

**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ**

На правах рукописи

ФАЗИЛЬ САДИ ОГЛЫ ОРУДЖЕВ

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ
ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
В СУДОСТРОЕНИИ**

3319.03-«Технология судостроения и судоремонта»

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике**

БАКУ – 2014

Работа выполнена в Азербайджанской Государственной Морской Академии

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Баширов Р.Дж.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Мамедов А.Т.
кандидат технических наук, доцент
Кулиев А.А.

Ведущее предприятие: **Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет** (кафедра «Металловедение и механика машин»)

Защита состоится **06** июня 2014 года в **15⁰⁰** часов на заседании разового диссертационного совета при Азербайджанской Государственной Морской Академии.

Адрес: AZ 1000, г.Баку, ул. З.Алиевой, 18

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанской Государственной Морской Академии.

Автореферат разослан 02 мая 2014 г.

Ученый секретарь разового диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Искендеров А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Ускорение научно-технического прогресса тесно связано с развитием материаловедения как науки и технологии получения материалов и изделий на их основе, обеспечивающих надежность и высокую работоспособность механизмов, машин, приборов и другой техники.

Разнообразие материалов, применяемых в узлах машин и механизмов, позволяет обеспечивать гибкость производства как самих материалов, так и деталей из них при отсутствии какого-либо компонента или оборудования, необходимого для синтеза конкретной марки. Между тем наличие широкого ассортимента материалов также позволяет выбрать материал в зависимости от его назначения и требований конкретного узла.

В то же время приоритетным направлением создания новых материалов является максимальное использование в их составе промышленных отходов и недефицитных компонентов. В этом аспекте большая роль принадлежит порошковой металлургии как технологии, обеспечивающей почти безотходность производства, позволяющей максимальное использование отходов и недефицитных компонентов и получение материалов с мелкозернистой структурой и необходимыми свойствами.

Ежегодное увеличение объема производства деталей, получаемых методом холодной деформации из трудно деформируемых конструкционных материалов высокой прочности, вязкости и изнашивающей способности обуславливает создание специальных сталей для режущих и направляющих деталей вырубных штампов с высокими эксплуатационными свойствами. Эффективное решение этих задач во многом определяет производительность труда при штамповке, возможность рентабельной механизации и автоматизации штамповочного производства.

Целью работы является разработка технологии получения порошковых штамповых сталей для холодного деформирования, исследование их структуры и свойств, а также оценка эксплуатационных характеристик.

В соответствии с поставленной целью работы сформулированы следующие основные задачи:

1. Получение из стружки штамповой стали порошка путем ее очистки от сож в мешалке с использованием действия ультразвука.

2. Разработка технологии получения штамповой стали для холодного деформирования из стружки и определение ее свойств.

3. Исследование процесса холодного прессования порошков штамповых сталей в условиях сдвиговых деформаций и путем уменьшения их относительной насыпной плотности.

4. Изучение температурного интервала деформирования порошковых штамповых сталей, полученных по технологиям порошковой металлургии и струйного формования.

5. Разработка системы проектирования технологических режимов горячего изостатического прессования (ГИП) штамповых сталей.

6. Разработка порошковых штамповых сталей для холодного деформирования и изучение их сопротивляемости высокотемпературному деформированию при высокоскоростном нагружении.

Методы исследования и достоверность результатов. Поставленные в работе задачи решались на основе теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях. При обработке результатов проведенных экспериментов был использован метод наименьших квадратов и пассивных экспериментов.

Достоверность полученных результатов подтверждается экспериментальными исследованиями, где использованы современные приборы и средства измерения, установки и оснастки.

Научная новизна. Путем построения диаграмм деформирования и при помощи теории пластичности пористых материалов определены действительные механические свойства стандартной (литой) и спеченной штамповой стали. Показана применимость указанной теории для материалов с крупной структурной пористостью.

Установлено количественное расхождение кривых сжатия и растяжения, обусловленные наличием обособленных неметаллических включений и неплотностью микроструктуры, рассматриваемых как начальная пористость.

Определен температурный интервал деформирования порошковых штамповых сталей. Установлено, что при скоростях дефор-

мирования ($\varepsilon = 5 - 65c^{-1}$) в процессах обработки давлением при субкритических температурах (от $0,75 A_{C_1}$ до A_{C_1}) возможна пластическая деформация в порошковых штамповых сталях.

Практическая ценность. Разработана система проектирования технологических режимов горячего изостатического прессования порошковых штамповых сталей. Определены основные марки порошковых штамповых сталей для холодного деформирования, которые являются наиболее износостойкими при работе под динамическими нагрузками.

Установлено, что эффективность использования порошковых материалов для изготовления режущих деталей штамповой оснастки зависит не только от их физическо-механических свойств, но и от точности и жесткости системы штамп-пресс.

Использование порошковой стали марки Х12Ф3М в качестве материала для изготовления режущих деталей вырубных штампов, работающих в условиях знакопеременных и ударных нагрузок, позволило на 10-15% увеличить уровень механических свойств инструмента по сравнению с инструментом из литой стали.

Результаты работы нашли практическое апробирование на судоремонтных заводах при производстве штамповой оснастки и различных деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы обсуждены и одобрены на:

1.13-ой Международной научно-практической конференции «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано-до макроуровня», проведенной 12-15 апреля 2011 года в г. Санкт-Петербурге.

2.31-ой ежегодной международной научно-практической конференции, 2011 год, г. Ялта.

3. Научно-технической конференции, 2012, г. Одесса.

4. Расширенном научном семинаре кафедры «Судостроение и судоремонт» Азербайджанской Государственной Морской Академии.

Публикация работы. Основное содержание работы опубликовано в 9 работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованных литератур и приложения. Диссертация изложена на 150 страниц компьютерного текста, содержит 49 рисунков, 19 таблиц, 138 наименований литературных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы и формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ литературы по проблемам использования порошковых штамповых сталей в судостроении и судоремонте.

Проведенный литературный анализ показал, что большинство штампов для холодного деформирования изготавливают из полутеплостойких сталей, легированных в основном хромом, ванадием и молибденом. Эти стали в основном производятся различными приемами плавления с последующей дополнительной обработкой литой заготовки.

Основными причинами выхода из строя тяжело нагруженных штампов холодной листовой штамповки являются преждевременный износ, смятие, а также выкрашивание, связанное с недостаточным сопротивлением хрупкому разрушению материала режущих деталей.

Кроме того, характер распределения и дисперсность избыточных карбидов в них также оказывают большое влияние на разрушение и интенсивность износа режущих кромок в тяжело нагруженных вырубных штампах. Это объясняется в основном возникновением при нагружении локальных пиков напряжений у крупных частиц, по мере ухудшения их распределения, снижается сопротивление сталей усталостной поврежденности и приводит к ускоренному разрушению.

Таким образом, можно заключить, что главной причиной преждевременного выхода штампов из строя по вине материала является карбидная неоднородность, крупный бал, т.е. зернистость карбидов, наличие грубых выделений неметаллических включений, а также сильно выраженная гетерогенность структуры стали. Эти недостатки в значительной степени можно устранить применением

технологии порошковой металлургии в производство штамповых сталей различного назначения.

При этом для снижения себестоимости производства порошковых штамповых сталей успешно можно использовать стружковые отходы этих сталей. Превращая стружку, образованную при механической обработке заготовок штамповых сталей, в порошок в дальнейшем можно его компактировать как холодным прессованием, так и высокоэффективными методами холодного и горячего компактирования доводя до беспористого состояния. В перспективе этот подход успешно может конкурировать традиционным производством порошковых штамповых сталей.

Во второй главе представлены результаты разработки технологии получения порошков штамповых сталей из стружковых отходов.

Выполнены лабораторные исследования очистки стружки штамповой стали от СОЖ в среде тетрахлорэтилена без и с применением ультразвука. Установлено преимущество ультразвука при очистке стружки от СОЖ, основным компонентом которой является машинное масло. Этот способ можно рекомендовать для очистки стружки в промышленных условиях интенсивность действия ультразвука и время очистки будут зависеть от формы и размеров моечной ванны а также от количества загружаемой стружки.

Показана возможность непосредственной переработки мелкой стружки штамповой стали методами порошковой металлургии, включающими предварительное формование и экструзию с последующей термообработкой. Разработанная технология позволяет обеспечить получение спеченной стали со свойствами, соответствующему стандарту.

Отжиг и термообработку спеченной стали осуществляли по таким же режимам, как для стандартной стали Х12М. Свойства полученной стали приведены в табл. 1. Как видим, твердость стандартной и спеченной сталей почти одинакова. Однако наблюдается более равномерное распределение карбидной фазы и преимущественная их дисперсность.

Особый интерес представляло изучение действительных механических свойств сталей после отжига. С этой целью из стандартной и спеченной сталей изготавливали: цилиндрические образцы на сжатие ($d=10\text{мм}$, $h=15\text{мм}$) и растяжение ($d=6\text{мм}$,

$\ell = 30\text{мм}$); плоские образцы на сжатие ($b=20\text{мм}$, $h=2\text{мм}$) в условиях плоской деформации.

Из спеченной стали (статическое прессование стружки с последующим спеканием при $1150-1200^{\circ}\text{C}$ в течение $3,5\div 4,0\text{г}$) пористостью 10;20 и 30% были изготовлены только цилиндрические образцы на сжатие ($d=15\text{мм}$, $h=20\text{мм}$), которые предназначались для построения диаграммы деформирования металлической матрицы образцов на основе теории пластичности пористых материалов.

Общая технологическая схема приведена на рис. 1.



Рис. 1. Технологическая схема получения штамповой стали из стружки

Некоторые свойства штамповой стали X12M

Наименование стали	Степень обжатия	Плотность, г/см ³	Твердость отожженный стали			Твердость после закалки и отпуска		Балл зерна аустенита
			HB, МПа	HRC	H _n , МПа	HRC	H _n , МПа	
Литая (стандартная)		7,82	2290	15-17	2310	60-62	8500	10-9
Спеченная	22	7,57	2299	14-16	2310	60-62	8600	10-9
	44	7,62	2299	14-16	2310	60-62	8500	10-11-9
	66	7,8	2410	16-18	2420	61-63	8600	10-11-9

Путем построения диаграмм деформирования и при помощи теории пластичности пористых материалов определены действительные механические свойства стандартной (литой) и спеченной (экструдированной) стали. Показана применимость указанной теории для материалов с крупной структурной пористостью.

Установлено количественное расхождение кривых сжатия и растяжения, обусловленное наличием обособленных неметаллических включений и несплошностью микроструктуры, рассматриваемых как начальная пористость.

Третья глава посвящена вопросам формования, определения температурного интервала порошковых штамповых сталей и повышения формуемости их порошков.

Исследование процесса формования стружковых порошков штамповых сталей с применением сдвиговых деформаций показало возможность их обработки в холодном состоянии (рис.2). При этом пористость после прессования и спекания, способствующего дополнительному уплотнению заготовки, не превышает 2,5%.

Применение при прессовании схем деформации с контролируемым течением уплотняемого материала обеспечивает получение заготовок с плотностью, близкой к теоретической.

Рис. 2. Схемы деформирования стружковых порошков штамповой стали Х12М:

1-кольцевая обойма; 2-нижний боек; 3-порошок; 4- верхний боек; 5- деформирующий инструмент.

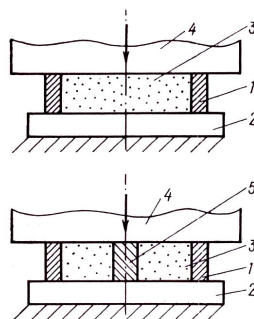
Внешний вид исходного порошка исследовали с помощью стереоскопического микроскопа МБС-1, микроструктуру - на микроскопе «Неофот-2». Частицы порока имеют в основном сферическую форму (рис. 3,а) и мелкодисперсную структуру (рис. 3,б). Микротвердость достигает 8500, а после отжига снижается до 3700МПа.

После холодного прессования в результате приложенного усилия и сдвигах деформаций форма частиц изменяется; наблюдаются значительные деформации материала в объеме частиц (рис. 3,в). Микроструктура образца после прессования и спекания представлена на рис. 4.

Рассмотрены технологические процессы производства заготовок из штамповых сталей марок Х12, Х12М и Х12МФ. Проведено сравнение свойств заготовок из высоколегированных инструментальных сталей, полученных методами традиционной металлургии, порошковой металлургии и струйного формования.

При обычных условиях холодного формования (давление 600-800МПа, жесткая неразборная пресс-форма, двухстороннее прессование, смазка-стеарат цинка) предельное значение относительной насыпной плотности, при которой можно получать достаточно прочные заготовки из порошков штамповой стали составляет 0,45. Из порошков с ОНП ниже 0,45 можно сформировать прессовки с достаточным уровнем технологичности.

Этот результат хорошо согласуется с предельным значением ОНП, равным 0,42, полученным экстраполяцией зависимости прочности прессовок от ОНП порошков железа различного производства. ОНП на уровне 0,45 может служить технологическим критерием пригодности порошков штамповой стали для обычного прессования.



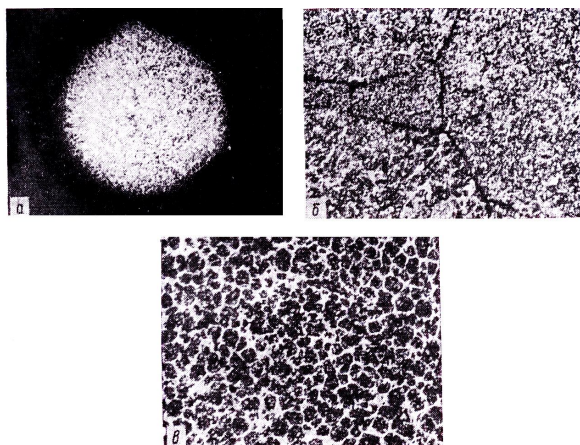


Рис. 3. Форма частиц и микроструктура стружковых порошков штамповой стали X12M после измельчения (а), в исходном состоянии, (б) и после холодного прессования (в): увеличение: 100 (а) и 500 (б,в)

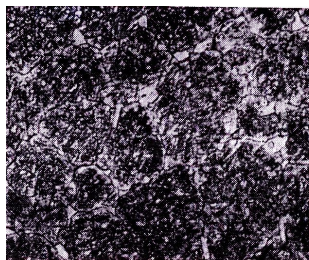


Рис. 4. Микроструктура частиц стружкового порошка штамповой стали X12M после холодного прессования и спекания: X500

Однако эта величина не является константой порошка, поскольку изменения условий формования (например, другая смазка, более эффективное использование активных сил трения, разборная пресс-форма) могут незначительно увеличить допустимую величину ОНП. Предложенный критерий можно использовать для предварительной оценки пригодности порошка для обычных условий холодного прессования и прокатки.

Определены оптимальные температуры деформирования порошковых инструментальных сталей. Установлено, что предельная пластичность при деформировании этих сталей в области температур динамической рекристаллизации выше, чем при 1100-1150⁰С. Показана перспективность технологии струйного формования с последующей деформацией в установленном температурном интервале.

В четвертой главе рассматриваются системы проектирования технологических режимов горячего изостатического прессования (ГИП) порошковых штамповых сталей.

Предложена новая система технологических режимов горячего изостатического прессования порошковых материалов, которая предусматривает учет двух основных направлений в математическом моделировании ГИП: дискретного и континуального. Дискретное и континуальное представление системы проектирования технологических процессов ГИП структурно включает взаимодействие математических моделей верхнего и нижнего уровней.

При применении модели верхнего уровня для получения адекватного математического описания необходимо как можно более точно знать реологические связи, в основном определяющие кинетику уплотнения при ГИП. Решение этой задачи возможно методом конечных элементов для изделий сложной конфигурации.

Для преодоления трудностей, связанных с применением модели «верхнего» уровня необходимо применить нижний уровень моделирования, включающий модели ГИП двух типов: нульмерную и одномерную. При этом в условиях всестороннего сжатия тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций являются шаровыми тензорами.

В рамках предлагаемой системы модель «верхнего» уровня можно использовать в диалоговом режиме, позволяющем задавать исходные данные процесса ГИП, получить полную информацию о его ходе и результатах, а в случае необходимости - скорректировать свои действия.

Применение моделей «нижнего» уровня с применением аппарата оптимизации позволяет серьезно сужать область поиска технологических решений, тем самым получить наиболее достоверные и ускоренные информации.

В пятой главе представлены результаты разработки предпосылок для промышленной реализации проведенных исследований по получению порошковых заготовок из штамповых сталей.

Исследовано сопротивление высокотемпературному деформированию порошковых штамповых сталей различных марок. Установлено, что для использования имеющихся данных при исследовании напряженно-деформированного состояния и определения энергосиловых параметров процесса обработки давлением полученные

зависимости необходимо представить в аналитическом виде. В результате математической обработки полученных данных были найдены параметры, входящие в уравнение сопротивления, на основании которых установлена эмпирическая зависимость сопротивления деформации от термомеханических условий деформирования.

По результатам математической обработки осциллограмм пластометрических исследований были построены кривые деформационного упрочнения в координатах σ - ϵ (рис. 5). Главная особенность этих кривых - наличие ярко выраженного максимума значений сопротивления деформации.

Подробные зависимости характерны для большинства высоколегированных сплавов при проведении испытаний в условиях горячей деформации. Максимум сопротивления деформации исследуемых материалов соответствует степени деформации $\epsilon=0,2-0,35$.

С повышением температуры испытаний критическая степень деформации ϵ_x , соответствующая максимуму на кривой σ - ϵ , смещается в область меньших значений. Увеличение скорости деформации сдвигает этот параметр в область больших значений. Вместе с тем с ростом

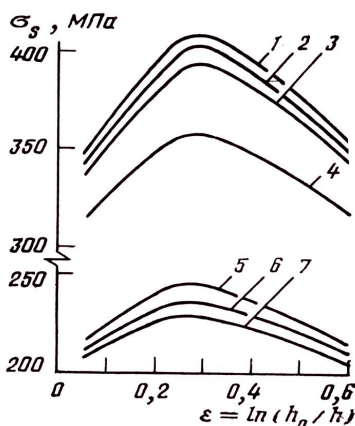


Рис.5. Кривые деформированного упрочнения стали X12M:

$T=820(1-3), 900(4), 1100^{\circ}\text{C}(5-7);$

$\epsilon=17(1), 11(2), 6(3), 15(4), 42(5), 21(6), 13\text{C}^{-1}(7)$

скорости деформации процесс разупрочнения проходит более интенсивно, чем при низких скоростях, о чем свидетельствует угол наклона кривой после достижения критической величины ϵ_x .

Приведена структура и свойства порошковых штамповых сталей, полученных как из стружковых порошков, так из распыленных порошков методом ГИП. Все исследованные стали характеризуются высокооднородным распределением и повышенной дисперсностью

избыточных карбидов, объемное содержание которых, по металлографическим подсчетам, колеблется в пределах от 13 до 25%.

Исследование износостойкости порошковых штамповых сталей показало, что благоприятное влияние хрома на износостойкость проявляется лишь до определенных концентраций (~12%), при этом оно менее эффективно, чем введение ванадия. В порошковых сталях с высокооднородным распределением и повышенной дисперсностью карбидов в полной мере реализуются преимущества по твердости, которыми обладает карбид типа MC по сравнению с частицами других карбидов (M_7C_3 , M_6C и др.).

Установлено, что для обеспечения экономического варианта порошковых штамповых сталей, необходимо использовать технологию вторичной обработки, заключающейся в получении стружковых отходов штамповых сталей и применении порошковой технологии их обработки в заготовку.

Установлено, что микроструктура порошковой стали X12MCTП не зависит от размера прутков (заготовок), что является существенным ее достоинством. Структура стали X12MCTП после отжига характеризуется высокой дисперсностью и однородностью по распределению карбидной фазы. Мелкие, равномерно распределенные карбиды снижают склонность порошковой штамповой стали к росту зерна. При правильном нагреве стали под закалку зерна аустенита получаются не крупнее номеров 12-11.

После оптимальной температуры закалки и отпуска структура порошковой штамповой стали состоит в основном из скрытокристаллического мартенсита, карбидов хрома, ванадия и титана, а твердость составляет 62-66 HRC. Предел прочности при изгибе закаленных и отпущенных заготовок, составляет 2900-3000 МПа. Хотя порошковая штамповая сталь по механическим свойствам несколько уступает стали полученной традиционной металлургией, а по износостойкости в 1,5-2 раза превышает характеристики той же стали.

Средняя стойкость штампов из порошковой стали X12MCTП между переточками составляли 200-230 тыс. вырубков, а это на 75-80 выше, чем у штампов, изготовленных из стали, того же состава полученной традиционным способом производства. Высокая легированность твердого раствора, дисперсность и равномерное распределение карбидной фазы в порошковой штамповой стали

X12МСТП обеспечивает ее повышенную теплопроводность и износостойкость (1,5-2,0 раза), а также эксплуатационную стойкость (70-80%).

Проведено сравнение свойств порошковой и литой штамповой стали X12МСТ. Установлено, что количество карбидной фазы и их состав в литой и порошковой стали мало различается, а микроструктура состоит из скрытокристаллического мартенсита, с резко отличающейся по размеру и распределению карбидной фазы.

Равномерное распределение в порошковой стали мелкодисперсных карбидов позволяет повысить износостойкость по сравнению с литой стали в 1,5÷2 раза. Твердость литой стали после оптимального режима (1020-1040⁰С) закалки, из-за крупности зерна на 1-2 HRC ед. меньше, чем у порошковой, а количества остаточного аустенита в ней несколько больше, чем у литой.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана технология получения порошков из стружковых отходов. Она включает очистку стружки от загрязнений в среде тетрахлорэтилена без и с применением ультразвука, показана возможность непосредственной переработки мелкой стружки штамповой стали методами порошковой металлургии, например экструзией спеченного материала. Методом построения диаграмм деформирования и при помощи теории пластичности пористых материалов определены действительные механические свойства стандартной (литой) и спеченной (экструдированной) стали.

2. Выполненные лабораторные исследования позволили разработать технологию очистки стружку штамповой стали от СОЖ в среде тетрахлорэтилена с применением ультразвука в промышленном масштабе. интенсивность действия ультразвука и время очистки будут зависит от формы и размер моечной ванны, а также от количества загружаемой стружки, поэтому рекомендовано в каждом случае экспериментально опробовать разработанный способ применительно к конкретным условиям очистки.

3. Исследованы особенности формирования порошковых штамповых сталей в условиях сдвиговых деформаций. Применение сдвиговых деформаций стружковых порошков штамповых сталей показало возможность их обработки в холодном состоянии. Приме-

нении при прессовании схем деформации с контролируемым течением уплотняемого материала обеспечивает получение заготовок с плотностью, близкой к теоретической, то есть пористость заготовки при этом не превышает 2,5%.

4. После практики стружковых порошков штамповых сталей между валками прокатного стенка резко изменяется их насыпная плотность. установлено, что при обычных условиях холодного формования предельное значение относительной насыпной плотности (ОНП), при которой можно получить достаточно прочные заготовки из стружковых порошков штамповой стали составляет 0,45. Этот уровень может служить технологическим критерием причастности порошков штамповой стали для обычного прессования без нагрева. Однако эта величина не является константой порошка, поскольку изменения условий формования (например, другая смазка, более эффективное использование активных сил трения, разборная пресс-форма и т.д.) могут незначительно увеличить допустимую величину ОНП.

5. Исследованы технологические процессы производства заготовок из штамповых сталей марок X12, X12M и X12MF методами традиционной металлургии, порошковой металлургии и струйного формования. Последнее объединяет процессы распыления газом жидкого металла и осаждения жидких капель на подложку (кристаллизатор), где из капель в жидком, твердожидком состоянии формируется заготовка плотностью 96-98%. Это позволяет нагревать полученные заготовки для последующей деформации в печах без защитной среды. Высокая скорость охлаждения при затвердевании обеспечивает формирование мелкодисперсной структуры с равноосными зернами и равномерно распределенными карбидами.

6. Найдены оптимальные температуры деформирования порошковых штамповых сталей, полученных как из стружковых порошков, так и из газо-распыленных, методом струйного формования. Установлено, что предельная пластичность при деформировании этих сталей в области температур динамической рекристаллизации выше, чем при 1100-1150⁰С. Это показывает перспективность технологии струйного формования с последующей деформацией в установленном температурном интервале.

7. Установлено, что наиболее приемлемой технологий получения заготовок из порошков штамповых сталей является горячее изостатическое прессование (ГИП). Предложена система проектирования технологических режимов ГИП, которая предусматривает двух основных направлений в математическом моделировании ГИП порошковых материалов: дискретного и континуального. Использование дискретного и континуального представление предлагает систему проектирования технологических режимов ГИП, структурно включающая взаимодействие математических моделей верхнего и нижнего уровней.

8. Для применения модели верхнего уровня и получения адекватного математического описания хода процесса необходимо как можно более точно знать реологические связи и процессы, определяющие кинетику уплотнения при ГИП. Установлено, что решение этой задачи возможно методом конечных элементов для изделий сложной конфигурации.

Однако применение верхней модели сопряжено определенными трудностями, связанными с ограничением конфигурации изделия. Для преодоления этих трудностей предлагается применить нижний уровень моделирования, включающий модели ГИП двух типов: нульмерную и одномерную. При этом в условиях всестороннего сжатия тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций являются шаровыми тензорами.

9. Система проектирования технологических процессов ГИП по модели «верхнего» уровня позволяет использовать диалоговый режим, задавая исходные данные процесса и получить полную информацию о его ходе и результатах. Применение модели «нижнего» уровня с применением аппарата оптимизации позволяет серьезно сужать область поиска технологических решений, тем самым получить наиболее достоверные и ускоренные информации.

10. Разработаны предпосылки для промышленной реализации результатов исследований по получению порошковых заготовок из штамповых сталей. Исследовано сопротивление высокотемпературному деформированию порошковых штамповых сталей при высокоскоростном нагружении. При этом математическая обработка осциллограмм позволила определить величину деформации и соответствующее напряжение как функции времени.

11. Установлено также, что для использования имеющихся данных при исследовании напряженно-деформированного состояния и определения энергосиловых параметров процесса обработки давлением полученные зависимости необходимо представить в математическом виде. В результате математической обработки имеющихся данных были найдены параметры, входящие в уравнение сопротивления, на основании которых установлена эмпирическая зависимость сопротивления деформации от термомеханических условий деформирования.

12. Исследование структуры и свойств порошковых штамповых сталей, полученных как из стружковых, так и из распыленных порошков методом экструзии и ГИП показало, что их структура характеризуется высокооднородным распределением и повышенной дисперсностью избыточных карбидов, объемное содержание которых, по металлографическим подсчетам составляет в пределах $13 \div 25\%$.

Изучение износостойкости порошковых штамповых сталей показывает, что наличие хрома до определенных концентраций ($\sim 12\%$) в составе стали благоприятно влияет на ее износостойкость. При этом это влияние менее эффективно, чем введение ванадия. В порошковых сталях, в которых наблюдается высокооднородное распределение и повышенная дисперсность карбидов в полной мере реализуются преимущества по твердости, которым обладает карбид типа MC по сравнению с частицами других карбидов (M_7C_3 , M_6C и др.).

13. Исследованы структура и свойства новой порошковой стали X12MCTП. Установлено, что микроструктура этой стали не зависит от размера прутков (заготовок), что является существенным ее достоинством. После отжига структура этой стали отличается высокой дисперсностью и однородностью по распределению карбидной фазы. При этом мелкие, равномерно распределенные карбиды снижают склонность порошковой штамповой стали к росту зерна. При оптимальной температуре закалки и отпуска структура штамповой стали X12MCTП состоит в основном из скрытокристаллического мартенсита, карбидов хрома, ванадия, а твердость ее составляет 62-66HRC, предел прочности при изгибе-2900-3000МПа. Хотя порошковая штамповая сталь по механическим свойствам несколько уступает стали, полученной традиционной металлургией,

а по износостойкости в 1,5-2 раза превышает характеристики той же стали.

14. Высокая легированность твердого раствора, дисперсность и равномерное распределение карбидной фазы в порошковой штамповой стали Х12МСТП обеспечивает ее повышенную теплопроводность и износостойкость, а также эксплуатационную стойкость. Сравнение свойств порошковой и литой штамповой стали Х12МСТП показало, что в их структуре количество карбидной фазы и их состав мало отличаются, а микроструктура обеих сталей состоит из скрытокристаллического мартенсита, с резко отличающейся по размеру и распределению карбидной фазы. Твердость литой стали после оптимального режима закалки, из-за крупности зерна на 1-2HRC ед. меньше, чем у порошковой, тогда как количество остаточного аустенита в ней несколько больше чем у литой.

15. Разработаны разнообразные технологические процессы получения заготовок и изделий из порошковых штамповых сталей. Эти процессы обеспечивают высокие экономичность и экологическую чистоту производства. Полученные продукции обладают хорошим качеством, при использовании их в штампах их стойкость значительно повышается, а себестоимость снижается.

Особенно привлекательной технологией является получение заготовок штамповых сталей из их стружковых отходов. При этом отпадает необходимость переплавки стали, и связанное с этим использование дорогостоящих и дефицитных легирующих элементов, плавильного агрегата и множество другого вспомогательного оборудования. Единственным и важным требованием в этом случае является правильная и качественная сортировка стружки штамповых сталей для переработки методом порошковой металлургии.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Баширов Р.Дж., Мамедов З.Г., Оруджев Ф.С. Особенности получения и структура порошковых штамповых сталей для изготовления деталей вырубных штампов //Материалы 13-й Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 2011, часть I, с. 292-294

2. Оруджев Ф.С. Сравнение свойства порошковой и литой штамповой стали Х12МСТ // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, 2011, №1, с.53-54
3. Оруджев Ф.С. Оценка загрязненности и очистка от смазочно-охлаждающей жидкости стружки штамповой стали Х12М для переработке ее в порошок // АзТУ-nun Elmi əsərləri, 2011, с. 120-123
4. З.З.Шарифов, Ф.С.Оруджев. Состояние и перспективы развития производства режущих деталей из порошковой штамповой стали / Материалы 31-ой ежегодной международной конференции. Ялта, 2011, часть I, с. 3-6
5. З.З.Шарифов, Ф.С.Оруджев. Технология получения порошка штамповой стали Х12М из стружки и ее свойства // Международный сборник научных трудов. Донецк, 2012, Выпуск 1,2 (43), 332-337
6. Баширов Р.Дж., Мамедов З.Г., Оруджев Ф.С. Порошковые штамповые стали для холодного деформирования / Материалы научно-технической конференции. Одесса, 2012, часть I, с. 115-121
7. Баширов Р.Дж., Оруджев Ф.С. Повышение формуемости порошковых штамповых сталей // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, 2012, №1, с. 3-8
8. Баширов Р.Дж., Мамедов З.Г., Оруджев Ф.С. Снижение карбидной неоднородности порошковой штамповой стали Х12МСТП // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, 2013, № 1, с.3-7
9. Оруджев Ф.С. Применение технологии горячей экструзии при получении заготовок из штамповых сталей // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, 2014, № 1, с. 26-28

Личное участие автора в опубликованных работах в соавторстве:

- [1-6] - участие в постановке задачи и построении кривых зависимостей;
- [4,5,7]- постановка задачи, проведение экспериментов и участие в обсуждении результатов исследований;
- [2,3,9] - выполнены автором самостоятельно.

FAZIL SƏDİ OĞLU ORUCOV

OVUNTU ŞTAMP POLADLARININ STRUKTURU VƏ XASSƏLƏRİ VƏ ONLARIN GƏMIQAYIRMADA TƏTBİQİ

XÜLASƏ

Dissertasiya işi müxtəlif üsullarla alınmış xromlu ştamp poladlarının ovuntularından pəstahların soyuq deformasiya ilə alınma texnologiyasının işlənməsinə həsr edilmişdir.

Dissertasiya işinin **məqsədi** soyuq deformasiya üçün ovuntu ştamp poladlarının texnologiyasının işlənməsindən, onların struktur və xassələrinin tətbiqindən, habelə istismar xarakteristikalarının qiymətləndirilməsindən ibarətdir.

Dissertasiya işi giriş, 5 fəsil, ümumi nəticələr, istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısı və qoşmalardan ibarət tərtib olunmuşdur.

İşin ümumi xarakteristikasında tədqiqatların məqsədi və vəzifələri göstərilmiş, mövzunun aktuallığı və tədqiqatların elmi və təcürbi əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.

Birinci fəsildə gəmiqayırmada, gəmi təmirində və alət istehsalında ovuntu ştamp poladlarının istifadə problemləri üzrə mövcud ədəbiyyatın tənqdi təhlili aparılmışdır.

İkinci fəsildə ştamp poladlarının yonqar tullantılarından ovuntuların alınması texnologiyasının işlənməsinin nəticələri təqdim olunmuşdur. Deformasiya diaqramlarının qurulması yolu ilə məsaməli materialların plastiklik nəzəriyyəsinin köməyi ilə materialların həqiqi mexaniki xassələri təyin edilmişdir.

Üçüncü fəsil ovuntu ştamp poladlarının qəliblənmə, temperatur intervalının təyini və onların ovuntularının qəliblənmə qabiliyyətinin artırılması məsələlərinə həsr edilmişdir.

Dördüncü fəsildə ovuntu ştamp poladlarının qızmar izostatik preslənməsinin texnoloji rejimlərinin layihələndirilməsinə baxılır.

Beşinci fəsildə ştamp poladlarından ovuntu pəstahlarının alınması üzrə tədqiqatların nəticələrinin sənayedə reallaşdırılması üçün hazırlıq məsələləri təqdim olunmuşdur.

FAZIL SADI ORUCOV

**THE STRUCTURE AND PROPERTIES THE PUNCH
CRUMB STEELS AND THEIR APPLYING IN
SHIPBUILDING**

ABSTRACT

Dissertation is devoted to the development of chromium powder die steels for cold deformation obtained by different methods.

The purpose of the dissertation is to develop a technique for obtaining powder die steels for cold forming, the study of their structure and properties, as well as evaluation of performance.

Dissertation consists of an introduction, five chapters, general conclusions, list of references and applications.

In the first chapter it was analyzed the literature on the use of powder die steels in shipbuilding and shiprepair.

In the second chapter it is presented the results of the technology of purchasing crumbs from sawdust waste of punch steel. Laboratory studies performed purification chip die steel from coolant in the medium of tetrachlorethylene with and without ultrasound.

In the third chapter it is devoted to shaping the definition of the temperature interval of powder die steels and improve their formability powders.

In the fourth chapter it is looked at the design of technological modes of hot isostatic pressing of powder die steels.

In the fifth chapter it is presented the results of the prerequisites for the industrial implementation of the research to obtain powder blanks of die steels.

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI

Əlyazması hüququnda

FAZİL SƏDİ OĞLU ORUCOV

**OVUNTU ŞTAMP POLADLARININ STRUKTURU
VƏ XASSƏLƏRİ VƏ ONLARIN GƏMİQAYIRMADA
TƏTBİQİ**

3319.03 – «Gəmiqayırma və gəmi təmiri texnologiyası»

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKI- 2014