

напряжений вызывает объединение микропор и микротрещин, не позволяя испытывать какую-либо значущую деформацию.

Кроме того, упрочнение заготовки до предела ресурса пластичности также является не технологичным, так как при дальнейшей работе изделий необходим достаточный запас прочности для исключения преждевременного разрушения.

В результате проведенных исследований выявлено, что методом равноканального углового прессования возможно повышение временного сопротивления таких типов алюминиевых сплавов, как силумины,

несмотря на то, что они относятся к недеформируемым литейным сплавам. Предложенная технология упрочнения сплава системы Al-Si-Fe-Mn позволяет не только существенно увеличить временное сопротивление на 16 % по сравнению с состоянием поставки алюминиевого сплава в виде прутков, но также обеспечить высокие для данного типа сплавов характеристики пластичности, относительное остаточное удлинение которого составляет порядка 15-17 %. Такое сочетание механических характеристик для данного сплава является не только удовлетворительным, но и весьма желательным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: Академкнига, 2007. 398 с.
2. Рааб Г.И., Валиев Р.З. Равноканальное угловое прессование труднодеформируемых металлов // Кузнечно-штамповочное производство. 2001. № 4. С. 23-27.
3. Валиев Р.З. Развитие равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых металлов и сплавов // Металлы. 2004. № 1. С. 15-21.
4. Сегал В.М. Развитие обработки материалов интенсивной сдвиговой деформацией // Металлы. 2004. № 1. С. 5-14.
5. Инновационный патент РК № 2289б. Устройство для углового прессования / А.Б. Найзабеков, С.Н. Лежнев, В.А. Андриященко. Опубл. 15.09.2010.

УДК 658.56:621.01

Определение уровня качества гидрораспределителя таксономическим методом оценки – построение дендрита

*Г.С. ЖЕТЕСОВА, д.т.н., зав. кафедрой ТМ,
А.Ш. ЖУНУСОВА, ст. преподаватель кафедры ТМ,
Н.А. ГРИЦОВА, студентка 3 курса гр. СТ-08-2,
Карагандинский государственный технический университет*

Ключевые слова: вроцлавская таксономия, таксономический метод, оптимальный дендрит, уровень качества, показатель уровня развития, показатели качества, эталон развития, упорядочение, скопления *i*-го порядка.

Целью таксономического метода оценки является построение дендрита, который представляют как ломаную, «...которая может разветвляться, но не может содержать замкнутых ломаных, и такая, что любые две точки множества Z ею соединены». В результате получаем наглядную картину об исследуемых показателях качества, указывающую на упорядочивание изучаемых единиц и расположение их в порядке значимости [1].

Для начала определим таксономический показатель уровня развития качества исследуемого образца,

который представляет собой синтетическую величину, «равнодействующую» всех признаков, характеризующих единицы исследуемой совокупности, что позволяет с его помощью линейно упорядочить элементы данной совокупности [3, 4].

Для этого необходимо определиться с показателями качества гидрораспределителя типа М130.07.110, взятого в качестве оцениваемого образца, и гидрораспределителя типа ЭРА32, взятого в качестве базового (показатели качества и их численные значения приведены в таблице) [2].

Значения показателей качества оцениваемого изделия и базового образца

Показатель качества	Гидрораспределитель типа ЭРА32 (базовый), x_b	Гидрораспределитель типа М130.07.110 (оцениваемый), x_c
1. Условный проход, мм	8	12
2. Давление на входе номинальное, МПа	32	32
3. Давление на входе максимальное, МПа	40	48
4. Расход рабочей жидкости, л/мин	100	120
5. Усилие на рукоятке управления, кг	10	10
6. Количество отказов	57	60
7. Коэффициент технической готовности, %	92,7	89,2

Для выбранных показателей качества необходимо определить показатели уровня развития d_i для каждого показателя в отдельности, исходя из формул (3)–(8) [1]:

1. Определим эталон развития для каждого показателя, используя формулу

$$C_{io} = \sqrt{\sum_{s=1}^n (X_{i0s} - X_i)^2} : \quad (1)$$

$$C_1 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (8 - 12)^2} = 4;$$

$$C_2 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (32 - 32)^2} = 0;$$

$$C_3 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (40 - 48)^2} = 8;$$

$$C_4 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (100 - 120)^2} = 20;$$

$$C_5 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (10 - 10)^2} = 0;$$

$$C_6 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (57 - 60)^2} = 3;$$

$$C_7 = \sqrt{\sum_{s=1}^n (92,7 - 89,2)^2} = 3,5.$$

2. Определим среднее значение эталона развития:

$$\bar{C}_o = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n 4 + 8 + 20 + 3 + 3,5 = 5,5$$

3. Определим для каждого показателя S_i , применив формулу

$$S_o = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{io} - \bar{C}_o)^2} : \quad (2)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{1}{7} (4 - 5,5)^2} = 0,57;$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{1}{7} (0 - 5,5)^2} = 2,1;$$

$$S_3 = \sqrt{\frac{1}{7} (8 - 5,5)^2} = 0,94;$$

$$S_4 = \sqrt{\frac{1}{7} (20 - 5,5)^2} = 5,5;$$

$$S_5 = \sqrt{\frac{1}{7} (0 - 5,5)^2} = 2,1;$$

$$S_6 = \sqrt{\frac{1}{7} (3 - 5,5)^2} = 0,94;$$

$$S_7 = \sqrt{\frac{1}{7} (3,5 - 5,5)^2} = 0,76.$$

4. Определим для каждого показателя C_o , используя формулу

$$\bar{C}_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{io} : \quad (3)$$

$$C_{o1} = 5,5 + 2 \cdot 0,57 = 6,64;$$

$$C_{o2} = 5,5 + 2 \cdot 2,1 = 9,7;$$

$$C_{o3} = 5,5 + 2 \cdot 0,94 = 7,38;$$

$$C_{o4} = 5,5 + 2 \cdot 5,5 = 16,5;$$

$$C_{o5} = 5,5 + 2 \cdot 2,1 = 9,7;$$

$$C_{o6} = 5,5 + 2 \cdot 0,94 = 7,38;$$

$$C_{o7} = 5,5 + 2 \cdot 0,76 = 7,02.$$

5. Определим среднее значение C_o :

$$C_o = \frac{6,64 + 9,7 + 7,38 + 16,5 + 9,7 + 7,38 + 7,02}{7} = 9,19.$$

6. Для выбранных показателей качества необходимо определить уровень развития d_i по формуле

$$d_i = \frac{C_{io}}{C_o} : \quad (4)$$

$$d_1 = \frac{4}{6,64} = 0,6;$$

$$d_2 = \frac{0}{9,7} = 0;$$

$$d_3 = \frac{8}{7,38} = 1,08;$$

$$d_4 = \frac{20}{16,5} = 1,21;$$

$$d_5 = \frac{0}{9,7} = 0;$$

$$d_6 = \frac{3}{7,38} = 0,41;$$

$$d_7 = \frac{3,5}{7,02} = 0,499.$$

7. Итоговый таксономический показатель уровня развития качества D исследуемого образца будет равен среднему арифметическому значению показателей уровня развития d_i каждого показателя в отдельности:

$$d = \frac{0,6 + 0 + 1,08 + 1,21 + 0 + 0,41 + 0,499}{7} = 0,54.$$

Численное значение показателя характеризуется тем, что является величиной положительной, и лишь с вероятностью, близкой к нулю, может оказаться больше единицы. Интерпретация его следующая: чем ближе значение показателя уровня развития к нулю, тем на более высоком уровне развития находится данная единица.

При вычислении численного значения показателя рассматриваемого гидрораспределителя оказалось равным 0,54, что свидетельствует о высоком уровне развития качества.

Приступим к построению дендрита, в котором рассматриваемые показатели качества представляются графически в виде кружочков (со вписанными в них обозначениями показателей), связанных отрезками. В связи с этим возникает задача выбора наилучшего упорядочения, заключающаяся в нахождении такого дендрита, в котором смежные единицы будут иметь наименее различающиеся значения показателей уровня развития каждого показателя в отдельности.

С этой целью из полученных показателей уровня развития d_i выбираются единицы с близкими значе-

ниями показателей и формируются сочетания ближайших единиц.

То есть построение оптимального дендрита для рассматриваемого гидрораспределителя будет базироваться на полученных численных значениях показателей уровня развития d_i , вычисленных для каждого показателя качества в отдельности, согласно формулам (3)-(4).

Предложенный авторами вроцлавской таксономии способ построения оптимального дендрита состоит из нескольких этапов. На первом этапе устанавливаются связи каждой из исследуемых единиц с ближайшими единицами.

Имеется множество, состоящее из 7 показателей качества, для каждого из которых определено численное значение уровня развития d_i . В этом множестве из 7 элементов получены следующие сочетания ближайших единиц (рисунок 1):

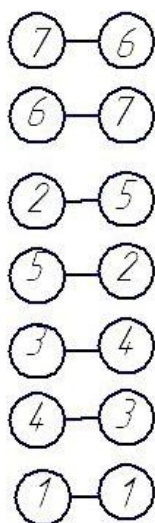


Рисунок 1 – Сочетания ближайших единиц

Нетрудно заметить, что некоторые связи встречаются дважды, например 7-6 и 6-7, 2-5 и 5-2, 3-4 и 4-3. Поскольку при построении дендрита очередность установления связей не играет роли, одно из повторяющихся сочетаний всегда исключается. Это приводит к тому, что остаются связи 7-6, 3-4, 2-5 и 1-1, а связи 6-7, 4-3, 5-2 – отбрасываются. В результате получаются четыре отдельные конструкции, называемые скоплениями первого порядка (рисунок 2).

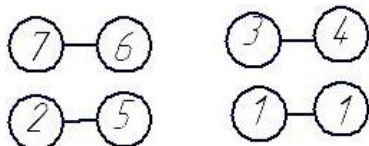


Рисунок 2 – Скопления 1-го порядка

Полученные скопления не удовлетворяют основному условию дендрита, а именно, они не связаны в единое целое. Для выполнения этого требования выбирается наименьшее численное значение d_i между сочетаниями, входящими в скопление 1-го порядка. В результате получаем скопление 2-го порядка (рисунок 3).

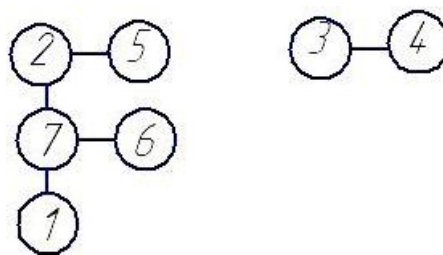


Рисунок 3 – Скопления 2-го порядка

Очередная процедура, которую надлежит выполнить, заключается в соединении полученных отдельных скоплений. Нахождение ближайших единиц между двумя скоплениями и объединение их в одно общее целое – последняя операция в рассмотренном примере. Тогда дендрит семиэлементного множества выглядит так, как показано на рисунке 4.

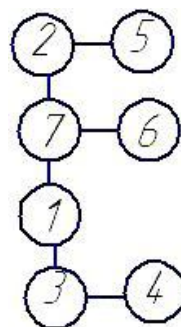


Рисунок 4 – Дендрит, построенный на исследуемых показателях качества

Полученный дендрит дает наглядное представление о том, какие показатели качества имеют наиболее высокий показатель уровня развития, а какие более низкий, и то, за счет каких показателей уровень качества рассматриваемого гидрораспределителя является более высоким, также указывает на те показатели, которые негативно сказываются на уровне качества.

Из полученных численных значений показателей уровня развития видно, что уровень развития качества оцениваемого гидрораспределителя определяется двумя наиболее развитыми показателями качества – 2 (давление на входе номинальное) и 5 (усилие на рукоятке управления), которые в совокупности характеризуют уровень развития качества гидрораспределителя типа М130.07.110.

Построенный дендрит указывает на то, что показатели качества 2 (давление на входе номинальное) и 5 (усилие на рукоятке управления) имеют наиболее высокий уровень развития (численные значения показателей равны нулю), а также уровень качества показателей 2 и 5 оцениваемой продукции равен уровню базового образца.

Показатели качества 7 (коэффициент технической готовности) и 6 (количество отказов) имеют также высокий уровень развития (численные значения показателей близки к нулю), но тем не менее уступают по качеству базовому образцу.

Показатели качества 3 (давление на входе максимальное), 4 (расход рабочей жидкости) и 1 (условный проход) оцениваемого образца превосходят базовый,

тем не менее в отношении показателя развития d_i – находятся на низком уровне (численные значения показателей больше нуля).

В соответствии с вышесказанным стало очевидным, что оцениваемый гидрораспределитель находится на высоком уровне по отношению к качеству.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Е.С. Таксономический анализ. М.: МГУ, 1969. 211 с.
2. Бапта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. Гидравлика: гидравлические машины и гидравлические приводы. М.: Машиностроение, 1970. 505 с.
3. Андрианов Ю.М., Субетто А.И. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1990. 216 с.
4. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учеб. пособие для студентов. М.: Филинь, 2004. 295 с.
5. Солод Г.И. Основы квалиметрии: учеб. пособие. М.: Изд-во МГИ, 1991. 84 с.

УДК 628.517.2:669

Исследования кристаллизации алюминиевого чугуна

Э.Б. ТЕН, НИТУ (МИСиС, г. Москва),

Е.Б. УТЕПОВ, Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы),

А.С. ДРОКИН, НИТУ (МИСиС, г. Москва),

С.Т. КАЛДЫБАЕВА, Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева (г. Алматы)

Ключевые слова: кристаллизация, алюминиевый чугун, жаростойкий сплав, фазовые превращения, свойства чугуна, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность.

В качестве жаростойких материалов широко применяются в основном высоколегированные сплавы, в которых легирующими элементами являются дорогостоящие хром и никель. Общее содержание их в жаростойких сплавах достигает 30 % и более. Тем не менее, срок жизни рабочих деталей из жаростойких сплавов ограничен. Причем чем выше рабочие температуры, тем он короче. Это обуславливает повышенные затраты на поддержание агрегатов в рабочем состоянии. Примерами таких деталей являются колосники агломерационных машин, детали котельных установок, обжиговых, нагревательных и стекловаренных печей, формы для литья, выхлопные коллекторы форсированных автомобильных двигателей и др.

Выполненные ранее исследования [1–4] позволили оптимизировать состав высоколегированного алюминиевого чугуна ЧЮ22Ш, изучить его структуру, литейные и эксплуатационные свойства, разработать технологические режимы плавки, литья и термической обработки отливок, провести их промышленное испытание и определить перспективные направления применения. Однако в настоящее время потенциал алюминиевого чугуна ЧЮ22Ш используется недостаточно. Одним из сдерживающих факторов является недостаточная изученность закономерностей его кристаллизации, а также отсутствие сведений о теплофизических свойствах, что не позволяет корректно использовать современные методы моделирования литейных процессов для совершенствования технологии изготовления отливок. Исследованию этих вопросов посвящена настоящая работа.

Кристаллизацию чугуна ЧЮ22Ш изучали по фазовым превращениям, протекающим при его затверде-

вании и остывании. В связи с отсутствием диаграммы состояния Fe – C – Al и Fe – C – Si – Al с помощью компьютерной программы Thermo-Calc построили политермические разрезы для тройных и четверных систем Fe – C – Al и Fe – C – Si – Al. При этом варьировали содержанием углерода в пределах 1,5–2,5 %, кремния – 1–2 % и алюминия – 15–35 %.

Полученные результаты показывают, что кристаллизация чугуна, по составу эквивалентного ЧЮ22 и содержащего ~2 % C, ~1 % Si и ~22,5 % Al, начинается (рисунок 1) с выделения из жидкого чугуна первичных кристаллов графита. Затем происходит кристаллизация двойной эвтектики, состоящей из твердого раствора на основе легированного алюминием феррита (α – фазы) и графита. Затем из остатка жидкой фазы выделяется более легированный алюминием феррит. При последующем охлаждении чугуна вследствие снижения растворимости алюминия в α -фазе из него выделяется карбид Al_4C_3 .

Эти данные согласуются с результатами термографических исследований. На рисунке 2 приведена экспериментально полученная кривая охлаждения чугуна ЧЮ22Ш.

Кривая охлаждения, прежде всего, свидетельствует о том, что чугун, в основном, кристаллизуется при постоянной температуре, но претерпевает незначительную предэвтектическую и послеэвтектическую кристаллизацию. На температурно-временной кривой можно выделить участки остывания жидкого чугуна 1, предэвтектической кристаллизации первичного графита 2, эвтектической кристаллизации 3, послеэвтектической кристаллизации феррита (α -фазы) 4, остывания твердого чугуна 5 и выделения из пересыщенного