Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 28

Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых 15 – 16 мая 2024 г.

ЧАСТЬ II

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

Новокузнецк
2024

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук Шевченко Р.А.,
канд. техн. наук, доцент Темлянцева Е.Н.,
канд. техн. наук, доцент Баклушина И.С.,
канд. техн. наук, доцент Князькина О.В.
канд. техн. наук, доцент Кольчурина И.Ю.

Н 340 Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 15–16 мая 2024 г. Выпуск 28. Часть II. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2024. – 451 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Вторая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования, экологии, безопасности, рационального использования природных ресурсов, теории механизмов, машиностроения и транспорта, актуальных проблем строительства, стандартизациии и сертификации, управления качеством и документоведения, применения технологий бережливого производства в организациях, информационных технологий и систем автоматизации упарвления.

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный индустриальный университет, 2024

Библиографический список

1. Белов Н.А., Фазовый состав и структура силуминов / Н.А. Белов, С.В Савченко, А.В. Хван / Москва : МИСиС, 2007.– 284 с.

2. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013. – 40 с.

3. Никитин В.И. Наследственность в литых сплавах / В.И. Никитин, К.В. Никитин.– Москва : Машиностроение, 2005. – 476 с.

4. Прудников А.Н. Структурная наследственность шихты в силуминах // А.Н. Прудников // Технология металлов.– 2014.– № 3.– С. 16-22.

5. Афанасьев В.К. Влияние деформации в твердо-жидом состоянии и наводороживания шихты на свойства из алюминиевых сплавов / В.К. Афанасьев, А.Н. Прудников // Литейное производство.– 1988.– № 9.– С. 12.

6. Афанасьев В.К. Водородная хрупкость алюминия и его сплавов / В.К. Афанасьев, В.Н. Лебедев, А.А. Мельгунов / Москва : ЦНИИинформации, 1984.– 332 с.

7. Афанасьев В.К. Влияние электрохимической обработки шихты на формирование структуры алюминиевых сплавов / В.К. Афанасьев, А.Н. Прудников //В сб.: Наследственность в литых сплавах.– Самара: СамГТУ, 1993.– С. 184-185.

8. Прудников А.Н. Линейное расширение легированных и наводороженных силуминов, закристаллизованных под давлением // А.Н. Прудников // Литейное производства.– 2009.– № 2.– С. 2-4.

9. Prudnikov A.N. Production, structure and properties of engine pistons made from transeutectic deformable silumin // A.N. Prudnikov // Steel in Translation. – 2009.– Т. 39. – № 5. – С. 391-393.

УДК 669.715(043)

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СТАРЕНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО ПОРШНЕВОГО СИЛУМИНА

Рексиус В.С., Чернова А.А., Прудников А.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: *a.prudnikov@mail.ru*

Изучено воздействие термической обработки (закалки и старения) на структуру и твердость и горячедеформированной прессовки из легированного поршневого заэвтектического силумина. По результатам измерения твердости и структуре определен оптимальный временной интервал старения при температуре 190 ^{0}С, который составил 4-10 ч.

Ключевые слова: сплав, заэвтектический силумин, структура, прессовка, твердость

Резервами повышения свойств заэвтектических силуминов являются обработка расплава различными реагентами, в том числе модифицирование и рафинирование, легирование элементами (основные из которых Cu, Mg, Mn, Ni и др.) [1-5], горячая деформация металла (ковка, штамповка, прокатка и др.) и термическая обработка как заключительный этап технологического цикла получения деталей [6-8]. На стадии разработки режимов термической обработки наиболее важен этап подбора параметров температуры и времени выдержки, которые будут зависеть в первую очередь от состава заэвтектического силумина. Поэтому целью работы являлось оптимизация времени выдержки при старении закаленных прессованных заготовок из легированного поршневого заэвтектического силумина.

Для исследований был использован прессованный пруток диаметром 100 мм, полученный на Ступинском металлургическом комбинате с применением горизонтального пресса усилием 70 МН при температуре 420-450 ^{0}С из слитка полунепрерывного литья. При изготовлении слитка использовали модифицирование расплава смесью фосфида меди и оксидов никеля, бора и железа. Диаметр слитка составлял 162 мм [9]. Для проведения термической обработки прессовку распускали на образцы квадратного сечения 20 ×20 мм и длиной 100 мм. Закалку проводили в лабораторных печах типа СНОЛ 3,5.3,5.3,5/3,5-И2М., старение – в сушильном шкафу СШОЛ. Для изучения микроструктуры образцов применяли оптический микроскоп Лабомет И1, а измерение твердости проводили по методу Роквелла на твердомере ТКС-1М.

Для определения химического состава заэвтектического силумина использовали рентгенофлуоресцентный спектрометр ShimadzuXRF-1800. Результаты определения состава сплава приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав исследуемого прессованного заэвтектического силумина

Сплав	Компоненты сплава, вес. %							
	Si	Cu	Mg	Mn	Ti	Cr	Fe	Al
Al-Si-Cu	19,37	3,74	0,56	0,01	0,07	0,027	0,31	ост.

Общий вид прессовки и ее структура показаны на рисунке 1.

Видно, что в структуре прессованного полуфабриката присутствуют кристаллы первичного кремния размером 50-90 мкм, расположенные по направлению течения металла при прессовании, эвтектический кремний округлой формы и небольшие выделения фазы $CuAl_2$.

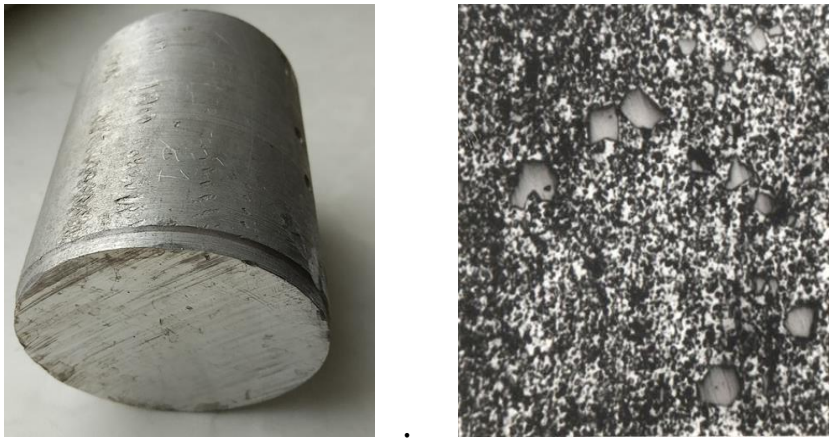
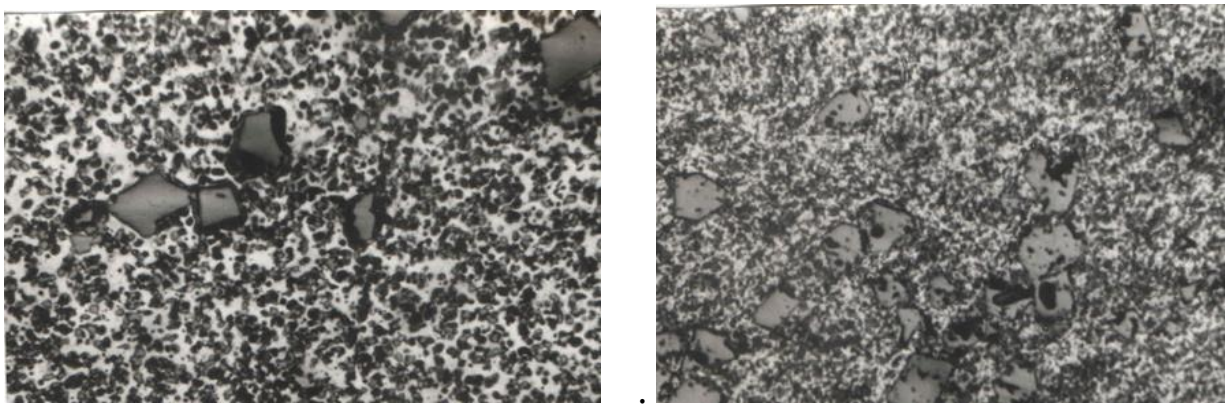


Рисунок 1 – Общий вид прессованной заготовки из эаэвтектического силумина на основе Al-20 % Si ее структура, ×100

В качестве упрочняющей термической обработки был выбран режим, рекомендованный для эвтектических поршневых силуминов по ГОСТ 1583-93, заключающийся в закалке и искусственном старении [10]. Закалка проводилась с температуры 490 ±5 ^{0}С после выдержки в течение 2 ч в холодную воду. Структура прессовки после закалки приведена на рисунке 2,а. В структуре закаленной заготовки по сравнению с горячедеформированной прессовкой отмечается увеличение объемной доли α-твердого раствора алюминия и сфероидизация эвтектического кремния.

На рисунке 2, б показана микроструктура деформированной силуминовой заготовки после закалки и старения в течения 8 ч. Видно, что последующее старение заготовок с увеличением времени выдержки при 190 ^{0}С приводит к распаду пересыщенного α-твердого раствора алюминия и выделению из него продуктов распада в виде дисперсных фаз, содержащих Si, Cu, Mg.



а б

Рисунок 2 – Микроструктура прессованной заготовки заэвтектического силумина после закалки с 490 ^{0}С, 2 ч, в холодную воду (а) и последующего старения при 190 ^{0}С в течение 8 ч, ×100

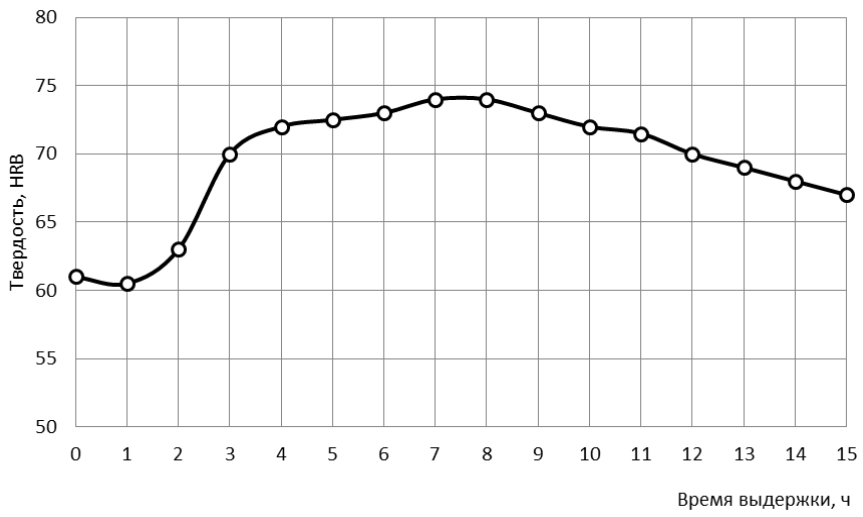


Рисунок 3 – Влияние времени выдержки при температуре старения 190 ^{0}С на твердость закаленной прессованной заготовки из заэвтектического легированного силумина

Изучение твердости прессованного полуфабриката в различных состояниях показало, что после горячего прессования величина твердости по шкале HR30T (Супер-Роквелл) составляет в среднем 42 единицы. После закалки в воду с температуры 490 ^{0}С значения твердости увеличиваются на 30 %, до величины 60 HRB.

Результаты определения твердости силуминовых заготовок в зависимости от времени старения при температуре 190 ^{0}С в интервале от 1 до 15 ч приведены на рисунке 3. Установлено, что максимальное повышение твердости прессовок после закалки и старения составляет более 23 % по сравнению с закаленным состоянием и более чем в 1,7 раза по сравнению с горячедеформированными заготовками.

Таким образом, установлен оптимальный интервал времени старения при температуре 190 ^{0}С прессованных прутков из заэвтектического легированного силумина после закалки с 490 ^{0}С в воду равный 4-10 ч, позволяющий повысить твердость на более чем в 1,7 раза по сравнению с горячедеформированным состоянием.

Библиографический список

1. Строганов Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г.Б. Строганов, В.А. Ротенберг, Г.Б. Гершман. – Москва: Металлургия, 1977. – 271 с.

2. Прудников А.Н. Структурно-технологические основы разработки прецизионных силуминов с регламентированным содержанием водорода / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.09 / НГТУ, Новосибирск, 2013. – 40 с.

3. Прудников А.Н. Структура и свойства жаропрочного силуминового поршня/ А.Н. Прудников // Изв. ВУЗов. Черная металлургия.– 2009.– № 8.– С. 28-30.

4. Prudnikov A.N. Formation of eutectic structure in Al-20% Si alloy during

crystallization / A.N. Prudnikov // Металлургия машиностроения. – 2009. – № 4 –С. 10-13.

5. Прудников А.Н. Роль условий кристаллизации в формировании структуры и свойств слитков и поковок из заэвтектических силуминов / А.Н. Прудников // Материаловедение. – 2014. – № 1. – С. 10-13.

6. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклической ковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.–С.14 - 20.

7. Панов Е.И. Влияние поперечно-винтовой прокатки на структуру и свойства заэвтектических силуминов / Е.И. Панов, Г.И. Эскин // МиТОМ.– 2004.– № 9.– С. 7-13.

8. Прудников А.Н. Получение прессованных заготовок из заэвтектического силумина и их свойства / А.Н. Прудников, В.А. Прудников // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2018.–Т. 5.– № 1-2.– С. 126-131.

9. Прудников А.Н. Структура и свойства жаропрочного силуминового поршня/ А.Н. Прудников // Изв. ВУЗов. Черная металлургия.– 2009.– № 8.– С. 28-30.

10. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия: межгосударственный стандарт.– Москва: ИПК Издательство стандартов, 2003.–29 с.

УДК 621.7

МЕХАНИЗМ ИЗНАШИВАНИЯ НАКОНЕЧНИКОВ РЫХЛИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ

Киселев П.В.[1], Лопатина А.О.[1], Борщевский А.К.[2], Князев С.В.[1], Усольцев А.А.[1]

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

[2]Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г.Красноярск, e-mail: krookia@mail.ru

Были проанализированы механизм изнашивания коронок рыхлителя и определены требования к их физико-механическим и эксплуатационным свойствам, сделан обзор материалов для эффективных для использования при данных механизмах изнашивания и технологии изготовления методом литья.

Ключевые слова: коронка рыхлителя, сталь, износ, износостойкость, разрушение, легирование.

Рыхлители - являются навесным рабочим оборудованием и предназначены для предварительного рыхления плотных, каменных или мерзлых грунтов для облегчения работы землеройно-транспортных машин.

СОДЕРЖАНИЕ

I МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ *2*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ СПЛАВА АК12
Закирова Г.К, Прудников А.Н. *3*

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ОТЖИГА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 20
Закирова Ш.К. Прудников А.Н. *7*

ВЛИЯНИЕ ТИПА ШИХТЫ И ЕЕ ПОДГОТОВКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОТЛИВОК ИЗ МЕДИСТОГО СИЛУМИНА
Рексиус В.С., Кодиров А.А., Прудников А.Н. *11*

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА СТАРЕНИЯ ПРЕССОВАННЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО ПОРШНЕВОГО СИЛУМИНА
Рексиус В.С., Чернова А.А., Прудников А.Н. *14*

МЕХАНИЗМ ИЗНАШИВАНИЯ НАКОНЕЧНИКОВ РЫХЛИТЕЛЕЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ СВОЙСТВАМ
Киселев П.В., Лопатина А.О., Борщевский А.К., Князев С.В., Усольцев А.А. *18*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЦИКЛОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНОК РЫХЛИТЕЛЕЙ
Киселев П.В., Григорьевская Е.Е, Князев С.В., Усольцев А.А. *23*

ВЫБОР ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОРОНОК РЫХЛИТЕЛЕЙ
Киселев П.В., Поливко А.С., Князев С.В., Усольцев А.А. *28*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНОГО АЛЮМИНИЯ
Киселев П.В., Маракулина М.Ю., Григорьевская Е.Е., Усольцев А.А., Князев С.В. *33*

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ
Маракулина М.Ю., Киселев П.В., Бурков В.А., Князев С.В. *38*

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ ТЭЦ
Маракулина М.Ю., Киселев П.В., Бурков В.А., Князев С.В. *41*

ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ
Маракулина М.Ю., Киселев П.В., Бурков В.А., Князев С.В. *44*

СЭМ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В НАПЛАВЛЕННОМ СЛОЕ, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ШЛАКА СИЛИКОМАРГАНЦА
Михно А.Р., Сычев А.А., Жуков А.В., Перов С.С., Растимешин Е.М., Крюков Р.Е. *49*