

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НАСЫЩАЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ

**А. М. Гурьев<sup>1, 2</sup>, С. А. Иванова<sup>1</sup>, Е. А. Кошелева<sup>1</sup>, Мэй Шунчи<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,  
г. Барнаул, Россия

<sup>2</sup> Уханьский текстильный университет, г. Ухань, КНР

Исследован фракционный состав смесей для диффузионного упрочнения стальных деталей и инструмента.

**Ключевые слова:** упрочнение поверхности, диффузия, сталь, борирование, повышение ресурса

## RESEARCH OF FRACTIONAL COMPOSITION THE SATURATION MIXES FOR THE CHEMICAL HEAT TREATMENT OF STEEL

**A. M. Guriev<sup>1, 2</sup>, S. A. Ivanova<sup>1</sup>, E. A. Kosheleva<sup>1</sup>, Mei Shunchi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Altai State Technical University, Barnaul, Russia

<sup>2</sup> Wuhan Textile University, Wuhan, China

Fractional composition of mixes for diffusion hardening of steel details and the tool is investigated.

**Keywords:** surface hardening, diffusion, steel, boriding, increasing resource

Исследован фракционный состав смесей для диффузионного упрочнения стальных деталей и инструмента, приготовленных при помощи планетарной мельницы, следующего состава, мас. %:

80%В<sub>4</sub>С+2%NaF+18%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (№ 1) [1 – 6]

80%В<sub>4</sub>С+2%NaF+10%Cr+8% Ti (№ 2). [1 – 6]

Изображения полученных порошковых смесей приведены на рисунке 1.

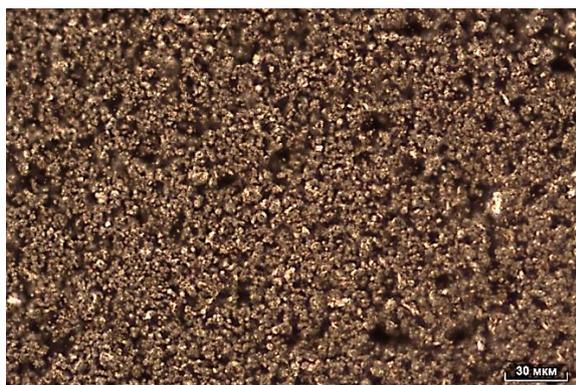
При анализе данных изображений по методикам [14 – 22], установлено, что смесь № 1 имеет выраженный двухфазный состав, при этом фазы также различаются и по фракциям. Смесь № 2 не имеет четко выраженных фаз и более равномерна в плане фракционного состава. Результаты анализа фракционного состава смесей представлены в таблице 1.

При этом каждая фракция также была проанализирована по своему фракционному составу и фактору формы (рисунки 2 – 3). Фактор формы – показатель, характеризующий степень глобулярности частиц: чем бли-

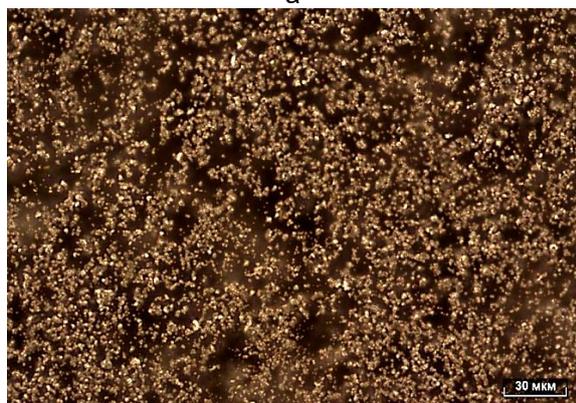
же этот показатель к 1, тем совершеннее форма частицы по отношению к шару.

Таблица 1

Свойство	Значение		
	Смесь № 1		Смесь № 2
	Фракция 1	Фракция 2	
Число объектов в поле зрения	4936	18170	327645
Объемная доля, %	25,7	74,3	100
Плотность, шт./мм <sup>2</sup>	85969	316461	862827
Среднее расстояние, мкм	3,41	1,78	1,4
Анизотропия	1,01	1,01	1,04

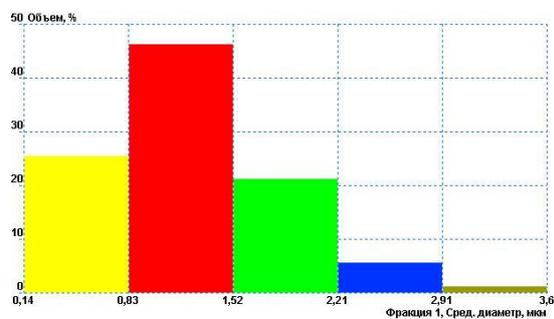


а

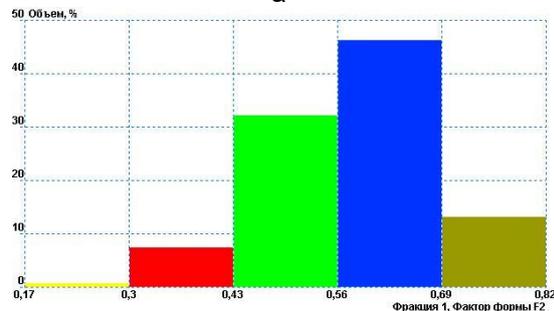


б

Рисунок 1 – Микроизображение порошковых смесей: а) смесь № 1, б) смесь № 2

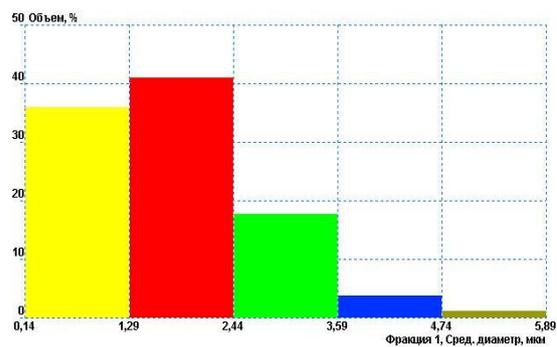


а

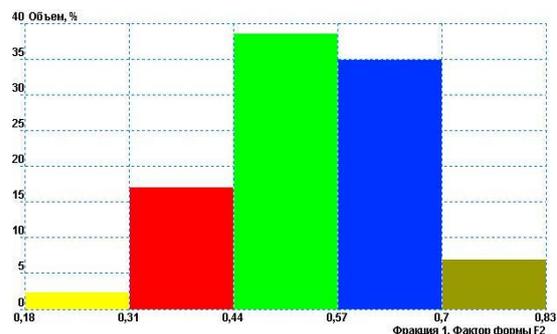


б

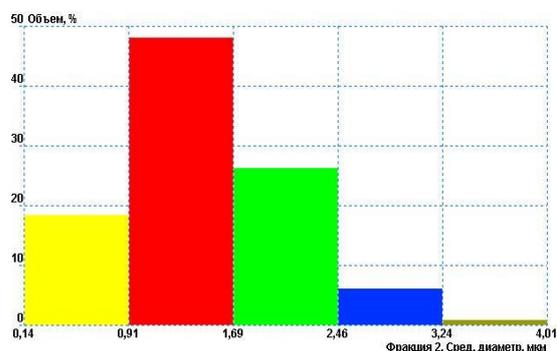
Рисунок 3 – Оценка размеров и фактора формы частиц фаз (фракций) насыщающей смеси № 2: а) распределение частиц по среднему диаметру, б) распределение частиц по фактору формы



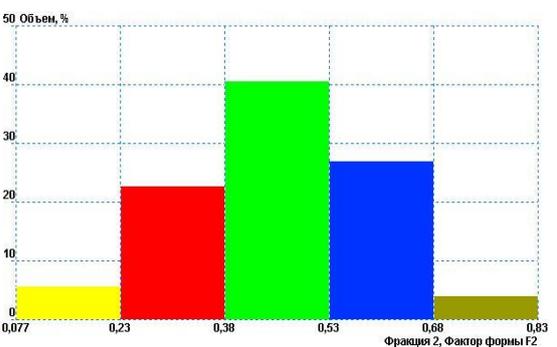
а



б



в



г

Рисунок 2 – Оценка размеров и фактора формы частиц фаз (фракций) насыщающей смеси № 1: а, в) распределение частиц соответственно фазы 1 и 2 по среднему диаметру; б, г) распределение частиц соответственно фазы 1 и 2 по фактору формы

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА НАСЫЩАЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ

Как видно из представленных рисунков, средний диаметр основной массы частиц полученных смесей составляет 1,5 – 2 мкм. Фактор формы частиц укладывается в промежутки от 0,4 до 0,7, что соответствует преимущественно вытянутой (цилиндричной либо веретенообразной) их форме. При этом, добавка хрома и титана наряду с исключением оксида алюминия приводит к однофазному составу и более равномерному фракционному составу насыщающей смеси.

### Список литературы

1. Лыгденов, Б.Д. Термоциклирование. Структура и свойства / Лыгденов Б.Д., Хараев Ю.П., Грешилов А.Д., Гурьев А.М. - Барнаул, 2014. – 252 с.
2. Гурьев, А.М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г., Хараев Ю.П., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Гурьева О.А., Колядин А.А., Попова О.В. // Ползуновский вестник. - 2005. - № 2-2. - С. 36-43.
3. Лыгденов, Б.Д. Влияние состава насыщающей среды на структуру и свойства диффузионного слоя при титанировании сталей / Лыгденов Б.Д., Гурьев А.М. // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2000. - Т. 43. - № 11. - С. 269.
4. Иванов, С.Г. Комплексное насыщение сталей бором и хромом – борохромирование / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. // Ползуновский альманах. - 2008. - № 3. - С. 53.
5. Иванов, С.Г. Особенности приготовления насыщающих смесей для диффузионного борохромирования / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Старостенков М.Д., Иванова Т.Г., Левченко А.А. // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2014. - Т. 57. - № 2. - С. 116-118.
6. Власова, О.А. Повышение прочности диффузионных карбоборидных покрытий термоциклированием в процессе их получения / Власова О.А., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М. // В сб.: Наука и молодежь - 2007 (НИМ - 2007) Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Наука и молодежь - 2007" (НИМ-2007). - 2007. - С. 110-112.
7. Иванов, С.Г. Фазовые превращения и структура комплексных боридных покрытий / Иванов С.Г., Гармаева И.А., Андросов А.П., Зобнев В.В., Гурьев А.М., Марков В.А. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 106-108.
8. Гурьев, А.М. Структура и свойства упрочненных бором и бором совместно с титаном поверхности штамповых сталей 5ХНВ и 5Х2НМВФ / Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Долгоров А.А. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2010. - Т. 7. - № 1. - С. 27-31.
9. Гурьев, А.М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / Гурьев А.М., Ворошнин Л.Г., Хараев Ю.П., Лыгденов Б.Д., Земляков С.А., Гурьева О.А., Колядин А.А., Попова О.В. // Ползуновский вестник. - 2005. - № 2-2. - С. 36-43.
10. Гурьев, А.М. Распределение атомов бора и углерода в диффузионном слое после борирования стали 08кп / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Мосоров В.И., Инхеев Б.С. // Современные наукоемкие технологии. - 2006. - № 5. - С. 35-36.
11. Гурьев, А.М. Особенности формирования диффузионного слоя при термоциклическом борировании углеродистой стали / Гурьев А.М., Козлов Э.В., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. // В кн.: Эволюция дефектных структур в конденсированных средах.: Сб. тезисов докладов 5-ой Международной школы-семинара. - 2000. - С. 149-150.
12. Гурьев, М.А. Упрочнение литых деталей поверхностным легированием / Гурьев М.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М. // В сб.: Проблемы и перспективы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств: Гурьев А.М., Марков В.А.: Сб. научн. трудов X междунар. научно-практич. конф. - Барнаул, 2009. - С. 40-46.
13. Кошелева, Е.А. Технология многокомпонентного диффузионного упрочнения поверхности деталей машин и инструмента для энергетического машиностроения / Кошелева Е.А., Иванов С.Г., Нестеренко Е.А., Гурьев М.А., Земляков С.А., Власова О.А., Иванов А.Г. // Ползуновский вестник. - 2010. - № 1. - С. 106-113.
14. Kazakov, A. Characterization of Semi-Solid Materials structure \ Kazakov A., Luong N.H. // Materials Characterization 2001, pp. 191-196.
15. Kazakov, A. A. Thixomet Image Analyzer for Characterization of 2D and 3D Materials Structure / Kazakov, A. A.; Luong, N. H.; Kazakova, E. I.; Zorina, E. M. // Understanding Processing, Structure, Property and Behavior Correlations: Proceedings of the 32nd Annual Convention of the International Metallographic Society Held 31 October to 3 November, 1999 in Cincinnati, Ohio ASM International, 27; - 133-142
16. Казаков, А.А. Оценка качества микроструктуры тиксотропных материалов. Часть 1 / Казаков А.А., Казакова Е.И., Геллер Г.В. // Цветные металлы. – 2007 - № 10.
17. Казаков, А.А. Оценка качества микроструктуры тиксотропных материалов. Часть 2 / Казаков А.А., Казакова Е.И., Геллер Г.В. // Цветные металлы. – 2007. - № 12.
18. Казаков, А.А. Разработка методики количественной оценки микроструктурной полосчатости низколегированных трубных сталей с помощью автоматического анализа изображений / Казаков А.А., Киселев Д.В., Андреева С.В., Чигинцев Л.С., Головин С.В., Егоров В.А., Марков С.И. // Черные металлы. – 2007. - № 7-8.
19. Патент РФ №2449055. Способ исследования структуры трубных сталей.
20. Лясников, В.Н. Перспективные материалы. Учебное Пособие. Том V. / Лясников В.Н., Казаков А.А., Киселев Д.В., и др.; Под ред. Д.Л. Мерсона. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013.
21. Казаков, А.А. Исследование природы неметаллических включений в стали с помощью ав-

томатического анализатора частиц. А.А. Казаков, Д.А. Любченко, С.В. Рябошук, Л.С. Чигинцев // Черные металлы. – 2014. - № 4.

22. Казаков, А.А. Разработка количественных методов оценки структуры доэвтектических силицидов для прогнозирования их механических свойств / А.А. Казаков, Д.В. Киселев, А.А. Кур, Е.Б. Лазутова // Цветные металлы. – 2014 - № 4.

23. Иванов, С.Г. Исследование зависимости морфологии диффузионных боридных покрытий на углеродистых сталях от состава и фракции насыщающей смеси / Иванов С.Г., Куркина Л.А., Грешилов А.Д., Гурьев А.М. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2012. - Т. 9. - № 4. - С. 556-559.

24. Лыгденов, Б.Д. Исследование фазового состава и дефектного состояния градиентных структур борированных сталей 20Л, 45, 55 и 5ХНВ / Лыгденов Б.Д., Гармаева И.А., Попова Н.А., Козлов Э.В., Гурьев А.М., Иванов С.Г. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2012. - Т. 9. - № 4-2. - С. 681-689.

25. Иванов, С.Г. Исследование процессов диффузионного насыщения сталей из смесей на основе карбида бора / Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Власова О.А., Гурьев М.А. // Современные наукоемкие технологии. - 2008. - № 3. - С. 33.

26. Иванов, С.Г. Оценка скорости диффузии бора и хрома при различных режимах диффузионного упрочнения поверхности стали Ст3 / Иванов С.Г., Гармаева И.А., Гурьев А.М. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2012. - Т. 9. - № 2. - С. 248-251.

27. Иванов, С.Г. Влияние добавок легирующих элементов в обмазку на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного насыщения стали / Иванов С.Г., Гурьев М.А., Иванов А.Г., Гурьев А.М. // Современные наукоемкие технологии. - 2010. - № 7. - С. 170-172.

28. Кошелева, Е.А. Разработка технологии диффузионного упрочнения поверхности стальных деталей и инструмента / Кошелева Е.А. // Ползуновский альманах. - 2010. - № 1. - С. 95-101.

29. Гурьев, А.М. Теория и практика получения литого инструмента / Гурьев А.М., Хараев Ю.П. - Барнаул, 2005. – 220 с.

30. Гармаева, И.А. Исследование влияния различных факторов при борировании на механические свойства стали с применением математической модели / Гармаева И.А., Лыгденов Б.Д., Гурьев А.М., Власова О.А. // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2008. - № 10. - С. 30-32.

31. Бутуханов, В.А. Исследование процесса диффузионного насыщения в смеси, содержащей оксид ванадия и алюминий / Бутуханов В.А., Грешилов А.Д., Лыгденов Б.Д., Отхонсо Г. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 51-55.

32. Гурьев, М.А. Анализ влияния природы легирующих элементов в высоколегированных сталях на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного борирования / Гурьев М.А., Гурьев А.М., Иванов А.Г., Иванов С.Г. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. № 5. С. 155-157.

33. Гурьев, А.М. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом борировании феррито-перлитной стали / Гурьев А.М., Козлов Э.В., Жданов А.Н., Игнатенко Л.Н., Попова Н.А. // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2001. - № 2. - С. 58.

34. Гурьев, А.М. Совершенствование технологии химико-термической обработки инструментальных сталей / Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Власова О.А. // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). - 2009. - № 1. - С. 14-15.

35. Лыгденов, Б.Д. Интенсификация процессов формирования структуры диффузионного слоя при химико-термической обработке сталей / Лыгденов Б.Д. // дисс. на соиск. уч. степ. доктора техн. наук / ГОУ ВПО "Алтайский государственный технический университет". - Барнаул, 2009.

36. Гурьев, А.М. Механизм образования боридных игл при диффузионном комплексном борировании из насыщающих обмазок. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Грешилов А.Д., Земляков С.А. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2011. № 3. С. 34-40.

37. Гурьев, М.А. Технология нанесения многокомпонентных упрочняющих покрытий на стальные детали / Гурьев М.А., Фильчаков Д.С., Гармаева И.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М., Околович Г.А. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 73-78.

38. Guriev, A.M. Transition zone forming by different diffusion techniques in borating process of ferrite-pearlite steels under the thermocyclic conditions / Guriev A.M., Kozlov E.V., Lygdenov B.D., Kirienko A.M., Chernyh E.V. // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2004. - Т. 1. - № 2. - С. 54-60.

39. Власова, О.А. Оптимизация многокомпонентной химико-термической обработки стали 30X / Власова О.А., Иванов С.Г., Гурьев А.М., Кошелева Е.А., Чех С.А. // Современные наукоемкие технологии. - 2008. - № 3. - С. 32.

40. Мосоров, В.И. Исследование фазового состава и дислокационной структуры борированной стали 55Л / Мосоров В.И., Грешилов А.Д., Лыгденов Б.Д. // Ползуновский вестник. - 2012. - № 1-1. - С. 206-208.

41. Гурьев, М.А. Перспективные методы получения упрочняющих покрытий / Гурьев М.А., Кошелева Е.А., Гурьев А.М., Лыгденов Б.Д., Галаа О. - Барнаул, 2016. - 182 с.: ил.

**Гурьев Алексей Михайлович**<sup>1,2</sup> – д. т. н., профессор

**Иванова Светлана Александровна**<sup>1</sup> – аспирант  
**Кошелева Елена Алексеевна**<sup>1</sup> – к. т. н., доцент  
**Мэй Шунчи**<sup>2</sup> – профессор

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия

<sup>2</sup>Уханьский текстильный университет, г. Ухань, КНР