



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО СССР
(ГОСПАТЕНТ СССР)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4845489/02

(22) 29.05.90

(46) 07.01.93. Бюл. № 1

(71) Харьковский институт механизации и электрификации сельского хозяйства

(72) Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, Н.Д. Бойко, И.Н. Невкапса, В.И. Савустянов и Л.Д. Воловик

(56) Постников Н.С. Упрочнение алюминиевых сплавов и отливок. М.: Металлургия, 1983, Гл. IV. с. 85-113.

Технологический процесс на отливку корпусов насосов типа НШ ВПО "Союзтракторзапчасть", разработанный Курским заводом тракторных запасных частей. Приказ № 2382 от 07.04.82.

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И ШИХТА ДЛЯ ВЫПЛАВКИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

(57) Использование: в ремонтном производстве деталей из цветных сплавов, а также в

2

производстве металлоизделий в области тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. Сущность: приготавливают сплав системы алюминий - кремний с добавками меди, железа, марганца, никеля и цинка путем переплавки шихты, содержащей корпусной лом из сплава АЛ 9, поршневой лом из сплава АЛ 25 и детали мелкосерийного производства из сплава АЛ 4, отливают деталь и термообработывают. Сплав получают с отношением содержания кремния к суммарному содержанию меди, железа, марганца, никеля и цинка, равном 1-3, а термообработку осуществляют путем закалки с выдержкой при температуре $t_{зак} = t_0 + t_1$ и старения с выдержкой при температуре старения $t_{стар} = t_m + (t_1 - t_2)$, где t_0 - минимальная температура закалки, равная 500°C ; t_m - минимальная температура старения, равная 150°C ; t_1 и t_2 - поправки к температуре закалки и температуре старения, 2 с.п.ф.-лы, 5 табл.

Изобретение относится к области тракторного и сельскохозяйственного машиностроения и предназначено для использования в ремонтном производстве деталей из цветных сплавов, а также в производстве металлоизделий.

Известен способ (Методические рекомендации по технологии ремонта гидравлической аппаратуры. М.: ЦНТИ пропаганды и рекламы, 1986. С.8) ремонта корпусов овальных насосов из алюминиевых сплавов путем обжатия под номинальный и ремонтный размеры в специальной пресс-форме на гидравлическом прессе. Это позволяет увеличить срок службы корпусных деталей на 20-30%, однако таким способом не могут быть восстановлены детали при наличии

макро- и микродефектов, возникающих при их производстве и эксплуатации. Кроме того, эта технология трудоемка в условиях ремонтного производства, поскольку требует индивидуального подхода к выбору величины обжатия.

Известен также способ ремонта корпусов (Ульман И.Е. и др. Ремонт машин. М.: Колос, 1982, С.242-243) путем предварительной расточки внутренней поверхности корпуса под увеличенный размер с последующей установкой гильзы на эпоксидной смоле. Способ не требует дефицитного оборудования, более технологичный и менее трудоемкий, чем первый. Однако таким способом можно восстанавливать лишь 60-70% корпусов, поступающих в ремонт. При

этом выбраковываются корпуса с макродефектами (выколами, трещинами, надрывами и др.). Кроме того, качество посадки часто не обеспечивает необходимой надежности в эксплуатации.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является способ изготовления деталей, в том числе и корпусных, литьем в кокиль и последующей термообработкой по режиму Т5 (Постников Н.С. Упрочнение алюминиевых сплавов и отливок. М.: Металлургия, 1983, Гл. IV. С. 95–100). При этом рассматриваются следующие варианты: использование в качестве шихты первичных материалов и вариант многократного переплава. И в том, и в другом случае получают заданный химический состав (в пределах погрешности и с учетом выгорания некоторых элементов). Возможно применение вполне определенного вида термообработки (в данном случае Т5), который обеспечит свойства, предъявляемые к конкретной детали.

Такая технология отливки деталей позволяет получить необходимый комплекс свойств и структуры. Вместе с тем эта технология не может быть использована в ремонтном производстве, поскольку литье деталей из вторичного сырья не обеспечивает стабильного химического состава сплавов и для обеспечения заданного качества требуется корректировка параметров литья и термообработки.

Известно (Худяков И.Ф. и др. Технология вторичных цветных металлов), что для производства отливок используют вторичные материалы – кусковые отходы и лом отливок из алюминиевых сплавов. Однако для производства ответственных отливок нельзя использовать любые отходы, а требуется лом определенного химического состава.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является способ изготовления корпусных деталей в условиях специализированного производства (Технологический процесс на отливку корпусов насосов типа НШ ВПО "Союзтракторозапчасть", разработанный Курским заводом тракторных запасных частей. Приказ № 2382 от 7 апреля 1982 г.) путем их отливки при использовании в качестве шихты следующих материалов, мас. %:

Алюминий первичный	
чушковый марок А5–А7	20–35
Силумины СилО–Сил1	35–45
Магний первичный	
чушковый Мг90	0,2–0,4
Возврат собственного производства	25–30

Эта шихта обеспечивает необходимое качество деталей, но их стоимость высока, так как требует применение дефицитных в ремонтном производстве первичных шихтовых материалов в количестве до 72% от общего объема шихты. Кроме того, анализ качества корпусов заводского производства показал, что в ряде случаев они имеют уровень прочности и твердости 160–180 МПа и 50–70 НВ соответственно, что в ряде случаев (40–50%) ниже допустимых значений. Это сказывается и на ресурсе насосов при эксплуатации.

Указанные недостатки связаны с нестабильностью количественного и качественного состава шихтовых материалов.

Целью изобретения является экономия первичных шихтовых материалов, снижение себестоимости и повышение прочностных свойств изделий. Для достижения поставленной цели номенклатуру шихтуемых деталей подбирают таким образом, чтобы отношение Si к суммарному содержанию меди, железа, марганца, никеля и цинка было равно 1–3. После отливки детали подвергают термической обработке: закалке с выдержкой при

$$t_{\text{зак}} = t_0 - t_1$$

и старению

$$t_{\text{ст}} = t_m + (t_1 - t_2),$$

где t_0 – минимальная температура закалки, равная 500°C;

t_m – минимальная температура старения, равная 150°C;

t_1 и t_2 – поправки к температуре закалки и температуре старения, выбираемые в зависимости от отношения содержания кремния к суммарному содержанию меди, железа, марганца, никеля и цинка, равного (1–3), при этом $t_1 = (10–70)^\circ\text{C}$ и $t_2 = (10–30)^\circ\text{C}$.

В качестве шихты рекомендуется использовать вторичное сырье следующего состава, мас. %:

Корпусной лом из сплава	АЛ9 30–45
Поршневой лом из сплава	АЛ25 40–65
Детали мелкосерийного производства из сплава	АЛ4 5–15.

Использование в качестве шихты определенной номенклатуры деталей из алюминиевых сплавов, а также термообработка по предложенным режимам приводят к новым свойствам.

Как правило, при отливке деталей (в т.ч. и корпусных) используют первичные материалы (алюминий и силумины) с добавкой отходов собственного производства (прибыли, выпоры и пр.). Но в ремонтном производстве первичные материалы практически отсутствуют, и технология изготовления их способом литья предусматривает использо-

вание различных утилизированных деталей из алюминиевых сплавов, а это приводит к тому, что химический состав различных партий отлитых корпусов отличается между собой, что влечет за собой нестабильность свойств и эксплуатационных характеристик.

В условиях ремонтного производства целесообразно полностью исключить первичные материалы, поскольку с их вводом требуется увеличенный расход модифицирующих и рафинирующих присадок, а также электроэнергии.

Наибольший эффект в получении качественных отливок корпусных деталей достигается при замене части первичных материалов ломом деталей поршневой группы (поршни дизельных двигателей, не подлежащие восстановлению), который характеризуется более высоким качеством (поршни изготавливают из сплава АЛ25).

При изготовлении отливок из сплавов с соотношением кремния к суммарному содержанию меди, никеля, марганца, цинка и железа, равное 1-3, обеспечивается необходимый исходный (до термобработки) уровень прочности, который является стабильно высоким и после термической обработки (182-215 МПа).

Для определения необходимых температур закалки и старения выбраны минимальные значения, равные 500 и 150°C и соответствующие алюминиевым сплавам системы Al-Si.

Поскольку температурные параметры термообработки определяются количеством легирующих добавок и примесей в сплаве, рекомендованы температурные поправки t_1 и t_2 к исходной температуре, учитывающие соотношение тех же компонентов.

Введение лома деталей поршневой группы менее 40% не обеспечивает необходимого уровня свойств (70-75 НВ, $\sigma_B=140-157$ МПа), что определяется химическим составом сплава (3,56 Si; 1,2Cu; 0,28Mn; 0,17 Zn; 0,32 Ni; 0,4 Fe).

При содержании в шихте лома поршневой группы более 65% возрастает стоимость ремонтных деталей в связи с использованием более дорогого лома, при этом свойства, по сравнению с рекомендуемым составом, существенно не улучшаются. Оптимальный их уровень достигается в сплавах при содержании в шихте лома деталей поршневой группы в количестве 40-65 мас. %.

Введение в шихту лома корпусных деталей менее 30% потребует увеличения доли

лома деталей поршневой группы, что экономически нецелесообразно.

При введении в шихту лома корпусных деталей более 45 мас. % не обеспечивается требуемый уровень свойств. Ввод лома мелкосерийных деталей (преимущественно из АЛ4) не является обязательным, однако может быть использован в количестве 5-15 мас. % для замены части лома корпусных деталей. При этом условии обеспечивается требуемый уровень свойств. Результаты определения химического состава сплавов, изготовленных по новой и известной технологиям, приведены в табл. 1.

Для установления влияния способа изготовления и состава шихты на уровень свойств были изготовлены опытные корпуса на Пересечанском Головном ремонтно-транспортном предприятии объединения "Харьковспецсельхозремонт".

Шихтуемые детали перед плавкой подвергают неоднократной мойке в горячих щелочных растворах для очистки от масел, мазута, нагаров и т.п. Далее осуществляется подогрев деталей до 100-150°C и загрузка их в печь, где находится небольшое количество расплавленного металла.

Плавку осуществляют в тигельных электропечах емкостью 400 кг. Температура разлива 760°C. Разливу расплавленного металла производят вручную ковшем емкостью 3 л в чугунный кокиль, предварительно разогретый до 400°C. Все соприкасающиеся с расплавленным металлом металлические поверхности покрывают защитными красками рекомендуемого в литейном производстве состава. Рафинирование осуществляли в один прием хлористым цинком в количестве 0,2% от массы расплавленного металла. Застывшие отливки (корпуса насосов) после остывания извлекают из кокиля, после чего отрезают прибыль (механической пилой) и зачищают на обдирочно-шлифовальном станке.

Корпуса насосов типа НШ отливали с различным соотношением содержания кремния к суммарному содержанию легирующих добавок и примесей, а также компонентов шихты (табл. 1). При этом в плавках 2, 5 и 6 компоненты шихты взяты в пределах выше и ниже рекомендуемых граничных значений. В плавках 3 и 4 приведены граничные и средние рекомендуемые значения составляющих шихты. Плавка 8 по компонентам шихты соответствует прототипу. В плавках 1 и 7 соотношения Si к суммарному содержанию легирующих элементов и примесей взяты за пределами 1-3.

Из приведенных данных (табл. 2) видно, что прототип имеет минимальный уровень

твердости и прочности, равный 65–75 НВ и 130–150 МПа соответственно, минимальные значения соответствуют также сплавам выше и ниже пределов отношения кремния к суммарному содержанию легирующих элементов и примесей 1–3.

Наиболее высокий уровень твердости и прочности (85–110 НВ и 170–212 МПа) обеспечивают плавки 3 и 4 с рекомендуемым составом шихты и соотношением 1–3.

Увеличение доли лема деталей поршневой группы более 70 мас. % не повышает уровня прочности и экономически нецелесообразно.

Снижение или увеличение, по сравнению с рекомендуемым соотношением, компонентов шихты приводит к уменьшению уровня твердости и прочности до 70–85 НВ и 138–173 МПа соответственно.

Наблюдаемые изменения в уровне свойств определяются химическим составом сплавов, а также определенным соотношением компонентов шихты (табл. 1, 2).

Для повышения и стабилизации свойств сплавов, снятия напряжений используют термообработку – закалку и искусственное старение. В связи с тем, что для традиционно применяемых сплавов стабильного состава (на примере плавки 6) используют термообработку по режиму (закалка при $t_3 = 500^\circ\text{C}$, искусственное старение при $t_{\text{стар}} = 150^\circ\text{C}$), при введении рекомендуемой технологии производства ремонтных корпусов путем переплава лема шихты с различной долей составляющих и нестабильным химическим составом сплава требуется использование принципиально нового подхода к выбору параметров термообработки, учитывающих влияние основных компонентов.

Методами лабораторных исследований и математического моделирования с использованием планирования эксперимента установлено влияние соотношения

$\frac{\text{Si}}{\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Zn} + \text{Fe}}$ на величину температурной поправки, учитываемой при определении оптимальных температур закалки и старения в каждом конкретном случае.

Нижняя температура нагрева под закалку выбрана равной 500°C , что характерно для сплавов типа АЛ9, из которых отливают корпуса в условиях специализированного производства с минимальным количеством примесей (Cu, Ni, Mn, Zn, Fe).

С учетом этого

$$t_{\text{зак}} = t_0 - t_1;$$

$$t_{\text{стар}} = t_m + (t_1 - t_2),$$

где t_0 – минимальная температура закалки силуминов, равная 500°C ;

t_1 – температурная поправка, учитывающая отношение Si к суммарному содержанию Cu, Ni, Mn, Zn, Fe;

t_m – минимальная температура старения, равная 150°C ;

t_2 – температурная поправка, учитывающая содержание тех же элементов, что и t_1 , но при старении.

Максимальная температура нагрева под закалку ограничена концентрацией в таком сплаве кремния и равна 570°C , согласно диаграмме состояния двойных сплавов Al–Si. Учитывая тот факт, что увеличение количества примесей и концентрации Si требует изменения температуры нагрева под закалку для обеспечения растворения и гомогенизации твердого раствора, провели статистический анализ такого влияния. В результате установили, что температурная поправка определяется величиной соотношения

$$\frac{\text{Si}}{\text{Cu} + \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Zn} + \text{Fe}} = 1 - 3.$$

Для определения температуры старения ввели следующие ограничения. Нижний температурный предел нагрева выбран исходя из условий применения сплава АЛ9 с минимальным количеством примесей и соответствующей для него температурой 150°C , а верхний – с учетом максимальной величины температурной поправки при закалке, равной 180°C .

Результаты расчета этого соотношения химических элементов в сплаве и соответствующие им температурные поправки приведены в табл. 3, а значения температур закалки и старения изготовленных сплавов по предложенной технологии и прототипу – в табл. 4.

Термическая обработка по рекомендуемым режимам (табл. 5) позволила дополнительно повысить уровень твердости в 2,0–2,3 и прочности в 1,1–1,3 раза по сравнению с прототипом.

Таким образом, комплексное решение проблемы производства качественных корпусов гидронасосов в условиях ремонтного производства путем выбора и оптимизации состава шихты с использованием вторичного сырья и соотношения кремния к суммарному содержанию легирующих элементов и примесей, регламентированной их термообработки обеспечивают повышение твердости и прочности при полной экономии первичных материалов.

По имеющимся у заявителя данным, в известных решениях отсутствуют признаки, сходные с признаками, которые отличают

от прототипа заявляемое техническое решение, что позволяет сделать вывод о его соответствии критерию "существенные отличия".

Изготовление корпусов гидронасосов из вторичного сырья, имеющих при этом высокие показатели механических свойств (твердость и прочность), будет обеспечивать снижение их цены и расхода на единицу продукции.

Согласно данным проведенных испытаний (акт испытаний прилагается), заявляемое изобретение в сравнении с прототипом обладает следующими преимуществами: полная экономия первичных материалов, повышение прочности в литом и термообработанном состоянии в 1,5 и 1,3 раза, а также твердости в 1,2 и 1,5 раза соответственно за счет оптимизации состава шихты и параметров термообработки.

Имея более высокий уровень показателей качества, корпуса гидронасосов будут обеспечивать снижение их расхода в среднем в 1,5 раза. В результате использования вторичного сырья снизится их себестоимость на 20%.

Заявляемое изобретение не оказывает отрицательного влияния на состояние окружающей среды.

Расчет экономического эффекта прилагается.

Формула изобретения

1. Способ изготовления деталей из алюминиевых сплавов преимущественно кор-

пусных, включающий приготовление сплава системы алюминий-кремний с добавками меди, железа, марганца, никеля и цинка путем переплавки шихты, отливку детали и термическую обработку, о т л и ч а ю щ и е с я тем, что, с целью повышения прочностных свойств, сплав получают с отношением содержания кремния к суммарному содержанию меди, железа, марганца, никеля и цинка равным 1-3, а термическую обработку осуществляют путем закалки с выдержкой при температуре $t_{зак}=t_0-t_1$ и старения с выдержкой при температуре старения $t_{ст}=t_m+(t_1-t_2)$, где t_0 - минимальная температура закалки, равная 500°C; t_m - минимальная температура старения, равная 150°C; t_1 и t_2 - поправки к температуре закалки и температуре старения, выбираемые в зависимости от отношения содержания кремния к суммарному содержанию меди, железа, марганца, никеля и цинка, равного (1-3), при этом $t_1=(10-70)^\circ\text{C}$ и $t_2=(10-30)^\circ\text{C}$.

2. Шихта для выплавки алюминиевого сплава, содержащая вторичное сырье, о т л и ч а ю щ а я с я тем, что, с целью снижения себестоимости, в качестве вторичного сырья она содержит корпусной лом из сплава АЛ9, поршневой лом из сплава АЛ25 и детали мелкосерийного производства, преимущественно из сплава АЛ4 при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Корпусной лом из сплава АЛ9 30-45
Поршневой лом из сплава АЛ25 40-65
Детали мелкосерийного производства из сплава АЛ4 5-15

Химический состав изготовленных сплавов

Таблица 1

Номер плавки	Состав шихты, мас. %	Содержание элементов, %							Si Cu+Zn+Mn+Ni+Fe
		Cu	Mn	Zn	Ni	Fe	Si		
1	Лом корпусных деталей - 40								
	Лом деталей поршневой группы - 40	1,6	0,30	0,26	0,40	1,43	3,3	0,8	
	Мелкосерийные детали - 20								
2	Лом корпусных деталей - 46								
	Лом деталей поршневой группы - 40	1,70	0,40	0,26	0,39	1,42	4,15	1,0	
	Мелкосерийные детали - 14								
3	Лом корпусных деталей - 30								
	Лом деталей поршневой группы - 65	1,62	0,32	0,28	0,35	1,32	10,23	2,5	
	Мелкосерийные детали - 5								
4	Лом корпусных деталей - 38								
	Лом деталей поршневой группы - 50	1,70	0,32	0,25	0,33	1,38	7,96	2,0	
	Мелкосерийные детали - 12								
5	Лом корпусных деталей - 26								
	Лом деталей поршневой группы - 70	2,00	0,31	0,16	0,36	1,08	11,70	3,0	
	Мелкосерийные детали - 4								
6	Лом корпусных деталей - 45								
	Лом деталей поршневой группы - 35	1,20	0,28	0,17	0,32	0,40	3,56	1,5	
	Мелкосерийные детали - 20								
7	Лом корпусных деталей - 20								
	Лом деталей поршневой группы - 75	2,0	0,32	0,18	0,36	1,0	12,6	3,3	
	Мелкосерийные детали - 5								
8 (по- типу)	Алюминий первичный - 27								
	Силумены SiC0, SiM1 - 45	-	0,50	0,30	-	1,0	7,0	-	
	Лом корпусных деталей - 28								

* Остальное Al

Таблица 2

Свойства сплавов, изготовленных по новой и известной технологиям (без термообработки)

Номер плавки	Состав шихты, мас. %	Свойства	
		Твердость, НВ	Прочность, МПа
1	Лом корпусных деталей - 40	75	158
	Лом деталей поршневой группы - 40		
2	Мелкосерийные детали - 20	79	176
	Лом корпусных деталей - 46		
3	Лом деталей поршневой группы - 40	98	180
	Мелкосерийные детали - 14		
4	Лом корпусных деталей - 30	84	196
	Лом деталей поршневой группы - 65		
5	Мелкосерийные детали - 5	99	204
	Лом корпусных деталей - 26		
6	Лом деталей поршневой группы - 70	76	157
	Мелкосерийные детали - 4		
7	Лом корпусных деталей - 45	80	150
	Лом деталей поршневой группы - 35		
8	Мелкосерийные детали - 20	70	140
	Лом корпусных деталей - 20		
8	Лом деталей поршневой группы - 75	70	140
	Мелкосерийные детали - 5		
	По прототипу		
	Алюминий первичный - 27		
	Силумины Сил0, Сил1 - 45		
	Лом корпусных деталей - 28		

Примечание. Данные таблицы – средние значения из 8–10 определений.

Таблица 3

Значения температурных поправок для рассматриваемых сплавов

Si Cu + Ni + Zn + Mn + Fe	t ₁	t ₂	t ₁ -t ₂
0,8	8	8	0
1	10	10	0
1,5	25	15	10
2,0	40	20	20
2,5	55	25	30
3,0	70	30	40
3,3	80	35	45

Таблица 4

Режимы термообработки изготовленных сплавов

Номер плавки	Si	Температура закалки, °С	Температура старения, °С
	Cu+Ni+Fe+Zn+Ni		
1	0,8	508	150
2	1,0	510	150
3	2,5	555	180
4	2,0	540	170
5	3,0	570	190
6	1,5	525	160
7	3,3	580	195
8	- (Прототип)	500	150

Таблица 5

Свойства сплавов, изготовленных по новой и известной технологиям после термообработки

Номер плавки	Режим термообработки	Свойства	
		Твердость, НВ	Прочность, МПа
1	$t_{\text{зак}} = 508^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 150^{\circ}\text{C}$	85	175
2	$t_{\text{зак}} = 510^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 150^{\circ}\text{C}$	109	190
3	$t_{\text{зак}} = 555^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 180^{\circ}\text{C}$	130	207
4	$t_{\text{зак}} = 540^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 170^{\circ}\text{C}$	125	212
5	$t_{\text{зак}} = 570^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 190^{\circ}\text{C}$	133	215
6	$t_{\text{зак}} = 525^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 160^{\circ}\text{C}$	102	182
7	$t_{\text{зак}} = 580^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 195^{\circ}\text{C}$	135	170
8	Прототип $t_{\text{зак}} = 500^{\circ}\text{C}$ $t_{\text{стар}} = 150^{\circ}\text{C}$	87	170

Редактор Л. Волкова Составитель Т. Скобло
 Техред М.Моргентал Корректор Л. Пилипенко

Заказ 232 Тираж Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101