

На правах рукописи

УДК 621.763

НОСАЧ Александр Петрович

РАЗРАБОТКА КОМПОНОВАННОГО МАТЕРИАЛА  
НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА,  
АРМИРОВАННОГО СТАЛЬНОЙ СТРУЖКОЙ

Специальность 06.02.01 - Материаловедение в  
машиностроении  
(промышленность)

А в т о р е ф е р а т  
диссертации на основании ученой степени  
кандидата технических наук

Харьков - 1992

Работа выполнена на кафедре технологии металлов и  
материаловедения Харьковского автомобильно-дорожного института.

Научные руководители: Заслуженный деятель науки Украины,  
доктор технических наук,  
профессор А.М.ПЕТРИЧЕНКО  
кандидат технических наук,  
профессор Л.А.СОЛНЦЕВ

Официальные оппоненты: д.т.н., проф. Т.С.СКОБЛО  
к.т.н., доц. Б.П.ТАРАН

Ведущая организация - Харьковский завод тракторных  
двигателей

Защита диссертации состоится "4" февраля 1998г.  
в 14<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета  
К 068.12.01 при Харьковском автомобильно-дорожном институте по  
адресу: 310078, г.Харьков, ул.Петровского, 25

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке  
Харьковского автомобильно-дорожного института.

Автореферат разослан "4" января 1998г.

Ученый секретарь совета,  
кандидат технических наук,  
доцент

  
И.В.ДОЩЕЧКИНА

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00825626 (Т)



Актуальность работы. Одной из наиболее важных проблем машиностроения является экономия металлов, в частности алюминиевых сплавов. Широкое распространение в технике получили детали, изготовленные из этих сплавов и работающие в условиях трения и изнашивания в паре со стальными деталями. В ряде случаев из-за низких эксплуатационных свойств алюминиевые сплавы подвергаются преждевременному разрушению.

Повышение надежности и долговечности машин и механизмов может быть достигнуто за счет применения новых конструкционных материалов с улучшенными триботехническими характеристиками. Среди таких материалов важное место занимает композиционные материалы, в которых применяются для армирования волокна или дисперсные частицы из неорганических материалов.

Однако при этом не используются отходы производства, такие как стальная стружка, которая ежегодно образуется на предприятиях Украины сотнями тысяч тонн.

Использование этого отхода машиностроения для повышения триботехнических характеристик алюминиевых сплавов представляется важным и актуальным.

Цель работы. Разработка нового конструкционного материала на основе алюминиевых сплавов, армированных твердыми включениями для повышения их эксплуатационных свойств при работе в условиях трения и изнашивания.

Исходя из этой цели, в работе были решены следующие задачи:

1. Предложено армирование литейного алюминиевого сплава стальной стружкой.
2. Выбран состав сплава и разработаны технологические режимы получения предложенного материала с заданными свойствами.
3. Изучены служебные характеристики нового материала в

зависимости от технологических параметров его получения.

4. Изучены особенности поведения армированного материала в условиях трения и изнашивания и объяснены причины повышенных триботехнических свойств этого материала.

5. Проведено опытно-промышленное опробование нового материала в условиях производства.

Научная новизна. Предложен новый конструкционный материал на основе алюминиевого сплава, защищенный авторским свидетельством.

Показано, что в процессе получения армированного материала происходит частичное растворение стружки в жидком алюминии с образованием переходного слоя. Толщина и состав этого слоя оказывают влияние на свойства материала в целом.

Установлено, что в переходном слое наблюдается повышенное содержание марганца и кремния, которые снижают вредное влияние железа в материале матрицы. По этой причине не происходит охрупчивание переходного слоя и материала в целом.

Подчеркнуто, что стальные включения в сплаве играют роль микрохолодильников, в результате чего вокруг них происходит немедленное структурирование матрицы сплава.

Выявлено, что материал, армированный стальной стружкой, имеет меньший коэффициент трения и более высокую нагрузку задиробразования в паре со стальным контртелом, чем у неармированного материала, что происходит в результате устранения очагов схватывания в процессе трения.

Объяснен механизм изнашивания армированных материалов с учетом роли стальных включений.

Практическая ценность работы. Разработана технология получения нового композиционного материала на основе литейного алюминиевого сплава, армированного стальной стружкой, использование которой позволяет получить качественный материал с заданными свойствами.

Оценены механические и триботехнические свойства нового материала и даны рекомендации о его использовании в качестве материала конкретных деталей.

Реализация работы. Результаты работы прошли промышленное опробование на заводе "Почаев" и ремонтном заводе.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались: на научно-технических конференциях в ХАДИ и ХИИТе в 1990-1992гг.; на конференции "Легированные добавки при производстве чугуна", Харьковский Дом науки и техники, 1989г.; на республиканской НТК "Увеличение срока службы изделий методами поверхностного упрочнения", г.Харьков, 1991г.; 54 НТК специалистов железнодорожного транспорта, г.Харьков, 1992г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 5 работ и получено авторское свидетельство на изобретение.

Объем работы. Диссертационная работа обстоит из введения, пяти глав и общих выводов, содержит 149 страниц основного текста, 60 рисунков, 11 таблиц, список использованных источников, включающий 74 наименования.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1. Работа при трении алюминий-сталь. Изучение причин выхода из строя корпуса подшипников распределительного вала, поршней, корпусов масляных насосов, лимитирующих моторесурс двигателей, показывает, что их разрушение происходит вследствие образования характерных задиров и натиров. Непопутный износ трущихся поверхностей происходит в результате схватывания при тепловом, абразивном и усталостном износе. Стойкость против износа зависит в данном случае от способности трущихся пар к контактному схватыванию. При этом происходит образование и разрушение точек схватывания, с наплавлением и "размазыванием" металла на трущиеся поверхности. Если не устранить условия, вызывающие процесс частичного металла, то происходит перерастание точек контакта в сплошную кон-

такга, которые значительно увеличивают коэффициенты трения и температуру в зоне трения. Развивается интенсивный износ трущихся поверхностей, вплоть до разрушения деталей.

Возникновение и развитие схватывания в зоне трения зависит от удельного давления, скорости скольжения, температуры, но в первую очередь, от характера материалов пары трения и способа упрочнения одного из них.

В связи с этим, основные недостатки пары трения алюминиевый сплав - стальное контртело состоят в следующем:

- повышенной склонности к образованию очагов схватывания в зоне трения;
- повышение температуры в зоне контакта во время перегрузок и микроплавление алюминиевого сплава, что вызывает образование натиров и заливов.

В качестве материала для изготовления корпусов подшипников распределительных валов, картеров коробов передач, корпусов маховиков и поршней двигателей внутреннего сгорания используются литейные алюминиевые сплавы, работающие в паре с деталями из стали 45, 38Х2МФА, либо из легированного серого чугуна СЧКМ.

Основными компонентами этих алюминиевых сплавов являются кремний, марганец, магний, часть из которых образуют твердые химические соединения с алюминием. Сочетание мягких и твердых структурных составляющих должно уменьшать износ и увеличивать сопротивляемость задиру трущейся пары. Однако в целом это не достигается, о чем свидетельствует преждевременный выход деталей из строя.

2.2. Повышение износостойкости литейных алюминиевых сплавов путем их армирования. Получить в одном гомогенном материале различные физико-механические свойства, например, высокую твердость в сочетании с высокой пластичностью и антифрикционными характеристиками, высокой заливостойкостью, невозможно. Однако это

может быть достигнуто в многокомпонентном гетерогенном композиционном армированном материале. В таком сплаве могут сочетаться свойства различных фаз матрицы и армирующих элементов, в результате чего наблюдается резкое улучшение эксплуатационных свойств материала в целом.

Известны следующие способы армирования:

- путем установки стальных и чугунных вставок;
- дисперсными металлическими включениями;
- дисперсными неметаллическими включениями

Функции матрицы сплава различны в волокнистых и дисперсно-упрочненных материалах.

Отличительной особенностью одноосных волокнистых композиционных материалов является анизотропия механических свойств вдоль и поперек волокон. В связи с этим, для конкретных деталей необходимо согласование поля сопротивления с полями напряжения. Для дисперсно-упрочненных композиционных материалов с хаотичным расположением армирующих включений такое согласование не требуется. Поэтому такое строение было взято за основу при разработке нового композиционного материала.

### 2.3. Материал, оборудование и методика исследований.

В качестве исходного материала матрицы были выбраны литейные алюминиевые сплавы АЛ9 и АЛ9-І (табл. I), наиболее часто используемые в практике получения армированных сплавов стальной проволокой и другими включениями. Применение этих сплавов обусловлено их широким применением и хорошими литейными свойствами.

Перед заливкой в формы сплавы подвергали модифицированию смесью фтористых и хлористых солей натрия ( $66,5\% \text{NaF} + 33,5\% \text{NaCl}$ ). Количество модификатора составляло 2% от массы жидкого металла. Выбор материала для упрочнения сплава осуществлялся, исходя из условий совместимости с материалом матрицы, доступности, низкой стоимости и недефицитности. Этим требованиям отвечает стальная стружка.

Таблица I

Химический состав использованных  
алюминиевых сплавов

Сплав	Массовая доля, %									
	основных компон.			примесей, % более						
	Mg	Si	Ti	Fe	Mn	Cu	Zn	Pb	Sn	
АЛ9-1	0,25- 0,45	7,0- 8,0	0,08- 0,15	0,3- 0,4	0,10	0,10	0,20	0,03	0,005	
АЛ9	0,25- 0,45	6,0- 8,0	-	0,5	0,5	0,20	0,30	0,05	0,01	

Большую роль для получения композита с заданными свойствами играет дисперсность стружки и ее химический состав. Для исследований были выбраны три толщины стружки 0,5; 1,0; 1,5 мм. Применение более тонкой стружки приводит к ее быстрому растворению с образованием в структуре сплава большого количества хрупких химических соединений типа  $Fe_3Al_2$ .

Во всех случаях длина дробленой стружки составляла от 10 до 12 мм.

На физико-механические свойства карбонистых сплавов, в отхода на свойства предложенного композита, большое влияние оказывает содержание в них углерода. Поэтому в работе для исследований была использована стружка сталей, содержащих широкую гамму концентраций углерода от 0,15 до 0,45 % С, с шагом 0,15 % С.

Для получения в лабораторных условиях композиционного материала на основе алюминия, применялась шахтная электрическая печь, устройства для дробления и химической очистки стружки. Размеры отливок, получаемых в разъемных металлических формах, были максимально приближены к размерам требуемых образцов для исследования.

Для исследования макро- и микроструктуры полученного композиционного материала использовались образцы, вырезанные из разных

участков отливок. Приготовление шлифов велось с использованием алмазных паст.

Для травления алюминиевого сплава применялся 10 %-ный водный раствор едкого натра. Для травления стальной стружки был применен 4-5 %-ный спиртовой раствор азотной кислоты.

Стереометрический анализ, выполненный с помощью анализатора "Эпикант", позволил определить параметры, характеризующие макроструктуру композита: длину и толщину стального включения, площадь одного включения, суммарную площадь стальных включений для последующего изучения их влияния на свойства сплава.

Исследование распределения химических элементов проводилось с использованием микрорентгеноспектрального анализа и растровой микроскопии, с целью изучения состава переходного слоя между материалом матрицы и стальной стружкой. Информация о составе переходного слоя дополнена с помощью метода обратного рассеяния протонов.

Исследование микротвердости отдельных фаз и структурных составляющих при последовательном переходе от материала матрицы, через переходной слой с включениями, к стальной стружке, проводилось на приборе ШМТ-3, в соответствии с ГОСТ 9450-76.

При исследовании триботехнических свойств на машине трения типа СМТ-2 использовалась схема "ролик-колодка" в масляной ванне, с удельным давлением  $0,7 \pm 10\%$  МПа и скоростью скольжения  $1,3 \pm 0,1$  м/с. Испытания на термическую выносливость проводили с нагревом до температуры  $300^\circ\text{C}$  при последующем охлаждении в воде. Наблюдение за состоянием поверхности образцов, зарождением и развитием микротрещин, проводилось через каждые 50 циклов.

Для уменьшения количества экспериментов, упрощения и сокращения продолжительности их проведения, получения большого объема информации, а также для обработки полученных результатов, в работе применялся метод математического планирования экспериментов с использованием ЗМ ЕС 10-22.

С целью получения данных о механических свойствах предложенных материалов, проводили испытания на сжатие, в соответствии с ГОСТ 25.503-80 и на растяжение, в соответствии с ГОСТ 1497-84.

2.4. Оптимизация состава и технологии получения композиционного материала. Из опыта получения композиционных материалов известно, что содержание армирующих включений в композите может находиться в пределах от 10 до 30 %, в зависимости от назначения материала. Анализ показал, что оптимальным является содержание стружки, равное 10 %. Более высокое содержание значительно окупает материал, чрезмерно увеличивает плотность сплава, усложняет технологию получения композиционного сплава. Меньшее количество не обеспечивает требуемого улучшения триботехнических характеристик материала.

Как показали исследования, обеспечить требуемое химическое взаимодействие двух разнородных материалов стружки и алюминия можно лишь при соблюдении того условия, что поверхность должна быть предварительно очищена от загрязнений и следов коррозии, с целью обеспечить смачивание стали алюминиевым расплавом. Поэтому необходима предварительная очистка стальной стружки от остатков СО<sub>2</sub> и следов коррозии. Это проводилось в водном растворе тринафтилфосфата и соляной кислоты. Время очистки составляло от 5 до 10 минут, в зависимости от степени загрязненности стружки, после чего стружка промывалась водой и сушилась на воздухе.

Подготовленную таким образом стальную стружку укладывали в тигель, предварительно подогретый до температуры около 100 °С для гарантированного удаления воды, оставшейся в стружке. После этого в тигель заливали модифицированный алюминиевый сплав таким образом, чтобы он полностью заполнил все промежутки между стружкой. После этого расплав перемешивали с целью удаления возможных остатков воздуха в местах скопления стружки. Далее тигель помещали в печь и нагревали. Инжекция расплава при температуре нагрева

800 ± 20 °C составляла в среднем 15 минут. Снижение температуры ниже указанного интервала вызывало ухудшение смачиваемости стружки, что приводило к нарушению сплошности композита. Увеличение температуры вызывало образование газовой пористости в полученном сплаве.

Увеличение времени выдержки стружки в расплавленном силицине, приводит к увеличению толщины переходного слоя, что вызывает чрезмерное охрупчивание материала, за счет образования большого количества соединений железа с алюминием. Уменьшение времени выдержки аналогично по действию снижению температуры расплава.

В ходе добавления алитированной стружки в расплав, последний необходимо перемешивать.

Для получения в алитированном материале деталей переходного слоя минимальной толщины, используется стальная стружка, алитированная по указанной технологии, после чего извлеченная из расплава стружка помещается в металлическую форму и заливается расплавленным алюминиевым сплавом при температуре 750 ± 50 °C.

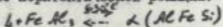
2.5. Процессы, протекающие в зоне контакта стальной стружки и материала матрицы, при получении армированного материала.

В процессе образования композиционного сплава происходит частичное растворение стальной стружки и хемосорбция на ее поверхности атомов алюминия и образование хрупкого соединения  $FeAl_3$ . Это создает условия для последующей химической реакции с образованием переходного слоя между стружкой и материалом матрицы. Рост переходного слоя идет за счет диффузии алюминия, кремния, железа и марганца.

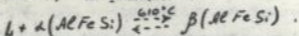
Влияние присутствия в алюминиевых сплавах одновременно железа и кремния на структуру сплава оценивалось с помощью тройной диаграммы состояния  $Al-Fe-Si$ . Показано, что в зависимости от содержания кремния и железа, из жидкого металла выпадают кристаллы твердого раствора кремния и железа в алюминии, двойного

химического соединения  $FeAl_3$  и два тройных соединения  $\alpha(AlFeSi)$  и  $\beta(AlFeSi)$ . Фаза  $\alpha(AlFeSi)$

образуется по перитектической реакции:



Фаза  $\beta(AlFeSi)$  по реакции:



В технических алюминиевых сплавах при малых концентрациях кремния и железа, по границам зерен алюминия кристаллизуются иглообразные кристаллы  $FeAl_3$ , которые выделяются из расплава как составляющие эвтектики  $\alpha(Al) + FeAl_3$ . Все указанные железосодержащие фазы снижают пластичность алюминия. Уменьшить вредное влияние этих химических соединений железа с алюминием можно путем сокращения до определенного размера толщины переходного слоя. Что и осуществилось в данной работе.

Минимальная толщина переходного слоя достигается в случае, когда алитированная стружка залита модифицированным алюминиевым расплавом.

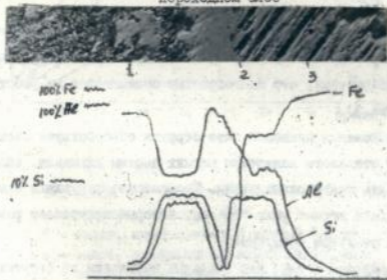
Стружка играет роль микроохлаждильников: за счет ускоренного охлаждения измельчается структура матрицы вокруг каждого стального включения. Это способствует упрочнению материала в целом.

Применение метода обратного рассеяния протонов, растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа позволило установить зависимость изменения химического состава переходной зоны между стальной стружкой и матрицей от параметров процесса. На границе между стальной стружкой и матрицей образуется соединение  $FeAlSiMn$ . Здесь содержание кремния достигает 8-9 %, что несколько выше его содержания в материале матрицы. Содержание алюминия и железа в переходном слое составляет в среднем 45 % (рис. I). Это указывает на решающую роль железа, алюминия и кремния в формировании переходного слоя. По мере сни-

жения в слое содержания железа и одновременном увеличении содержания алюминия, происходит снижение микротвердости переходного слоя.

2.6. Свойства разработанного материала. При испытании термической выносливости материала микротрещины образовывались как в матрице, так и на участках со стружкой практически одновременно. Зарождение трещин происходило в местах, наиболее обогащенных химическими соединениями железа, алюминия и кремния. Развитие термических трещин зависит от толщины стружки. Наиболее показатели термической выносливости соответствуют материалу, армированному стружкой из стали Ст.3 толщиной 0,5 мм в количестве 10 %.

Микрораспределение химических элементов в переходном слое



- 1 - матрица; 2 - переходной слой;  
3 - стальная стружка

Рис. I

Исследование триботехнических свойств в условиях трения о граничной смазкой показало, что наилучшие результаты обеспечиваются при толщине стружки равной 0,5 мм. Это подтверждается проведенными регрессионным анализом и лабораторными испытаниями (Таблица 2).

Таблица 2

Результаты триботехнических испытаний алюминиевого сплава, армированного стальной стружкой

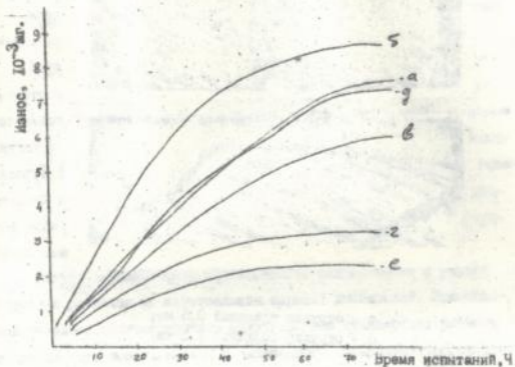
Толщина стружки, мм	0,5	1,0	1,5	неармированный сплав
Момент трения, Нм	1,5	2,5	3,0	4,25
Коэффициент трения в паре с азотированной сталью 30Х2МФА	0,14	0,24	0,29	0,38
Задиристость, Н	1950	1650	1270	600

Полученные данные показывают, что алюминиевому сплаву, армированному стружкой 0,5 мм, соответствует лучшие триботехнические характеристики, что благоприятно сказывается на работе пары трения (Рис.2).

Исследования показали, что стружка способствует съему с поверхности стального контртела мягких частиц алюминия, способных образовывать очаги схватывания. Кроме того, стружка в армированном материале играет роль барьера, который прекращает развитие натира на стальном контртеле.

Это связано с тем, что стальные включения из стружки толщиной 0,5 мм изнашиваются практически одновременно с материалом матрицы, в результате чего образуется ровная поверхность трения. С увеличением толщины включений, изнашивание материала матрицы и аматюры идет неравномерно. В результате, на поверхность трения выходят грубые стальные включения, которые вызывают сильное изнашивание контртела, играя роль "окрежков". Как и в других исследованиях, установлено, что количество стружки не должно превышать 10 % (рис.3).

Влияние толщины стружки из стали Ст.3  
в сплаве на суммарный износ пары трения



В паре с улучшенными колодками из стали 38Х2МФА:

- а - алюминиевый сплав АЛ9;
- б - сплав, армированный стружкой 1,5 мм;
- в - сплав, армированный стружкой 1,0 мм;
- г - сплав, армированный стружкой 0,5 мм

В паре с азотированными колодками из стали 38Х2МФА:

- д - алюминиевый сплав АЛ9;
- е - сплав, армированный стружкой 0,5 мм

Рис. 2

Выход стружки на поверхности трения армированного материала



а)



б)

x160

- а - стружка толщиной 0,5 мм;
- б - стружка толщиной 1,5 мм

Рис.3

Армированный материал имеет несколько худшие показатели механических свойств - предел прочности при сжатии равен 275 МПа, а при растяжении - 147 МПа, соответственно понижение на 6 и на 8 % по сравнению с неармированным материалом, при практически одинаковом относительном удлинении, равном 2 %.

#### 2.6. Опитно-промышленная проверка результатов исследования.

С целью проверки возможности использования предложенного материала для изготовления корпусов подшипников распределительных валов и поршней двигателей внутреннего сгорания, разработана технология получения указанных деталей методом литья в кокиль. Армирование поршня стальной стружкой проводилось в верхней его части, в наибольшей степени подвергающейся изнашиванию.

Применение литья в кокиль с использованием предварительно армированной стружки, позволило получить качественную заготовку поршня, изготовить детали и установить на стендовые и эксплуатационные испытания.

Армирование поверхностных слоев детали улучшило триботехнические свойства поршня и повысило срок его службы.

Корпус подшипников распределительного вала двигателя внутреннего сгорания - это тонкостенная деталь, которая подвержена повышенному износу в местах контакта со стальным валом. В данном случае в узлы трения были установлены втулки из литейного алюминиевого сплава, армированного стальной стружкой, после чего гнезда были расточены и развернуты до номинальных размеров. В собранном виде детали были установлены на двигателях. Результаты испытаний показали надежную работу пары трения.

Расчет экономической эффективности был выполнен с учетом затрат и расходов на изготовление поршней двигателей. Примененная методика соответствовала международным стандартам, расчеты показали, что использование предложенного материала обеспечивает увеличение срока службы двигателя до капитального ремонта, за счет чего экономический эффект, приведенный к одному поршню, составляет 25 руб. по ценам 1991 года.

#### ВЫВОДЫ

I: Материалы, используемые в настоящее время для изготовления пар трения "алюминиевый сплав - сталь", не обладают достаточно высоким комплексом служебных свойств (низкая задиростойкость, высокий коэффициент трения, низкая износостойкость), что вызывает образование в процессе работы задиров и натиров алюминия на стальное контртело, приводящих к выходу из строя трущихся пар. В связи с этим был предложен новый материал на основе литейного алюминиевого сплава, армированный твердыми включениями стальной стружки, позволяющий повысить износостойкость и задиростойкость

АНБ им. В. Стефанова  
АНУ

готовленных из него деталей. Проведенными исследованиями установлено, что в качестве армирующего компонента может быть использована стальная стружка, в количестве 10 % от массы сплава.

2. Составной частью процесса получения композиционного материала является адитирование стальной стружки в расплавленном алюминиевом сплаве. При этом оптимальными являются температура расплава  $800 \pm 20$  °С, время выдержки 15 мин.

3. Помещенная в расплав стальная стружка частично растворяется с образованием на ее поверхности переходного слоя. Оптимальной является толщина стружки, равная 0,5 мм. Увеличение температуры, продолжительности взаимодействия стружки с расплавленным алюминиевым сплавом, сверх оптимальных, приводит к резкому увеличению толщины переходного слоя и к охрупчиванию материала в целом.

4. Переходной слой определяет свойства материала, в том числе термическую выносливость предложенного материала. Толщина переходного слоя должна находиться в пределах от 20 до 30 мкм.

5. В процессе образования сплава <sup>происходит</sup> диффузия химических элементов, входящих в состав стружки и алюминиевого сплава. При этом кремний диффундирует из материала матрицы в переходной слой, образуя с другими элементами сложное химическое соединение системы  $Fe-Al-Si-Mn$ , которое при взаимодействии с марганцем и хромом снижает хрупкость переходного слоя.

6. Материал, армированный стружкой, обладает высокой радиростойкостью и износостойкостью, и в то же время, меньше изнашивается стальное контртело. Коэффициент трения полученного материала в паре со сталью в 1,5-2 раза ниже, чем у пары сталь - неармированный литейный сплав. Повышенные износостойкость и радиростойкость армированного материала в сочетании с низким коэффициентом трения, обусловлены размерами, количеством стружки и содержанием в ней углерода.

7. Присутствие стальной отружки в объеме материала приводит к некоторому снижению прочности сплава на 6 % - при сжатии и на 8 % предела прочности при растяжении. Относительное удлинение сохраняется практически на том же уровне - 2 %.

8. Для промышленного получения деталей из композиционного материала предпочтительным является способ литья в подогретую металлическую форму с использованием предварительно аэтированной стальной отружки. Это обеспечивает получение плотной бездефектной отливки с оптимальной толщиной переходного слоя и упрочненной зоны матрицы вокруг отружки.

9. По сравнению с сарайными поршнями и втулками из литейных алюминиевых сплавов, детали из композиционного материала, изготовленные методом литья в кокиль (поршни и втулки), показывают в 2-3 раза лучшую приработчиваемость, износостойкость и залитостойкость при равном и даже меньшем износе стального контртела.

Основные положения опубликованы в работах:


1. Выбор состава сплава и разработка способа литья из него поршней (заключительный отчет по НИР). Харьковский автомобильно-дорожный институт им. Комсомола Украины (ХАДИ). Руководитель Солнцев Л.А., 53-23-89; № IP 01.8.900 33090.-Харьков, 1990.-45 с. Исполнители: Носач А.П., Мещак А.Т., Тимофеева Л.А.

2. Носач А.П., Петриченко А.М. Повышение износостойкости литейных алюминиевых сплавов с помощью армирования стальной отружкой//Известия высших учебных заведений.-И. МВТУ им. Н.Э.Баумана, 1991.-Вып.6.-С.25-26.

3. Солнцев Л.А., Носач А.П. Композиционный материал на основе оксида алюминия//Достижения науки - народному хозяйству.-Тезисы докладов /март, сентябрь 1990г./.-Харьковский автомобильно-дорожный институт им. Комсомола Украины, 1990.-С.258-259.

4. Носач А.П., Лисконог А.И., Солнцев Л.А., Тимофеева Л.А., Носач П.И. Исследование износоустойкости алюминиевых сплавов, армированных стальной стружкой // Средства механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных и путевых работ на железнодорожном транспорте. Межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 16. - Харьков, 1991. - С. 77-81.

5. А.с. № 1744135 МКИ С 22 С 1/08, В 22 Г 3/26/ А.П.Носач, Л.А.Солнцев, Л.А.Тимофеева и А.И.Лисконог/ Заявлено 16.08.89. - опубликовано 30.06.92. - Бюл. №24.



Ответственный за выпуск  
к.т.н. Ивчук В.А.

---

Подписано к печати 23.12.1992 г.  
формат бумаги 60 x 84 1/16. Бумага для мн.к. аппаратов.  
Печать офсетная. Усл.-печ.лист.1,6. Уч.-изд.лист. 1,75  
Тираж 100. Зак. 1499р. Бесплатно.

---

Издательство ХАДН, 310078 г.ХАРЬКОВ, ул.Петровского, 25.  
Тип.ЛьвТа, 310060 г.Харьков-60, пл.Шейербаха, 7.

AB 26.517

**AB 26.517**