

Изобретение относится к области металлургии к сплавам на основе алюминия, предназначенных для изготовления машиностроительных деталей, работающих в условиях трения и изнашивания, в частности, деталей узлов трения.

Известен сплав высокими прочностными характеристиками, в частности, высоким сопротивлением пластической деформации и ползучести [1], содержащий (в мас.%):

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| <b>Кремний</b>  | <b>6,0–13,0</b>     |
| <b>Медь</b>     | <b>3,0–5,5</b>      |
| <b>Магний</b>   | <b>0,2–1,0</b>      |
| <b>Сурьма</b>   | <b>0,03–1,0</b>     |
| <b>Цинк</b>     | <b>1,0–4,0</b>      |
| <b>Марганец</b> | <b>не более 1,5</b> |
| <b>Хром</b>     | <b>не более 1,0</b> |
| <b>Никель</b>   | <b>не более 2,5</b> |

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| <b>Титан</b>    | <b>не более 0,3</b> |
| <b>Алюминий</b> | <b>остальное</b>    |

Недостатками указанного сплава является то, что содержание в сплаве свыше 8% кремния в силу малой его растворимости в алюминии приводит к образованию в сплаве твердых структурных составляющих - кристаллов, которые обладают высокой твердостью и хрупкостью и делает неравномерной структуру сплава, что вызывает повышенный износ сопрягаемых с подшипниками деталей.

Титан, допускаемый в известном сплаве в количестве до 0,3%, является модификатором макроструктуры алюминиевых сплавов. Однако, учитывая сложность введения титана, требующего использования специальной алюминий-титановой лигатуры, а также отсутствие для алюминий-кремниевых сплавов четких корреляций между значениями механических характеристик и величиной макроструктуры, обусловленной присутствием в этих сплавах по границам зерен выделений двойной эвтектики алюминий-кремний нивелирующей влияние границ зерен, введение титана теряет свою эффективность.

Присутствующая в известном сплаве сурьма повышает твердость за счет образования включения **AlSb<sub>2</sub>**, однако она, как токсичный компонент вызывает ухудшение воздушной среды на рабочих местах и экологической обстановки при плавке сплава.

Цинк дает значительно меньший эффект в повышении антифрикционных свойств, чем, например, олово. Состав известного сплава, обуславливающий присутствие в структуре нескольких видов твердых составляющих (**CuAl<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>Si, Al<sub>3</sub>Ni** и, в частности, большое количество твердых и хрупких эвтектических кристаллов **Si**) определяет, с одной стороны, его высокую износостойкость, с другой - высокую вероятность изнашивания поверхностей скольжения контактирующих с подшипниками деталей, что приводит к ухудшению рабочих характеристик, например, снижению КПД насосов и даже к преждевременному выходу их из строя из-за резкого снижения КПД.

Задачей настоящего изобретения является создание сплава, обладающего оптимальным сочетанием прочностных и антифрикционных

характеристик, высоким сопротивлением износу в сочетании с пониженной способностью изнашивать сопряженные детали.

Поставленная задача решается путем снижения содержания в сплаве кремния, уменьшающего износ сопряженных с подшипниками деталей за счет уменьшения твердых фаз и соответственно снижения твердости и хрупкости сплава, что повышает его стойкость против образования задиров; введения олова, улучшающего антифрикционные характеристики поверхности, которое в присутствии цинка способно образовывать в сплаве легкоплавкую тройную эвтектику алюминий-цинк-олово с температурой плавления на 30°C ниже температуры плавления двойной эвтектики алюминий-олово, присутствующей в традиционных подшипниковых алюминий-оловянных сплавах. Присадки олова даже до 0,05% в значительной степени увеличивают эффект упрочнения от искусственного старения алюминиевых сплавов, в результате чего повышается усталостная прочность, улучшаются механические свойства и обрабатываемость. В допустимых дозах железо как один из малорастворимых компонентов в алюминии образует включения повышенной твердости, химическое соединение **FeAl<sub>3</sub>**. Наличие в структуре таких твердых включений, равномерно распределенных в алюминиевых сплавах, обеспечивает получение низкого коэффициента трения и способность нести нагрузку, что также важно для антифрикционных сплавов. Для исключения превышения наличия допустимой дозы железа в алюминиевых сплавах необходим обязательный контроль введения натрия, измельчающего эвтектические кристаллы кремния и снижающего вероятность их выкрашивания при трении, следствием чего могут быть задиры и повышенный износ поверхностей скольжения.

Все вышесказанное в целом улучшает прочностные и антифрикционные характеристики металла.

Предлагаемый сплав имеет следующее соотношение компонентов (в мас.%):

|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| <b>Кремний</b>  | <b>2,0–8,0</b>   |
| <b>Медь</b>     | <b>2,0–6,0</b>   |
| <b>Магний</b>   | <b>0,1–1,5</b>   |
| <b>Цинк</b>     | <b>0,2–3,0</b>   |
| <b>Марганец</b> | <b>0,05–0,5</b>  |
| <b>Хром</b>     | <b>0,05–0,5</b>  |
| <b>Никель</b>   | <b>0,05–0,5</b>  |
| <b>Олово</b>    | <b>0,2–2,0</b>   |
| <b>Натрий</b>   | <b>0,05–0,1</b>  |
| <b>Железо</b>   | <b>0,05–0,7</b>  |
| <b>Алюминий</b> | <b>остальное</b> |

Уровень механических и трибологических характеристик предлагаемого сплава удовлетворяет требованиям к свойствам материала платиков и компенсаторов гидронасосов в литом состоянии без дополнительной термической обработки.

Результаты сравнительных испытаний сплавов приведены в таблице.

Пример выполнения: сплавы выплавлялись в силитовой печи сопротивления с графитошамотным тиглем емкостью 200кг с использованием первичных шихтовых материалов, рафинировались

гексахлорэтаном в количестве 0,5% от веса шихты.

Рабочая шихта из первичных чушковых материалов с учетом получения в отливках усредненного химсостава:

|          |         |
|----------|---------|
| Кремний  | 6%      |
| Медь     | 4,0%    |
| Магний   | 0,4%    |
| Марганец | 0,4%    |
| Цинк     | 1,2%    |
| Олово    | 1,2%    |
| Хром     | 0,5%    |
| Никель   | до 0,5% |

|          |                    |
|----------|--------------------|
| Натрий   | 0,1%               |
| Железо   | до 0,7%            |
| Алюминий | остальное до 100%. |

и с учетом угара компонентов на завалку составляет 183,828кг, а по компонентам составляет:

|          |                 |
|----------|-----------------|
| Кремний  | - 10,908 кг     |
| Медь     | - 7,560 кг      |
| Марганец | - 0,727 кг      |
| Магний   | - 0,792 кг      |
| Цинк     | - 2,225 кг      |
| Хром     | - 0,905 кг      |
| Олово    | - 2,268 кг      |
| Никель   | - 0,909 кг      |
| Натрий   | - 0,189 кг      |
| Алюминий | ост. 157,345 кг |
| Итого:   | 183,828 кг      |

Железо - 1,08кг (0,6%) в завалку отдельным материалом не вводится, т.к. оно находится в примесях алюминия и других материалах завалки.

Отливались клиновые пробы и цилиндрические заготовки для изготовления образцов и последующего испытания их на растяжение, ползучесть, трение, износ.

Испытания на растяжение проводили на машине "Инстрон" модели 1185 при скорости деформирования образцов 0,5мм/мин; твердость определяли на приборе ТШ-2М; испытания на износостойкость и антифрикционность проводили на машине трения СМЦ-2 в масле МГТ-10: антифрикционность определяли по изменению момента трения, износ образцов из испытуемого сплава и контактирующего с ним в процессе испытаний контртела - по глубине слоя, потерянного при истирании образца поверхностью цилиндрического ролика из Ст.45 при нагрузке 100МПа в течение 3 часов с использованием мелкодисперсного абразива; испытания на ползучесть проводили на стенде **RWC100** фирмы "Шенк - Требель" при постоянном напряжении 150МПа, выбранном на основании анализа прочностных характеристик сплавов при условии нахождения этих напряжений в упругой области диаграмм растяжения при температуре 100°С. Характеристикой ползучести являлась продолжительность испытаний до разрушения после полного прогрева образца.

Аналогичные примеры сведены в таблицу.

Результаты проведенных сравнительных испытаний дают основание сделать вывод, что сплав предлагаемого состава, значительно превосходит прототип по антифрикционности, практически не изнашивает сопряженные детали.

| Химический состав, механические свойства | Прототип (мас.%) | Пре |
|--|------------------|-----|
| Кремний                                  | 9,5              |     |
| Медь                                     | 4,25             |     |
| Магний                                   | 0,6              |     |
| Цинк                                     | 2,5              |     |
| Марганец                                 | 0,75             |     |
| Сурьма                                   | 1,00             |     |
| Хром                                     | 0,5              |     |
| Никель                                   | 1,25             |     |
| Олово                                    | -                |     |
| Натрий                                   | -                |     |
| Железо                                   | -                |     |
| Титан                                    | 0,15             |     |
| Алюминий                                 | ост.             |     |
| Предел прочности при растяжении, МПа     | 260              | 2   |
| Предел текучести, МПа                    | 250              | 1   |
| Относит. удлинение, %                    | 0,4              | 1   |

|                                       |       |   |
|---------------------------------------|-------|---|
| Твердость НВ                          | 100   |   |
| Характеристики ползучести, час        | 32,0  | 2 |
| Коэффициент трения                    | 0,025 | 0 |
| Износ испытуемого образца, мкм/час    | 6,0   |   |
| Износ сопряженного контртела, мкм/час | 2,5   |   |