і в 1,1 рази коливання цієї величини.

Таким образом, для формирования однородной структуры сплава в объеме отливки в условиях её существенно неравномерного охлаждения (в диапазоне от 10 до 50 °С/с) с различием в размерах зёрен ~ 3% наиболее эффективно применение магнитного поля с индукцией 0,15 Тл, а для случая различия в скоростях охлаждения отдельных частей объема отливки порядка от 25 до 50 °С/с – 0,20 Тл. При получении массивной заготовки, когда невозможно достижение однородности поля, воздействующего на расплав равномерность зёрненной структуры обеспечивается в условиях значения индукции поля 0,20 Тл у поверхности отливки (скорость охлаждения 50 °С/с) и 0,15 Тл в её центральном объеме (при скорости охлаждения 25 °С/с). Формирование градиентной структуры отливки (с различием в размерах зёрен 50 %) наиболее эффективно в условиях действия магнитного поля с индукцией 0,10 Тл и скоростях охлаждения объемов у поверхности и центре отливки соответственно 50 и 25 °С/с.

УДК 669.715:621.785

O. L. Skuibida

Zaporizhzhya National Technical University, Zaporizhzhya

ENERGY SAVING TECHNOLOGY OF HEAT TREATMENT OF RECYCLED ALUMINUM ALLOYS

Aluminum alloys are one of the most widespread structural materials. The European Union produces about 5.1 million tons of primary aluminum and

5.2 million tons of recycled aluminum per year. The U.S.A., Japan, Germany, France, Britain and Italy are the leaders of recycling in the aluminum alloys production. World production of aluminum from scrap and waste is about 10 million tons per year. At the same time the problem of relatively poor quality of recycled casting aluminum alloys still exists.

Different ways to improve quality of secondary aluminum alloys are used in industry (vacuuming, ultrasonic processing, use of electric current etc.). These methods are carried out on the basis of high-energy processes, using devices and installations with a large energy consumption. The most promising way of reducing the energy intensity of aluminum alloy production is to remove part of technological operations from working space of furnace by use of refining and modification.

Heat treatment is a required stage of aluminum alloys production. Both for primary and secondary alloys identical heat treatment modes are used. On the one hand the use of prolonged periods is economically inappropriate because-of significant increase of quantities of energy and production costs. On the other hand, it is necessary to take into account the characteristic features of structure of recycled alloys (increased quantity and size of impurities and intermetallides) and structural transformations during heat treatment. Thus variation of heat treatment modes can be considered as a significant energy saving reserve of recycled aluminum alloys production.

The research was carried out in accordance with the rotatable plan of multifactorial experiment of the second order 2^3 . As the independent variables we had took the iron content in the recycled alloy AK8M3, the cooling time under hardening τ_h and the aging time τ_{ag} . According to measurements of hardness, strength and plasticity after different modes of heat treatment, the regression equations of mechanical properties of secondary alloy AK8M3, depending on the iron content were obtained:

$$HV_{(Al)} = 1015,9 + 58,479Fe + 77,4337\tau_h - 71,638\tau_{ag} + 8,375Fe \cdot \tau_h + 3,125Fe \cdot \tau_{ag} + 12,625\tau_h \cdot \tau_{ag} - 18,979Fe^2 - 6,779\tau_h^2 + 5,422\tau_{ag}^2; \quad (1)$$

$$HB = 140,477 - 3,811Fe + 3,997\tau_h + 3,997\tau_{ag} + 0,813Fe \cdot \tau_h + 2,313Fe \cdot \tau_{ag} + 0,188\tau_h \cdot \tau_{ag} - 13,915Fe^2 - 3,66\tau_h^2 - 5,428\tau_{ag}^2; \quad (2)$$

$$\sigma = 271,154 - 2,427Fe + 18,652\tau_h + 10,305\tau_{ag} + 2,201Fe \cdot \tau_h + 6,624Fe \cdot \tau_{ag} + 1,949\tau_h \cdot \tau_{ag} - 16,437Fe^2 - 18,294\tau_h^2 - 9,559\tau_{ag}^2; \quad (3)$$

$$\delta = 1,562 - 0,169\text{Fe} + 0,035\tau_h - 0,09\tau_{ag} + 0,014\text{Fe} \cdot \tau_h + 0,016\text{Fe} \cdot \tau_{ag} + 0,004\tau_h \cdot \tau_{ag} - 0,064\text{Fe}^2 - 0,069\tau_h^2 - 0,053\tau_{ag}^2; \quad (4)$$

$$K_C = 0,32 - 0,05\text{Fe} + 0,016\tau_h - 0,026\tau_{ag} + 0,002\text{Fe}^2 - 0,005\tau_h^2 - 0,009\tau_{ag}^2. \quad (5)$$

According to obtained dependences, for aluminum alloys containing up to 0.5 wt. % Fe it is expedient to use the standard parameters of hardening, whereas at higher iron concentrations it is necessary to increase the dwell time up to 8 hours for Fe concentration equal to 1.2 wt.%. For alloys with the content of iron 0.5 wt.% it is advisable to use dwell time for aging about 7 hours. For each 0.1 wt.% Fe at its concentration in the alloy more than 0.5% by weight additional 0.5 h of aging time should be provided.

Heat treatment technologies that take into account the concentration of impurities are a perspective trend in production of recycled aluminum alloys and energy consumption. The results of implementation of energy-efficient heat treatment mode according to concentration of iron in aluminum alloys showed prominent results. Ukrainian industrial giant – the joint-stock company “Motor Sich” has indicated high resource- and energy efficiency, increasing of quantities of use of secondary raw materials, reducing of costs of castings up to 60% compared with ordinary production technologies. Reduction of processing time of aluminum alloys with preservation of the high quality of products leads to decrease the energy intensity of the output, which coincides with the requirements of the energy strategy of Ukraine and other countries all over the world.

УДК 621.74.046

В. А. Слюсарев, П. Б. Калюжный

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ АРМИРОВАННЫХ ОТЛИВОК ПО ГАЗИФИЦИРУЕМЫМ МОДЕЛЯМ

Стремительное развитие науки и техники способствует появлению новых высокопроизводительных механизмов и машин, которые часто требуют деталей с дифференцированными свойствами. В последнее время для улучшения служебных