

**ХАРЬКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

На правах рукописи

**АВАК ЭДЕМ АРЧИБОНГ**

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ  
ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В УСЛОВИЯХ  
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Специальность: 05.20.03. Эксплуатация, восстановление и ремонт  
сельскохозяйственной техники**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Харьков - 1995**

31.3



00330641 (H)

Работа выполнена в Харьковском государственном техническом университете сельского хозяйства.

- Научные руководители - доктор технических наук, профессор Т.С.Скобло
- кандидат технических наук, доцент А.А.Науменко
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор, член-корреспондент инженерной Академии наук Украины М.И.Черновол
- кандидат технических наук, доцент В.А.Большов
- Ведущее предприятие - Областное производственное объединение "Харьковагротехника".

Защита диссертации состоится 01 февраля 1996 г. в 10 часов на заседании специализированного совета K02 · 20 · 02 при Харьковском государственном техническом университете сельского хозяйства (310078, г. Харьков-78, ул. Артема, 44)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан "29" декабря 1995 г.

Ученый секретарь специализированного совета, кандидат технических наук, профессор

Л.С.Ермолов

## Общая характеристика работы

Актуальность темы. Дальнейшее развитие ремонтного производства невозможно без создания собственных новых технологий оперативного производства запасных деталей, которые по уровню качества и эксплуатационной надежности не уступали бы деталям специализированного производства на машиностроительных заводах. Для решения этого вопроса в ряде случаев на ремонтных предприятиях имеются все необходимые условия.

В процессе капитального ремонта сельскохозяйственной техники на ремонтных предприятиях скапливается большое число лома деталей, вышедших из эксплуатации и не подлежащих восстановлению. Это может явиться дешевым сырьем для создания на базе предприятия мелкосерийного производства нужной номенклатуры деталей. Однако, решение такой проблемы требует научного подхода к решению задачи, поскольку взамен первичных шихтовых материалов должен использоваться набор лома различного производства с отличающимся химическим составом и имеющий плохое состояние поверхности (окислы).

Проблема производства деталей-втулок, корпусов гидронасосов типа НШ из алюминиевых сплавов возникла на Пересечанском РТП. В связи с этим проблема поиска путей решения стоящей задачи является важной и актуальной.

Работа проводилась в рамках целевой комплексной программы "Разработка прогрессивных технологий производства и восстановления деталей машин для агропромышленного комплекса", финансируемой министерством машиностроения и ВПК (тема 33-92).

Цель и задачи работы. Целью работы является разработка эффективной технологии производства деталей из алюминиевых сплавов на основе переплава имеющегося лома без использования первичных шихтовых материалов. При этом уровень качества и потребительских свойств металла исследуемых деталей должны быть

не ниже действующих на их производство требований нормативно-технической документации.

Исходя из цели работы в задачи исследований входило:

- изучение типа шихты деталей из алюминиевых сплавов, которую целесообразно использовать для переплава и получения корпусных деталей насоса типа НШ по качеству не ниже заводского специализированного производства;
- определение эффективных композиций шихтовых материалов;
- оценка влияния легирующих, модифицирующих добавок и примесей на свойства переплава;
- разработка параметров технологии термоупрочнения деталей из нестандартного сплава;
- изучение свойств, структуры и износостойкости нестандартного сплава, полученного путем переплава оптимального состава шихты;
- проведение эксплуатационных испытаний корпусов насоса типа НШ из нестандартного сплава и оценка эффективности такого производства;
- разработка параметров термоупрочнения внутренних отверстий тулок и проведение экспериментальных исследований.

Научная новизна работы. Основные положения, характеризующие научную новизну, заключаются в следующем:

- выявлены закономерности, связывающие компонование определенной номенклатуры лома шихты со свойствами металла деталей, которые позволяют обеспечить высокое их качество в условиях ремонтного производства без использования первичных шихтовых материалов;
- получены математические модели, описывающие влияние химических элементов и параметров на уровень механических свойств нестандартных алюминиевых сплавов;
- разработан новый подход к выбору температурных параметров объемной термообработки нестандартных сплавов, который учитывает изменяющийся в широких пределах химический состав. Для этого

минимальные температуры закалки и старения следует уточнять добавкой поправочного коэффициента, определяемого путем статистической обработки экспериментальных данных;

-выполнены расчеты по определению влияния мощности лазерного излучения на основные параметры обработки, которые позволяют обеспечить максимальную твердость упрочненного слоя и его однородность;

-выполнены расчеты, позволившие построить температурное поле при лазерной термообработке внутренние поверхности втулки из алюминиевого сплава в зависимости от времени воздействия луча и скорости вращения детали при обработке.

**Практическая значимость работы.** Разработана комплексная технология производства деталей из алюминиевых сплавов на основе дешевого сырья - лома деталей, без использования первичных материалов.

Практическую значимость имеют и разработанные предложения по компоновке шихты, которые представлены графиком, позволяющим прогнозировать химический состав сплава на этапе комплектования шихты и оперативно выбирать основные параметры объемной термообработки.

На защиту диссертационной работы выносятся:

-разработанный подход к выбору комплексной технологии производства деталей из нестандартных алюминиевых сплавов в условиях ремонтного производства;

-результаты научных исследований по влиянию шихты на химический состав полученного переплава, уровень механических и потребительских свойств;

-результаты нетрадиционного подхода к разработке технологии термического упрочнения сплавов с широкими пределами по химическому составу элементов;

-выполненные расчеты параметров упрочнения поверхности втулок лазерным лучем с оценкой температурного поля при изменяющихся времени обработки и скорости вращения детали;

-результаты экспериментальных исследований и промышленного внедрения разработок.

**Реализация работы в промышленности.** Результаты работы внедрены на Пересечанском РТП с экономическим эффектом 900 млн. крб. в год при объеме производства ~ 70 тыс. шт. корпусов насосов различных типов.

**Апробация работы.** Результаты работы докладывались на 3 научно-технических конференциях ХГТУСХ (1993, 1994, 1995 гг)

**Публикации.** Основное содержание работы отражено в трех публикациях.

**Объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, семи глав и общих выводов, содержит 263 страниц текста, 20 рисунков, 31 таблицу, приложение, список использованной литературы, включающий 136 источников

### Содержание работы

**Материал и методика проведения исследований.** Разработана методология исследований по получению качественных деталей из алюминиевых сплавов в условиях ремонтного производства с использованием дешевого сырья - лома деталей.

Выполнен анализ применяемых технологий в заводских условиях в сравнении с возможностями ремонтного производства по переработке отходов. Для этого изучено влияние шихты и химических элементов, входящих в ее состав на качество и свойства металла деталей, разработана оригинальная технология их термоупрочнения, учитывающая конкретный химический состав сплава.

Исследования проводили в лабораторных условиях и на производстве (Пересечанское РТП).

Переплавы шихты осуществляли в 400 кг печи. Рафинировали металл хлористым цинком (0.2% от веса расплава). Изучали свойства и структуру композиции переплава в широком диапазоне концентраций: 0.5 - 5.1% Cu; 0.24 - 1.54% Fe; 0.2 - 0.49% Mg; 0.07 - 0.44% Mn; 0.01 - 0.55% Ni; 4.2 - 11.3% Si.

Для оптимизации химического состава сплава и параметров термообработки (температура закалки, старения, цикличность обработки, температура охлаждения) использовали метод планирования эксперимента по плану 2<sup>3</sup>.

Для оценки свойств и структуры новых сплавов использовали метод оценки химического состава (спектральный анализ), твердости и прочности ( $\sigma_B$ ), микротвердости, микроструктуры, рентгеноструктурный фазовый анализ, испытания на износ.

Разработана специальная методика комплектования шихты для литья корпусов гидронасосов с нормированным содержанием химических элементов, которая предусматривает предельное содержание кремния не менее 8% и массу шихтуемых деталей равную 400 кг.

Предложены варианты расчетов шихты, которые включены в графики и таблицы для оперативного использования их в производстве.

Разработана методика расчета основных параметров эффективной лазерной термообработки деталей типа тел вращения из алюминиевых сплавов. Оценено температурное поле при лазерном упрочнении. Для этого рассмотрено распределение температуры по точкам цилиндра при его перемещении.

В расчетах использовано уравнение теплопроводности для движущейся среды в стационарном случае, определены крайние условия.

Анализ особенностей литья деталей в кокиль в условиях машиностроительных и ремонтных предприятий. Выполнен анализ возможных дефектов отливок при их производстве. Для специализированного производства это - недолив, коробление, горячие и холодные трещины, раковины, газовые пузыри, усадочные раковины и скопления неметаллических включений, которые приводят к браку литых заготовок.

В условиях ремонтного производства, когда используются вторичные шихтовые материалы основной причиной отбраковки являются раковины (5 - 7%) и пористость (93 - 95%), что приводит к выкрашиванию при механической обработке.

Оценены пути повышения качества отливок путем специальной подготовки шихтовых материалов к переплаву, применению флюсов, рафинирования и модифицирования расплавов.

Изучена действующая технология производства корпусов гидронасосов типа НШ из алюминиевых сплавов в условиях Пересечанского РТП.

Выявлена большая нестабильность качества и свойств производимых деталей. Существенно изменяются концентрации основных легирующих элементов и примесей. Изменяются параметры литья, в результате чего возможно имеет место окисление расплава, увеличение его газонасыщенности.

Установлено, что используемая ранее технология не обеспечивает получения качественных деталей.

Исследование влияния химического состава на свойства алюминиевого сплава для корпусов насоса типа НШ. Проведены комплексные исследования химического состава, структуры и свойств основных компонентов шихты, используемых для переплава при производстве корпуса гидронасоса типа НШ.

Установлено, что наиболее высокая концентрация кремния (11.0-13.0%) соответствует лому поршней, а меди - лому поршней и корпуса насоса, произведенного в условиях РТП (табл 1).

Лабораторными исследованиями показано, что при введении в состав шихты лома поршней в количестве 70% от общего веса плавки, уровень твердости и прочности достигают значения выше требований технических условий ( $HV=85-90$  ед.;  $\sigma_s=180-200$  МПа). При этом концентрация кремния в отливаемом алюминиевом сплаве должна быть не менее 8-10%.

Таблица 1

## Химический состав исследуемых сплавов

Наименование деталей используемых в качестве шихты	Содержание элементов, %							
	Si	Cu	Fe	Mg	Mn	Zn	Ti	Ni
Корпус ремонтного насоса	3.9-6.3	1.3-4.8	0.8-2.2	0.2-0.4	0.12	0.24	0.03	0.04
Поршень	11.0-13.0	1.5-3.0	0.8	0.8-1.3	0.45	0.09	0.08	0.09
Корпус заводского насоса AL9	6.0-8.0	-	1.0	0.2-0.4	0.2	0.02	сл	сл

Промышленными испытаниями в условиях Пересечанского РТП было показано, что для получения качественных деталей состав шихты может изменяться в пределах: лом корпусов 30-45%;  
лом поршней 40-65%.

Установлена возможность использования в шихте лома деталей мелкосерийного производства в количестве 5-10%. Отклонения от данных рекомендаций приводят к изменению химического состава получаемого сплава и снижению его прочности и твердости или заметному повышению стоимости.

Исследовано влияние состава шихты на содержание химических элементов в сплаве и уровень свойств. Изменение свойств обусловлено определенным соотношением компонентов шихты и фазовым составом сплава. Изучено влияние Si, Fe, Cu в совокупности

и в отдельности (рис 1-3). Получены корреляционные уравнения, описывающие влияние этих элементов на уровень твердости и прочности формируемых сплавов.

**Влияние объемной термической обработки на структуру и свойства сплавов для корпусов насоса.** Исследованиями установлено, что использование сплавов с отличающимся химическим составом требует оптимизации параметров термообработки.

Методом планирования эксперимента установлено, что оптимальной температурой закалки для алюминиевых сплавов нестандартного состава является -  $500 + 550$  °С, а старения -  $200$  °С. При этом достигается максимальная твердость равная  $88 - 98$  НВ.

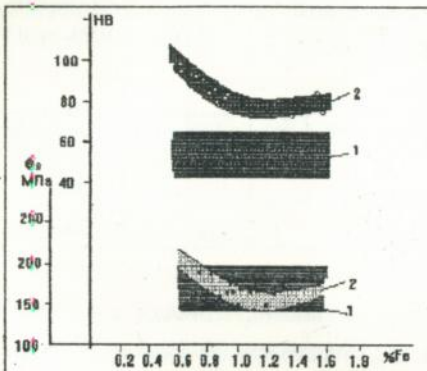


Рис 1. Влияние содержания железа на механические свойства корпуса насоса

- 1-корпуса насоса заводского производства  
2-корпуса насоса из разработанного сплава

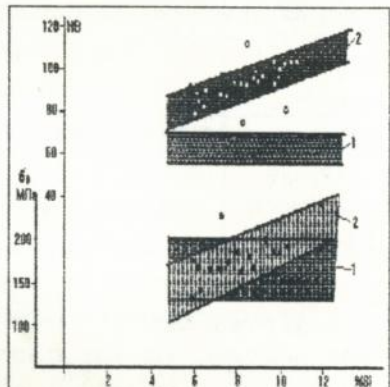


Рис 2. Влияние содержания кремния на механические свойства корпуса насоса

- 1-корпуса насоса заводского производства  
2-корпуса насоса из разработанного сплава

Получено корреляционное уравнение, описывающее влияние температуры закалки, старения и температуры охлаждающей жидкости при закалке на уровень твердости термообработанного сплава

$$HB = 84.75 - 10.2x_1 + 3x_2 - 4.2x_3 - 5.25x_1x_3 \quad (1)$$

где  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  соответствует температурам закалки, старения и охлаждающей жидкости при закалке.

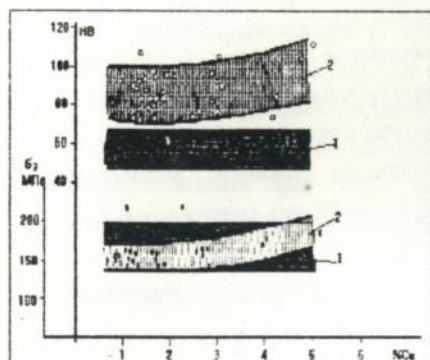


Рис 3. Влияние содержания меди на механические свойства корпуса насоса

1-корпуса насоса заводского производства

2-корпуса насоса из разработанного сплава

На уровень твердости наиболее значимо влияние температуры закалки, а также парного взаимодействия - температуры закалки и температуры охлаждающей жидкости.

Термическая обработка нестандартных сплавов по оптимальным режимам обеспечивает высокую однородность твердости (разброс значений не превышает 2.0%).

Для выбора оптимальных параметров термической обработки алюминиевых

сплавов, отличающихся химическим составом, рекомендовано использовать поправочные коэффициенты, которые учитывают отношение кремния к суммарному содержанию Cu, Ni, Mn, Zn и Fe (табл 2).

Таблица 2

Значение температурных поправок для ремонтных корпусов.

Si	$t_1$	$t_2$	$t_1 - t_2$
Cu+Zn+Fe+Mn+Ni			
1.0	10	10	0
1.5	25	15	10
2.0	40	20	20
2.5	55	25	30
3.0	70	30	40

Температуру закалки и старения следует определять из уравнений:

$$t_{\text{зак}} = t_0 + t_1 \quad (2)$$

$$t_{\text{стар}} = t_{\text{н}} + (t_1 - t_2) \quad (3)$$

где  $t_{\text{зак}}$ ,  $t_{\text{стар}}$  - температуры закалки и старения соответственно.

$t_0$  - минимальная температура закалки силуминов (500°C).

$t_{\text{н}}$  - минимальная температура старения (150°C).

$t_1$  - поправка к температуре закалки, учитывающая отношение кремния к суммарному содержанию Cu, Ni, Mn, Zn, Fe.

$t_2$  - поправка к температуре старения, учитывающая содержание тех же элементов, что и  $t_1$ .

Значения поправочных коэффициентов получили статистической обработкой экспериментальных данных

Рекомендуемые параметры термической обработки нестандартного алюминиевого сплава  $t_{\text{зак}} = 500-550^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{стар}} = 150-200^\circ\text{C}$  и температура охлаждающей жидкости - 50°C, обеспечивают измельчение зерна, дробление выделений пластинчатой эвтектики, уменьшение скоплений первичного кремния.

Проведенные испытания на износ показали, что наименьшую потерю веса (на 40%) имеют образцы подвергнутые циклической обработке (5-ти кратный нагрев до оптимальной  $t_{\text{зак}}$ ), а также с твердостью > 70-90 НВ.

**Лазерное термоупрочнение сплавов для производства мелких деталей.** В условиях ремонтного производства часто возникает необходимость производить замену отдельных деталей. Зачастую отсутствуют необходимые запчасти и приходится изготавливать их путем переплава лома или вытачивать из имеющихся заготовок, которые существенным образом отличаются по химическому составу и уровню свойств от деталей, изготовленных в условиях специализированного производства. В этом случае для обеспечения

требуемых свойств целесообразно использовать поверхностную термообработку.

Лазерная закалка не вызывает коробления и используется для упрочнения деталей машин из сталей и сплавов. Упрочнение деталей машин из алюминиевых сплавов практически не изучено.

Основной причиной ограниченного срока эксплуатации деталей из алюминиевых сплавов является наличие грубых скелетообразных интерметаллидных фаз типа  $Al_7Cu_2Fe$ . Поэтому для увеличения долговечности деталей из алюминиевых сплавов при эксплуатации необходимо изменить морфологию эвтектического строения с образованием мелкодисперсных интерметаллидных фаз, связывающих медь, как основной легирующий элемент в сложные соединения. Формирование такой структуры возможно при высоких скоростях охлаждения упрочняемой зоны.

Обработку лазерным лучом втулок из сплава типа АМ07 (2,2-3,8% Sn; 5-9,5% Cu; 0,5-1,8% Si; 0,3-1,2% Mn; до 0,5% Fe; до 0,2% Zn; до 0,35% Mg) производили по режимам приведенным в табл.3.

Таблица 3

Режимы обработки лазерным лучом втулок из алюминиевого сплава типа АМ07.

Режим	Мощность Q, кВт	Частота вращения n, об/мин	Диаметр пятна D, мм
1	менее 0.5	13	4
2	0.5	13	4
3	0.7	25	4
4	0.9	28	4

Экспериментальными исследованиями показано, что лазерная термообработка обеспечивает повышение твердости алюминиевого сплава, а также на 70% ее однородность за счет дробления и равномерного распределения избыточных кремнийсодержащих фаз.

Стабильное упрочнение сплава достигается начиная с мощности  $Q=0.5$  кВт. При этом уровень микротвердости повышается в 1.27-1.46 раза.

Выполнен расчет основных параметров упрочнения с использованием лазерного луча.

Получены зависимости влияния мощности луча (плотности мощности) на достигаемую температуру по сечению упрочненного слоя и глубины закалки. Оптимальная глубина закалки  $h=1.33$  мм.

Для оценки влияния лазерной термообработки на структурные изменения и обеспечение требуемых свойств необходимо изучить формируемые температурные поля.

Из анализа литературных источников видно, что для описания температурного поля использовали модели полубесконечной среды. Однако такая модель не может считаться достаточно точной для деталей со сложной геометрической поверхностью типа втулок и поэтому в качестве адекватной математической модели в этом случае выбрали полый цилиндр.

Задачу исследования температурных полей внутренней поверхности детали типа втулки решали при условии, что лазерный луч неподвижный, а цилиндр совершает сложное движение: поступательное перемещение вдоль оси и вращательное вокруг нее.

Распределение температуры в точках цилиндра (втулки) в связи с его перемещением определяли уравнением теплопроводности для движущейся среды

$$v \frac{\partial}{\partial z} T(r, \theta, z) + \omega \frac{\partial}{\partial \theta} T(r, \theta, z) - \chi \nabla^2 T(r, \theta, z) = 0 \quad (4)$$

и краевыми условиями

$$\left. \frac{\partial}{\partial z} T(r, \theta, z) \right|_{z=0} = -\lambda q(\theta, z) \quad \text{при } r_1, \theta, z \in \Omega \quad (5)$$

$$T(r, \theta, z) = 0 \quad \text{при } r_1, \theta, z \in \Omega \quad (6)$$

$$T(r_2, \theta, z) = 0 \quad (7)$$

где  $T(r, \theta, z)$  - температура цилиндра в точке

- $\lambda, \chi$  - коэффициенты теплопроводности и температуропроводности;
- $v, \omega$  - скорость движения цилиндра вдоль оси и угловая скорость вращения;
- $q(\theta, z)$  - плотность теплового потока, передаваемого лазерным пучком внутренней поверхности цилиндра в области  $\Omega$ ;
- $r_1$  и  $r_2$  - внутренний и внешний радиусы цилиндров;
- $\nabla$  - оператор Гамильтона.

На основании выполненных расчетов построено температурное поле, характеризующее изменение температуры по глубине поверхностного слоя и с учетом различной скорости вращения детали (времени воздействия луча).

**Разработка рекомендации по производству корпусов насоса повышенной эксплуатационной стойкости.** Выполнены различные варианты расчета шихты, которые использованы для отливки корпусов гидронасосов типа НШ в условиях Пересечанского РТП.

Подход к решению задачи сводился к поиску некоторого комплексного показателя, который позволил бы производить оценку соответствия содержания заданного элемента его нормативному значению как для детали, так и для некоторой суммы различных по весу и содержанию заданного элемента деталей (в навеске). В качестве такого показателя принят параметр (Р), характеризующий не само фактическое содержание заданного элемента, а только его недостаток или избыток (по массе) в детали и смеси деталей (навеске) относительно той массы элемента, которая обеспечивает в детали нормативное процентное содержание этого сплава. Этот показатель (признак) определяли отношением

$$P = m \left( \frac{c}{c_H} - 1 \right) \quad (8)$$

где Р - показатель смеси.

Анализ зависимости (8) показывает, что при  $C > C_H$ ,  $P > 0$ ; при  $C = C_H$ ,  $P = 0$ ; а при  $C < C_H$ ,  $P < 0$ . По признаку  $P$  можно оценить процентное содержание в шихте заданного элемента относительно нормативного значения. Зная значение признаков смешиваемых деталей, можно определить признак смеси (навески), состоящей из любого числа одноименных и/или разноименных деталей.

Запишем соотношение (8) для  $i$ -го наименования детали смеси:

$$P_i = m_i \left( \frac{C_i}{C_H} - 1 \right) \quad (9)$$

где  $m_i$  - масса детали  $i$ -го наименования ( $i=1,2,\dots,n$ )

$C_i$  - содержание заданного элемента в детали  $i$ -го наименования, % ( $i=1,2,\dots,n$ )

$C_H$  - Нормативное содержание заданного элемента в навеске, %.

Тогда

$$P_{cm} = \left( \sum_{i=1}^n m_i \right) \left( \frac{C_{cm}}{C_H} - 1 \right) \quad (10)$$

$$C_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i C_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (11)$$

где  $n$  - общее число наименований деталей в навеске.

Из уравнения (10) и (11) следует, что

$$P_{cm} = \sum_{i=1}^n m_i \frac{C_i}{C_H} - \sum_{i=1}^n m_i = \sum_{i=1}^n m_i \left( \frac{C_i}{C_H} - 1 \right)$$

$$\sum_{i=1}^n m_i \left( \frac{C_i}{C_H} - 1 \right) = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$\text{т.е.} \quad P_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (12)$$

Использование зависимости (12) для определения состава навески позволяет:

- выбирать детали для которых  $C > C_n$  и определять ( по ранее составленной таблице) признак для этих деталей. Для всех таких деталей  $P > 0$ ;

- получить навески соответствующие нормативным значениям заданного элемента путем включения в нее деталей с  $C < C_n$  ( т.е. с  $P < 0$ ), необходимо провести подбор деталей для которых будет соблюдаться соотношение:

$$\sum_{i=1}^n P_i + \sum_{j=1}^h P_j \geq 0 \quad (13)$$

$$C > C_n \quad C < C_n$$

В комплект можно включить не одну, а несколько деталей одного наименования. Выбор наименования и количество одноименных деталей определяется производственными возможностями и целесообразностью использования деталей в зависимости от наличной номенклатуры и количества данного наименования. После выбора наименования и количества деталей, входящих в данный вариант комплекта, определяли массу навески. Число комплектов для загрузки с данной массой определяли из соотношения:

$$K = \frac{M_3}{M_k} \quad (14)$$

Где  $M_3$  - масса загрузки для плавки, кг;

$M_k$  - масса навески (комплекта), кг.

Зная  $K$ , рассчитывали необходимое число одноименных деталей для загрузки, а умножив число на массу данной детали, получали вес групп деталей, которые входят в загрузку.

Построен график расчета оптимального состава шихты, позволяющий оперативно определять получение отливок с оптимальным химическим составом сплава. График учитывает качественный показатель шихты в общем ее объеме при загрузке в печь.

Предложена комплексная технология производства корпусов насоса повышенного качества в условиях ремонтного предприятия, которая включает использование определенных компонентов шихты, обеспечивающих получение заданного химсостава, а также оптимальных параметров литья и термообработки.

Новая технология обеспечивает экономию первичных материалов. повышение прочности сплава в 1,1 - 1,3 раза, твердости в 2,0 - 2,3 раза и позволяет снизить расход деталей в 1,5 раза.

Фактический экономический эффект от внедрения результатов разработок составил 900 млн. крб в год при объеме внедрения  $\approx$  70 тыс. шт. корпусов насоса типа НШ.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. Разработана эффективная технология производства корпусов гидронасоса типа НШ в условиях Пересечанского РТП, которая включает использование регламентированного состава вторичных шихтовых материалов и специальную термообработку, учитывающую химический состав нестандартного алюминиевого сплава.

2. Лабораторными исследованиями показано, что оптимизируя состав лома шихты, а следовательно, и содержание химических элементов в расплаве можно обеспечить уровень механических и потребительских (износостойкость) свойств сплава выше требований нормативно-технической документации.

Регламентированное количество и состав компонентов шихты обеспечивают  $\sigma_{\text{в}}=180-200$  МПа, а НВ=85-90 ед.

3. Результаты промышленного опробования в условиях ремонтного производства подтвердили результаты лабораторных исследований.

Установлено, что оптимальный уровень свойств достигается при следующей компоновке шихтовых материалов, %:

лом корпусов насоса - 30-45%;

лом поршней - 40-65%;

лом мелкосерийных деталей - 5,0-10,0%.

4. Исследованиями методом планирования эксперимента определено, что при использовании для выплавки шихты заданной номенклатуры лома обеспечивается следующая концентрация основных химических элементов и примесей в алюминиевом сплаве: 1.4-3.5% Cu; 8-11.0% Si; 0.05-0.18% Zn; 0.4-1.7% Fe.

5. Для обеспечения стабильной и однородной твердости нового сплава рекомендуется использовать объемную термическую обработку при температурах закалки и старения, которые бы учитывали изменяющийся в широких пределах химический состав. Предложено температуру закалки и старения определять по формулам

$$t_{\text{зак}} = t_0 + t_1,$$

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

где  $t_0$  - минимальная температура закалки силуминов;

$t_n$  - поправка к температуре закалки, учитывающая отношение кремния к суммарному содержанию Cu, Ni, Mn, Zn, Fe;

$t_n$  - минимальная температура старения, равная 150°C;

$t_2$  - поправка к температуре старения, учитывающая содержание тех же элементов, что и  $t_1$

Коэффициенты  $t_1$  и  $t_2$  определены статистической обработкой экспериментальных данных.

6. Металлографическими исследованиями структуры сплава установлено, что обеспечение стабильной и однородной твердости нетрадиционным методом термообработки достигается максимальным измельчением зерна, дроблением выделений пластинчатой эвтектики, уменьшением доли скоплений первичного кремния.

При этом уровень твердости, как показали результаты анализа корреляционных зависимостей, в большей мере определяется правильно выбранной температурой закалки и температурой охлаждающей жидкости.

7. Для повышения эксплуатационной стойкости втулок из нестандартного алюминиевого сплава рекомендована поверхностная термическая обработка внутренних отверстий лучом лазера, которая более чем на 70% обеспечивает получение однородной и более высокой (в 1.27-1.46 раза) твердости по сравнению с исходным состоянием.

Получение таких свойств достигнуто на основе выполненных расчетов по оптимизации параметров упрочнения.

Получены зависимости, описывающие влияние (плотности) мощности луча на достигаемые температуры по сечению упрочненного слоя, глубину закалки, скорость обработки.

Выполнен расчет температурного поля по глубине закаленного слоя в зависимости от времени воздействия луча и скорости вращения детали, что позволило определить оптимальные параметры обработки для алюминиевого сплава.

8. На основе выполненных исследований построен график расчета оптимального состава шихты, позволяющий прогнозировать химический состав сплава на этапе комплектования шихты и оперативно выбирать основные параметры объемной термообработки.

Эксперименты и внедрение, проведенные в условиях Перестчанского РТП, подтвердили эффективность выполненных разработок.

Анализ качества, отливаемых по предложенной технологии корпусов гидронасосов типа НШ показал, что прочность (в 1.1-1.3 раза) и твердость (в 2.0-2.3 раза) сплава повышаются. Это снижает расход деталей в 1.5 раза, экономит первичные шихтовые материалы, энергоресурсы и обеспечивает фактический экономический эффект в размере 900 млн. крб. в год при объеме внедрения ~ 70 тыс. шт. корпусов насоса типа НШ различной номенклатуры.

**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ  
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

1. Авак Э. А. , Бойко Н. Д. , Скобло Т. С. , Сидашенко А. И.  
Сплавы для изготовления ремонтных корпусов гидронасосов //Ме-  
ханизация и электрификация сельского хозяйства. N 7. 1994.  
С. 26-28.
2. Авак Э. А. , Скобло Т. С. , Сидашенко А. И. Исследование  
влияния химического состава и параметров термообработки на  
свойства корпусов насоса типа НШ //Литейное производство N 7-8.  
1995. С. 20.
3. Авак Э. А. , Скобло Т. С. , Сидашенко А. И. , Слоновский Н. В. ,  
Мартыненко А. Д. Упрочнение втулок гидронасосов из алюминиевых  
сплавов лазерным лучом //Механизация и электрификация сельского  
хозяйства N 11. 1995. С. 24,25.

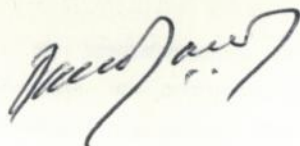
## А Н О Т А Ц І Я

Тема "Технологія виготовлення та зміцнення деталей з алюмінієвих сплавів в умовах ремонтного виробництва"

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.20.03, Харківський Державний Технічний університет Сільського Господарства.

Для підвищення якості та надійності деталей з алюмінієвого сплаву розроблена комплексна технологія їх виробництва з використанням лому, який є на ремонтних підприємствах. Запропоновані композиції лому деталей, які забезпечують найвищі показники якості та зносостійкості. Отримані математичні моделі, які описують вплив температур загартування, старіння та охолоджуючої рідини. Встановлені закономірності впливу параметрів лазерної обробки на глибинні зміцнення, формування температурного поля.

Ключові слова: алюмінієвий сплав, механічні властивості, хімічний склад, лом деталей, плавка, термічна обробка, зміцнення лазерним промінням.



## SUMMARY

TOPIC: Development of a technology for the production and heat-treatment of machine parts made from aluminium alloys.

Thesis for a Ph.D on the speciality 05.20.03, Kharkov State Technical University of Agriculture.

In order to increase the quality and reliability of machine parts made from aluminium alloys, it was necessary to develop a complex technology for their production with the use of secondary material (scrap - metal).

A careful study of the technology, production process and the influence of alloying elements on both mechanical and technological properties of hydraulic pump housings made from primary aluminium materials and produced from specialised factories were carried out.

The composition of the secondary material which enables a high quality and high wear resistance and thus leading to a high service-life of hydraulic pump is provided in this work.

A mathematical model which enables the correct and optimum temperature parameters during heat-treatment of the material is provided.

The laws governing the influence of laser beams on the depth of hardening, and the formation of temperature pattern are determined.

Key words: Aluminium alloy, mechanical properties, chemical composition, scrap - metal, melting, heat-treatment, laser strengthening.

Бесплатно

АВ 33.774

---

Подп. в печать 12.10.95      формат 60x84/16  
Объем : 1,0 усл. печ. л.,    1,0 уч.-изд. л.  
Тираж 100 экз. Заказ 275. Бесплатно

---

Редакционно-издательский отдел Харьковского государственного  
технического университета сельского хозяйства.  
310078 г. Харьков-78. ул. Артема 44

---

Участок оперативной печати ХГАУ