

поступления сжатого воздуха в пространство над смесью формы не уменьшается.

С целью регулирования площади суммарного сечения отверстий предлагается использовать на поверхности рассекателя 1 фигурную пластину 2, которая, вращаясь вокруг центра, закрывает или открывает некоторое количество отверстий. Этим достигается регулирование площади живого сечения, а следовательно, и подачи газового потока на поверхность смеси.

Таким образом, можно заранее устанавливать соотношение суммарных площадей отверстий в центральной и периферийной частях рассекателя и соответственно подавать разное количество газа на поверхность литейной формы. Это позволяет получать требуемую плотность по сечению формы.

Можно на рассекатель устанавливать подвижную плоскую пластину в форме рассекателя, которая, поворачиваясь вокруг центра, закрывает или открывает часть отверстий, изменяя площадь живого сечения (рисунок 3). Это позволит проще регулировать соотношение суммарных сечений отверстий.

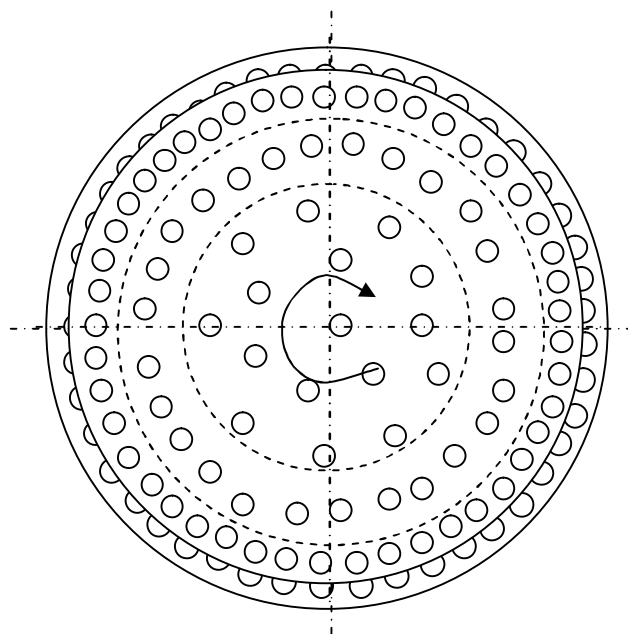


Рисунок 3 – Рассекатель с круглой пластиной

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1207622 СССР. Импульсная головка для уплотнения формовочной смеси давлением. Опубл. 14.06.83.
2. Орлов Г.М. Автоматизация и механизация процесса изготовления литейных форм. М.: Машиностроение, 1988. 196 с.

УДК 621.771.

## Упрочнение литейных алюминиевых сплавов равноканальным угловым прессованием

**А.Б. НАЙЗАБЕКОВ**, д.т.н., академик НАН и ВШ РК, профессор, ректор РГП «КГИУ»,  
**В.А. АНДРЕЯЩЕНКО**, магистр материаловедения и технологии новых материалов,  
ассистент кафедры ОМД РГП «КГИУ»

**Ключевые слова:** алюминиевый сплав, равноканальное угловое прессование, термическая обработка, упрочнение, временное сопротивление, пластичность.

В настоящее время особое внимание уделяется получению высококачественных, высокопрочных материалов с комплексом повышенных физических характеристик. С этой точки зрения интерес представляют алюминиевые сплавы, которые в специализированных отраслях промышленности заметно выигрывают по сравнению со сталями, обеспечивая сочетание таких эксплуатационных характеристик, как высокая коррозионная стойкость, электропроводность, химическая устойчивость и стабильность этих характеристик. Высокопрочные алюминиевые сплавы наряду с малым весом обладают всем комплексом указанных характеристик, что и делает их выгодным конструкционным материалом.

Повышение механических характеристик для указанных металлов является весьма желательным даже в пределах 10-15 МПа.

Для исследования возможности упрочнения алюминиевого сплава системы Al-Si-Fe-Mn выбраны алюминиевые прутки из указанного сплава.

На основании анализа литературных источников выявлено, что одним из наиболее приемлемых способов упрочнения заготовок без существенного изменения их геометрических параметров является интенсивная пластическая деформация методом равноканального углового прессования (РКУП) [1-4].

Достаточную сложность при исследовании представляет сам состав выбранного сплава (таблица), т.к. присутствие в составе таких легирующих элементов, как Si и Fe, кроме существенного повышения прочности, вызывает резкое падение пластических характеристик. Кроме того, растворимость данных элементов при комнатной температуре является весьма малой, в результате чего в микроструктуре сплава данные элементы присутствуют в виде интерметаллидов, эвтектик и других химических соединений, выделяющихся в виде частиц различных форм и вызывающих охрупчивание металла.

Алюминиевые сплавы с таким содержанием кремния относят к силуминам и имеют достаточно широкое промышленное применение.

Химический состав сплава системы Al-Si-Fe-Mn

Химический элемент	Ca	Fe	Si	Cu	Mn	Al
Содержание, %	0,34	0,5	4,0	0,32	1,12	93,72

Для того чтобы максимально устранить влияние этих структурных составляющих на пластическое поведение сплава, было предпринято проведение термической обработки (отжиг, закалка, старение).

Проведение отжига сплава вызвало коагуляцию фаз и некоторое укрупнение их размеров. В результате устранения напряжений и залечивания дефектов, образовавшихся при изготовлении прутков, удалось повысить значение временного сопротивления, по сравнению с состоянием поставки, на 5 %, и добиться значения 390 МПа.

Кроме того, алюминиевые прутки поставляются, как правило, после проведения закалки и искусственного или естественного старения на максимальную или не максимальную прочность. Проведение же отжига приводит структуру металла к свежезакаленному состоянию и частичному растворению выпавших в процессе закалки и старения фаз.

Выпадение фаз при закалке может двояко сказываться на поведении алюминиевого сплава при пластической деформации и соответственно при испытании на растяжение. С одной стороны, выделение из твердого раствора тугоплавких (по сравнению с алюминием) частиц вызывает повышение пластичности основной матрицы. С другой стороны, выделение мельчайших частиц вторичных фаз по плоскостям скольжения вызывает торможение дислокаций и препятствует их дальнейшему движению, что в свою очередь, снижает пластичность.

На основании проведенных исследований выявлено, что наиболее рациональной термической обработкой, повышающей ресурс пластичности металла, является отжиг. Заготовки после указанной термической обработки при РКУП удается деформировать до трех циклов без образования макроскопических трещин. В то время как после закалки и старения образцы выдерживают не более двух циклов без образования макротрещин, приводящих к разрушению заготовки непосредственно при обработке. Кратковременный промежуточный отжиг при температуре возврата после каждого цикла РКУП также не дал существенных результатов.

Таким образом, с целью повышения ресурса пластичности литейного алюминиевого сплава системы Al-Si-Fe-Mn решено перед деформированием осуществлять отжиг металла, тем самым способствуя уменьшению структурных концентраторов напряжений.

Подготовленные термической обработкой образцы подвергали равноканальному угловому прессованию (рисунок) с кантовкой вокруг продольной оси на 180° для обеспечения знакопеременной деформации [5].

После проведения деформирования из заготовок вырезались стандартные образцы для испытания на растяжение с пятикратной рабочей длиной.

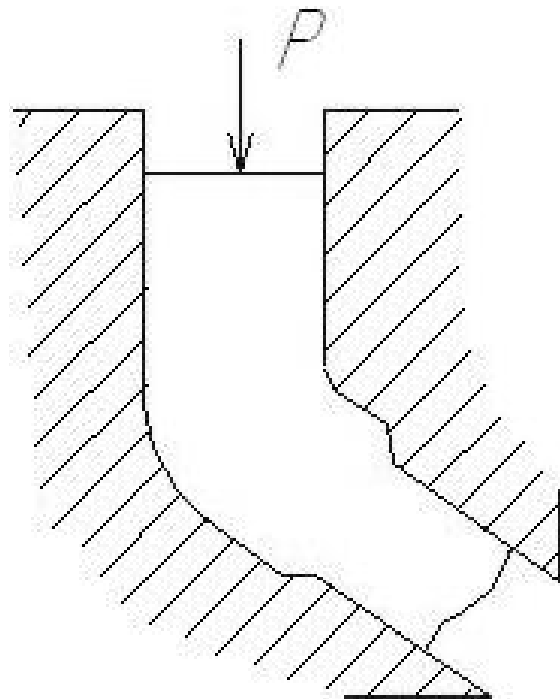


Схема инструмента для РКУП

Ввиду индивидуальных особенностей сплава скорость растяжения выбрана минимально возможной для используемого оборудования (крутильно-разрывная машина М140КУ) и равной 0,5 мм в минуту.

Как и предполагалось, высокой пластичностью сплав не обладает и разрушение наступало без существенной пластической деформации.

Волокнистость, приобретенная в результате первичного прессования при производстве прутков, обуславливает анизотропию свойств. Но учитывая, что при эксплуатации больший интерес представляют свойства прутков в направлении их оси, в поперечном направлении механические характеристики не исследовались.

В процессе многократного РКУП происходит исчерпание ресурса пластичности, и, как следствие, разрыхление металла. В результате чего разрушение при испытании на растяжение наступает в результате объединения многочисленных микропор и микротрещин в одну центральную трещину, после чего разрушение наступает практически мгновенно, без локализации деформации. Однако относительное остаточное удлинение достигает достаточно высокого значения для высокопрочных алюминиевых сплавов и составляет порядка 15-17 % для образцов после двух циклов РКУП (для сплавов, имеющих в своем составе  $\approx 4\%$  Si, относительное остаточное удлинение не превышает 10 %).

Временное сопротивление после двух циклов РКУП составляет 425-428 МПа, что на 16 % превышает временное сопротивление алюминиевых прутков в состоянии поставки.

Проведение большего количества циклов РКУП не целесообразно ввиду существенного охрупчивания сплава и падения временного сопротивления. Это происходит вследствие того, что разрыхление металла настолько велико, что приложение растягивающих

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), $x_d$
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