

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

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

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

свойств литых сплавов все чаще используется метод, суть которого заключается в упрочнении (армировании) литой заготовки элементами (арматурой), которые могут иметь форму отдельных дисперсных включений или макрочастиц. Новым и перспективным направлением изготовления армированных отливок является метод литья по газифицируемым моделям (ЛГМ), который подразумевает получение пенополистироловых моделей с имплантатами, то есть легирующими и модифицирующими добавками, которые специально вводятся в модель из полистирола. Данный метод позволяет управлять структурой и свойствами отливок, получать отливки с дифференцированными по сечению свойствами.

В работе [1] на основе обзора методов изготовления металлических композитных отливок показано, что ЛГМ имеет преимущества для изготовления композитных отливок из чугуна с армирующими элементами, главными из которых являются:

1) Наличие разовой пенополистироловой модели позволяет упростить процесс размещения армирующих элементов в объеме отливки или в ее определенной части;

2) Высокая точность способа ЛГМ позволяет получать литые заготовки, которые в дальнейшем могут применяться без механической обработки, что важно для деталей с износостойкой поверхностью, которая тяжело поддается обработке;

3) Пространственная неограниченность геометрии отливки, которую получают в форме из сухого песка, не имеющей разъема формы и стержней, дает возможность изготавливать сложные фасонные конструкции с дифференциацией свойств в различных их частях.

В тоже время при проектировании технологии изготовления армированных отливок по ЛГМ следует учитывать некоторые особенности. Армирующие вставки, заливаемые внутрь тела отливки для придания ей механической прочности, не должны иметь острых впадин и надрезов [2]. При армировании чугуна чаще всего применяется стальная арматура в виде трубок, прутьев, сетки. Армирующие вставки должны иметь защитное покрытие, которое в случае изготовления пенополистироловых моделей со стальной проволокой предотвращает ржавление стали при спекании моделей и охлаждении в воде.

Расстояние от арматуры к наружной поверхности отливки должно быть не менее  $\frac{3}{4}$  диаметра арматуры во избежание появления трещин, а толщина стальной арматуры, заливаемой в чугунную отливку, должна быть в 3 раза тоньше толщины

стенки детали [2]. Необходимо соблюдение определенного соотношения между массами (объемами) арматуры и отливки. Так в работе [3] указано, что для проволоки диаметром 1 – 4 мм объемное содержание арматуры в отливке должно быть в пределах 15 – 30%, при этом диаметр арматуры должен быть выбран так, чтобы она не растворилась в чугуне и образовалась контактная зона.

Конструкция пресс-форм для изготовления пенополистироловых моделей должна предусматривать использование армирующих элементов, т.е. должна иметь выступающие части или канавки для фиксации арматуры. Армирующие вставки должны быть не только просты в изготовлении, но и не усложнять процесс сборки пресс-форм и получения моделей.

Технология макроармирования по ЛГМ-процессу имеет много параметров, определяющих качество получаемой отливки, поэтому дальнейшая работа будет направлена на установление закономерностей влияния этих параметров на механические и служебные свойства армированной детали.

#### Список литературы

1. *Калюжний П. Б., Слюсарев В. А., Калашник Д. О.* Армування виливків за технологією лиття за моделями, що газифікуються // *Металознавство та обробка металів.* – 2017. – №4. – С. 48-53.
2. *Анисимов Н. Ф., Благов Б. Н.* Проектирование литых деталей. – М.: Машиностроение, 1967. – 272 с.
3. *Ефимов В. А.* Специальные способы литья: Справочник / Под. общ. ред. В. А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 736 с.

УДК 621.74

**Я.О. Сокрута, В.А. Ситник, О.С. Сергієнко**

Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя

#### ТЕХНОЛОГІЇ 3D ДРУКУ В ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

3D друк - це інструмент для розширення можливостей, які можуть вивести ливарне виробництво на принципово новий якісний рівень, він дасть змогу зменшити час, який проходить від етапу проектування, до випуску готової продукції. Можли-