

КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

РОМАНОВ Сергей Михайлович

УДК 621.762:669.15—194.2(043)

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННЫХ
СПЕЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА
И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ**

Специальность 65.16.06 — Порошковая металлургия
и композиционные материалы

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

Киев — 1993

070 26.359

Работа выполнена на кафедре порошковой металлургии и защиты металлов Днепропетровского металлургического института и Кировском заводе по изготовлению изделий из металлических порошков.

Научный руководитель — академик Академии инженерных наук Украины, доктор технических наук, профессор **Острик П. Н.**

Официальные оппоненты — доктор технических наук, профессор **Шлюко В. Я.**
кандидат технических наук, ст. научный сотрудник **Попов А. А.**

Ведущее предприятие — Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича Академии наук Украины.

Защита состоится 18.01.1993 г. в 15 часов на заседании специализированного совета К.068.14.09 при Киевском политехническом институте по адресу: 252056, Киев, 56, проспект Победы, 37.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных гербовой печатью учреждения, просим направить по адресу: 252056, Киев-56, проспект Победы, 37, Киевский политехнический институт, ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского политехнического института.

Автореферат разослан 14.12.1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук

В. С. ПИКОВСКИЙ.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00816980 (W)

АНБ ім. В. Стефаніка
АН УРСР

А Н Н О Т А Ц И Я

Диссертационная работа посвящена актуальной проблеме - созданию сравнительно дешёвых металлических материалов, свойства которых обеспечат их широкое применение в различных отраслях современной техники.

Целью диссертационной работы является разработка и исследование новых экономнолегированных конструкционных порошковых материалов на основе железа и оптимизация технологии изготовления изделий из этих материалов.

Диссертационная работа посвящена:

- 1) исследования поведения легкоплавких компонентов в процессе нагрева прессовок для получения экономнолегированных материалов;
- 2) изучение структурообразования при спекании хром-медь-фосфор-никельсодержащих порошковых сталей;
- 3) оценке механических свойств и обрабатываемости экономнолегированных спеченных сталей;
- 4) выбору газовых сред для спекания сталей разработанного состава;
- 5) внедрению результатов проведенных исследований в производство.

Автор задает:

1. Особенности фазовых превращений при спекании комплекснолегированных порошковых материалов, содержащих легкоплавкие компоненты.
2. Законсерности массообменных процессов и структурообразования при спекании хром-медь-фосфорсодержащих порошковых сталей.
3. Уравнение для прогнозирования свойств спеченных экономнолегированных сталей.
4. Данные о влиянии температуры и исходного состава эндогаза на равновесное содержание углерода в сложнолегированном аустените и восстановительно-окислительный потенциал системы.
5. Методику сравнительной оценки прочности изделий кольцеобразной формы.
6. Ресурсосберегающую технологию производства спеченных экономнолегированных сталей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Актуальным направлением развития современной науки и техники на Украине является создание и применение ресурсосберегающих экономических технологий. Одно из первых мест по таким технологиям занимает порошковая металлургия, методами которой могут производиться самые различные материалы: антифрикционные, композиционные, жаропрочные, проницаемые, тугоплавкие и т.д. Наиболее распространено в порошковой металлургии производство изделий конструкционного сортамента.

Спеченные изделия на основе железа с добавками лигатур (стали) могут обладать высокими физико-механическими свойствами и работать при больших нагрузках. Однако такие стали, как правило, являются высоколегированными и изготавливаются по усложненной технологии (например, методом двукратного прессования - спекания, методом горячего прессования и т.д.). Это делает их дорогими и применение таких материалов для мало- и средненагруженных деталей неоправдано.

При малых и средних нагрузках экономически целесообразно применение низколегированных материалов, которые достаточно прочны, пластичны, технологичны. Однако гамма таких материалов не широка, их свойства порой требуют дополнительных исследований. Поэтому есть необходимость разработки других низколегированных материалов, которые обладали бы хорошими механическими характеристиками и были бы относительно дешевыми.

Научная новизна работы заключается в:

- исследовании последовательности фазовых превращений при спекании экономнолегированных материалов, содержащих комплекс лигатур, в том числе легкоплавких;

- оценка влияния ввода хрома и никеля на структуру медь-фосфористых сталей;

- изучение механизма массообменных процессов при спекании хром-медь-фосфоросодержащих порошковых материалов на основе железа;

- теоретической оценке активности углерода в зависимости от его концентрации, содержание хрома, меди, никеля в аустените.

Практическую ценность представляют проведенные в диссертации уравнения для расчета временного сопротивления материала при растяжении и относительного удлинения в зависимости от содержания углерода, хрома, фосфора в порошковой стали и технологии ее производства, научно разработанная ресурсосберегающая технология изготовления экономнолегированных конструкционных изделий.

Реализация работы в промышленности осуществлена путем выпуска опытно-промышленных партий изделий из новых материалов, разработанных в настоящей работе на Кировском заводе по производству изделий из металлических порошков.

Апробация работы. Основные научные положения диссертации докладывались и обсуждались на Всесоюзной научно-технической конференции "Применение методов порошковой металлургии для изготовления деталей и инструмента" (Ереван, 1990 г.), Республиканского семинара "Физика и механика пластических деформаций порошковых материалов" (Луганск, 1991 г.)

Публикации. По теме диссертации опубликовано 3 работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 104 источников и приложений. Объем работы 162 страницы, она содержит 51 рисунок, 16 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование выбора темы, цель и основные научные положения диссертации.

В первом разделе выполнен анализ методов производства порошковых материалов конструкционного сортамента, приведены и проанализированы данные о влиянии легирующих элементов на физико-механические свойства порошковых конструкционных сталей, оценены газовые среды, применяемые при спекании сталей различного состава.

На основании литературных данных сделан вывод о перспективности экономнолегированных мелью, хромом, фосфором, никелем материалов, ввиду их достаточно высоких механических свойств и срав-

нительно низкой стоимости. Вместе с тем, отмечен недостаток информации и разработок по этим вопросам.

Второй раздел посвящен исследованию тепло- и массообменных процессов и структурообразованию при спекании комплекснолегированных сталей. Эти исследования были проведены в целях выбора рационального состава смеси порошковых компонентов для производства экономнолегированных материалов, а также подбора оптимального режима спекания изделий.

Для исследований применен метод термогравиметрии. Опыты проводили на дериватографе производства Венгрия по стандартной методике. В качестве защитной среды использовали технический аргон и аргон с добавками 12 и 25% технического водорода.

Было изучено поведение прессовок на основе железа, содержащих 0,3 ... 0,5% графита карандашного ГК-1, 0...3,0% феррохрома ФХ800, 2,0 ... 3,0% меди электролитической ПМС-1, 0...3,0% феррофосфора ФР1702, 0 ... 1,0% оксида никеля черного без кобальта, а также прессовок железа и бинарных смесей "железо-компонент". Для изготовления брикетов применяли порошки фракции -200 мкм, предварительно смешанные до неоднородности 2%.

Сопоставление термограмм прессовок различного состава позволило определить, что температуры разложения феррофосфора и плавления меди, находящейся в брикетах из многокомпонентных смесей, соответствуют температурам тех же фазовых превращений в бинарных смесях (1296 и 1313 К, соответственно). Отсюда следует, что совместное присутствие распределенных в железе количествах меди и феррофосфора не приводит к смешиванию их расплавов с образованием легкоплавких соединений. Сказанное подтверждено математическими расчетами.

Газовые превращения порошковых материалах влияют на распределение элементов, что, в свою очередь, влияет на конечную структуру стали.

Для исследования структур были изготовлены образцы сталей ЖГр0,3...0,5 ХДЗ, ЖГр0,3...0,5ХДЗПО, 45, ЖГр0,3...0,5ХДЗПО, 45НО, 8. Материалы и методика прессования брикетов были так же, как и для термогравиметрии. Кроме того, для установления влияния дисперсности лигатур на структуру сталей феррохром и феррофосфор в некоторые образцы вводили фракции -160, -100, - 63 мкм. Образцы

спекали в проходной конвейерной печи СЖЗ 6.95.1,2/II,5-III при температурах 1273, 1348, 1423 \pm 20 К в течении 5 кс. В качестве защитной среды использовался эндогаз с точкой росы 263 К, полученный в установках ЭН-125.

Оптический микроскопией установлено, что исследованные стали с содержанием 0,3% углерода имеют структуру с преобладанием феррита, с содержанием 0,5% углерода - перлитно-ферритную структуру.

Электронномикроскопические исследования образцов показали, что медь полностью растворяется в частях железа при нагреве образцов выше температуры ее плавления, хотя распределение ее в частице железа происходит неравномерно (поверхность частиц железа легирована медью больше, чем середина).

Растворение хрома в образце сильно зависит от содержания введенного углерода и крупности порошка феррохрома. Так, в случае применения феррохрома фракции -160 мкм и содержания углерода в стали 0,5% в ней наблюдается большое количество нерастворенных частиц карбидов хрома, наоборот, уменьшение размера частиц феррохрома до - 63 мкм и содержания углерода до 0,3% практически исключает наличие карбидов в стали. Растворению хрома способствует наличие карбидов в стали. Растворению хрома способствует также легирование железо-медь-хромистых сталей фосфором и никелем, в частности, ввод феррофосфора и оксида никеля. Кроме того, их наличие стимулирует сегрегацию примесей оксидов кремния, алюминия, сложных алумосиликатов в поры, что обеспечивает более совершенный контакт частиц между собой.

На основании проведения термogrавиметрических, микроскопических, рентгеноструктурных исследований, а также замеров микротвердости фаз рассмотрен механизм тепло-, массообменных процессов, протекающих при спекании сложнoleгированных сталей. При этом учтена активизация процесса растворения хрома через железо-медь-фосфористые сплавы, распределенные на поверхности частиц железа. Отмечена роль Ni_3O_2 в процессах растворения хрома.

В третьем разделе приведены механические свойства экономно-легируемых сталей, содержащих 0,3...0,7% углерода, 0...2,0% хрома, 3% меди, 0...0,9% фосфора, 0...0,8% никеля, а также показано влияние химического состава и технологии производства сталей (плотности прессовок ρ , г/см³, температуры спекания T ,

К, времени спекания τ , час) на их служебные характеристики.

Результаты исследований плотности прессовок различного состава свидетельствуют о влиянии добавок инородных материалов к железу на уплотняемость смесей, в частности, жесткие компоненты (феррохром, феррофосфор) снижают ее, а смазки (графит, стеарат цинка) - повышают. Влияние ввода графита, меди, феррохрома, окиси никеля в бинарных смесях типа "железо-компонент" может быть оценено величинами $+3,72$; $-0,04$; $-2,24$; $-1,34$; $-0,83$, рассчитанными как

$$\frac{\rho_{Fe-k} - \rho_{Fe}}{M_k}$$

где ρ_{Fe-k} - относительная плотность прессовки бинарной смеси ρ_{Fe} - то же, железа, %; M_k - количество введенного компонента, %.

В работе приведены значения плотностей брикетов из различных смесей, говорящие о сравнительно небольшом влиянии ввода компонентов в исследованных пределах на уплотняемость смесей. Значительно сильное плотность брикетов связана с давлением прессования.

Для оценки влияния плотности брикета, температуры и времени спекания, химического состава стали на величину временного сопротивления материала при растяжении σ_B и относительное удлинение δ была применена многофакторная математическая обработка экспериментальных данных. В целях сокращения числа опытов использовался метод планирования многофакторного эксперимента.

В результате обработки экспериментальных данных по методу наименьших квадратов получены следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \sigma_B = & 249,78 + 18,73/C/x + 6,23/C_{r1}/x + 8,26/P/x + 45,19/\rho_x + \\ & + 82,33T_x + 42,41/\tau_x - 19,02/C/x \cdot P/x - 24,76/6/x \cdot T/x + 13,41/C/x \cdot \tau \\ & - 14,34/C_{r1}/x \cdot P/x - 16,98/C_{r1}/x \cdot \rho_x + 28,81/C_{r1}/x \cdot T_x + \\ & + 15,70/P/x \cdot \tau_x + 22,49/\rho_x \cdot T_x + 10,22/\rho_x \cdot \tau_x - 10,74T_x \cdot \tau_x - \\ & - 0,0014/C/x^2 - 22,86/C_{r1}/x^2 - 45,24/P/x^2 - 32,15/\rho_x^2 - 1,32\tau_x^2 \end{aligned}$$

$$R = 0,96;$$

$$\begin{aligned} \delta = & 1,02 - 0,15/C/x + 0,05/C_{r1}/x + 0,18/\rho_x + 0,59T_x + 0,24\tau_x + \\ & + 0,12/C/x \cdot C_{r1}/x + 0,08/C/x \cdot P/x + 0,01/C/x \cdot \rho_x - 0,25/C/x \cdot T_x - \\ & - 0,08/C/x \cdot \tau_x + 0,10/C/x \cdot P/x + 0,06/C_{r1}/x \cdot \tau_x - 0,05/P/x \cdot \rho_x - \end{aligned}$$

$$- 0,13/P_x \cdot T_x + 0,08 \rho_x \cdot T_x + 0,10 \rho_x \cdot \sigma_x + 0,06 T_x \cdot \sigma_x -$$

$$- 0,23/C_x^2 - 0,24/C_x \rho_x^2 - 0,20/P_x^2 + 0,09 \rho_x^2 - 0,07 T_x^2 - 0,003 \sigma_x^2$$

$$R = 0,96$$

$$\text{где } 1/C_x = \frac{1/C - 0,5}{0,2};$$

$$1/C \rho_x = 1/C \rho - 1,0;$$

$$1/P_x = \frac{1/P - 0,45}{0,45};$$

$$\rho_x = \frac{\rho - 6,7}{0,3};$$

$$T_x = \frac{T - 1348}{75};$$

$$\sigma_x = \frac{\sigma - 1,25}{0,75}.$$

Анализ уравнений позволил установить следующие закономерности:

1) при вводе малых количеств хрома происходит рост величин σ_B и σ , однако при превышении его количества свыше 1,0% наблюдается снижение пластичности материала, замедляется рост его прочности;

2) оптимальным является количество фосфора в разработанных сталях, равное 0,45%;

3) в сталях указанного состава содержание углерода более 0,5% вред ли целесообразно, т.к. ведет к охрупчиванию материала.

Некоторого повышения физико-механических свойств медь - хром-фосфоросодержащих сталей можно добиться путем добавок в них никеля (таблица), например, в виде оксида никеля, а также при применении более качественных железных порошков.

Таблица

Свойства безникелевых и никельсодержащих сталей,

$$\rho = 7,0 \text{ г/см}^3, T = 1423 \text{ К}, \sigma = 2 \text{ ч}$$

Состав стали	Порошок основы	Механические свойства	
		, МПа	, %
ЖГР0, ЗХДЗПО, 045	ПЖ42М	305	2,4
ЖГР0, ЗХДЗПО, 45НО, 8	ПЖ4М2	361	3,1
ЖГР0, ЗХДЗПО, 45	ПЖРЗ, 200	337	2,6
ЖГР0, ЗХДЗПО, 45НО, 8	ПЖ03, 200	380	3,1

При замерах твердости разработанных сталей не установлено влияния присадок фосфора на эту характеристику. Напротив, твердость сильно зависит от содержания углерода и хрома (рис. 1)

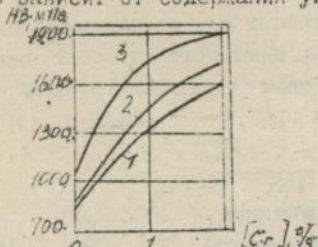


Рис. 1. Твердость материала в зависимости от содержания хрома.

$$\rho = 7,0 \text{ г/см}^3; T = 1423 \text{ К};$$

$$\tau = 2 \text{ часа}$$

1, 2, 3 - $[C] = 0,3; 0,5; 0,7\%$ соответственно

Анализ влияния плотности прессовки, температуры и времени спекания на прочностные характеристики материала показал практически линейное возрастание величин σ_B и δ с увеличением этих аргументов. Однако по технологическим соображениям ограничили верхними пределами этих величин, равными 7 г/см^3 , 1423 К , 2 часа .

Разработанные новые экономнолегированные материалы на основе железа имеют достаточно высокие механические свойства при условии безокислительного спекания.

В четвертом разделе приведены результаты термодинамических расчетов влияния температуры и исходного состава эндогаза ($0,1 \dots 0,4\% \text{ H}_2\text{O}$, $0 \dots 1,5\% \text{ CH}_4$, $20,0\% (\text{CO}_2 + \text{CO})$, $40,0\% \text{ H}_2$, остальное - N_2) на восстановительно-окислительный потенциал системы и равновесное содержание углерода в аустените, легированном хромом, никелем и медью. Построены диаграммы зависимости равновесного содержания углерода в нелегированном и легированном аустените при температурах спекания прессовок $1400 \dots 1450 \text{ К}$ от состава исходного газа и концентрации легирующих элементов в аустените.

Увеличение концентрации CO (при постоянном содержании CO_2 и CO , равном $20,0\%$) и CH_4 в исходном эндогазе повышает равновесное содержание углерода в аустените. Увлажнение исходного газа и повышение температуры спекания прессовок приводят к снижению равновесной концентрации углерода в спеченных материалах (рис. 2).

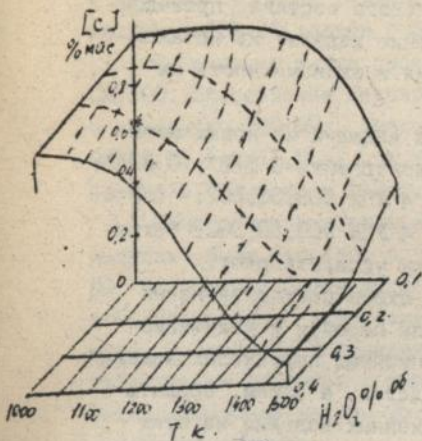


Рис.2. Влияние температуры и концентрации H_2O в эндогазе, содержащем в исходном состоянии 19,0% CO , 2,0% CO_2 , 1,0% CH_4 , 40,0% H_2O , остальное N_2 , на равновесное содержание углерода в аустените, легированном 1,0% Cr , 0,8% Ni и 3,0% Cu .

Изучено влияние концентраций Cr , Ni и Cu на равновесное содержание углерода в сложнoleгированном аустените при его тепловой обработке в эндогазе: введение меди и никеля незначительно снижает, добавки хрома увеличивают количество углерода в спеченном материале. Совместное влияние добавок хрома и меди на равновесную концентрацию углерода в аустените, содержащем 0,8% никеля, показано на пространственной изотермической диаграмме (рис.3).

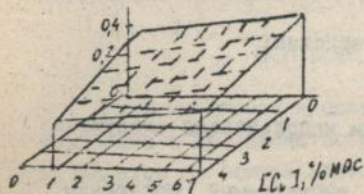


Рис.3. Влияние концентраций Cr и Cu на равновесное содержание углерода в аустените, легированном 0,8% при 1450 К.

Эндогаз всех исследованных составов является восстановительным по отношению к оксидам железа, никеля, меди и окислительным по отношению к металлическому хрому. Однако, как показали расчеты, вследствие низкого содержания хрома (до 7,0%) в изучаемых материалах его активность составляет 0,10 ... 0,14 и в этом случае, окисление хрома, растворенного в железе происходить не будет. Эндогаз может быть применен для получения спеченных изделий из экономнoleгированных материалов с заданным содержанием углерода и неокисленной поверхностью.

В пятом разделе показано промышленное опробование разработанных экономнолегированных сталей нового состава, проведенное на Кировском заводе по изготовлению изделий из металлических порошков, приведена технология и экономичность их производства и использование.

Для промышленного производства изделий из новых материалов были выбраны сантехнические контргайки С 1/2"; С 3/4"; С 1"; С 1 1/4" и отъемные лабиринты 4 УПК 600.00.002; 4 УПК 900.00.001; 4 УПК 600.00.002; 4 УПК 900.00.002, техническим требованиям к которым материалы удовлетворяют.

Разработанные технологические схемы получения новых экономнолегированных сталей позволили перейти к получению опытно-промышленной партии конструкционных порошковых изделий из них в условиях реального производства, а затем, создать промышленное производство конструкционных изделий из этих материалов.

Технологические схемы производства конструкционных изделий из новых экономнолегированных порошковых сталей, легированных хромом, хромом и фосфором, хромом, фосфором и никелем были разработаны с использованием полученных экспериментальных данных и включали следующие операции:

- подготовку исходного сырья;
- приготовление и смешивание шихты;
- прессование изделий;
- спекание изделий;
- контроль прочностных характеристик;
- упаковку.

В качестве исходного сырья были использованы следующие материалы:

1. Железный порошок ПЖР 3.200, выпускаемый Броварским заводом порошковой металлургии.
2. Феррохром марки ФХ800 по ГОСТ 4757-79.
3. Феррофосфор ФР1702 или ФР1701 по ТУ 14-5-72-80.
4. Оксид никеля черный без кобальта по ТУ 6-09-02-274-88.
5. Графит карандашный ГК-1, ГК-2 или ГК-3 по ГОСТ 4404-78.
6. Медный порошок ПМС-1 по ГОСТ 4960-75.
7. Стеарат цинка по ТУ 6-09-17-262-88.

Куски феррохрома и феррофосфора последовательно измельчали

в шековой дробилке С-182Б, молотковой дробилке СМА-147, шаровой мельнице СВМ-40, затем отсеивали на вибросите СВ-2-09.

Смешивание шихты производили в смесителях СМ 500, Ш 400, СМ 100. Прессование изделий осуществляли на прессах серии КБ, ДБ с давлением 700 МПа, спекание в конвейерных печах модели СКЗ-6.95.1,2/II,5-III при температуре 1423 К в среде эндогаза, имеющего точку росы 263 К.

Физико-механические и технологические свойства гаек сантехнических были испытаны в производственных условиях Харьковского ЦО "Спецмонтажконструкция" и Московского СО "Сантехмонтаж", стъемных лабиринтов - в условиях Дружковского машиностроительного завода, а также на Кировском заводе по изготовлению изделий из металлических порошков с использованием сконструированного автором диссертационной работы устройства для радиального растяжения гаек внедрением конуса.

Прочностные свойства изделий из разработанных материалов, изготавливаемых с использованием в качестве основы железного порошка ПЖР 3.200 были несколько выше, чем для сталей того же состава с применением порошка ПЖМ и оказались значительно выше, чем для стали СПЗ0ДЗ-2.

Обрабатываемость разработанных экономнолегированных сталей оказалась удовлетворительной, однако несколько хуже, чем для порошковых сталей, легированных только медью. Износостойкость новых материалов примерно в 4 раза выше, чем литой стали 45.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Главным итогом диссертационной работы явилась разработка и внедрение в производство новых экономнолегированных порошковых материалов на основе железа. В процессе разработки выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, основным результатом которых являются следующие:

I. С применением термогравиметрии исследовали фазовые превращения при нагреве порошковых прессовок на основе железа с добавками до: 0,5% графита, 3% феррохрома, 3% меди, 6% феррофосфора. Путем сравнения термограмм для бинарных смесей типа "железо-компонент" и сложных смесей установлено и подтверждено расчетом,

ЛИБ Ин. В. Стофанки
АН УРСР

что при спекании материалов указанного состава прямые контакты частиц разлагающегося при низких температурах феррофосфора и плавящейся меди практически отсутствуют.

2. Методами металлографического, микрорентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа изучены структуры порошковых сталей ЖГр0,3...0,5 ХДЭПО,45, ЖГр0,3... 0,5Н0,45Н0,8.

Показано:

- при нагреве образцов выше температуры плавления меди последняя равномерно распределяется по объему прессовки;
- легирование сталей феррофосфором и окисью никеля активизирует спекание;
- в сталях указанного состава наблюдается сегрегация оксидов кремния, алюминия, сложных алюмосиликатов в поры, сопровождающаяся рефинированием границ зерен;
- растворение хрома способствует измельчению хромосодержащих материалов и легирование стали медью, углерод препятствует диффузии хрома в железе;
- приповерхностные слои частиц железа легированы больше, чем середина, что говорит о преобладании механизма поверхностной диффузии над объемной.

3. На основании результатов исследования структур сталей и фазовых превращений при их нагреве рассмотрен механизм массообменных процессов при спекании экономилегированных медь-фосфор - хромистых порошковых материалов. Отмечено положительное влияние меди и фосфора на прочностные характеристики материала, в силу хорошего сцепления частиц между собой через медь-фосфорную прослойку.

4. Изучено влияние добавок смазок, пластичных и жестких компонентов и изменение плотности брикетов. Разработана методика, с использованием которой можно ориентировочно рассчитывать плотность прессовок различного состава.

5. Опоненты механические свойства (временное сопротивление материала при растяжении, относительное удлинение, твердость) экономилегированных порошковых материалов различного химического состава, плотности, с различным временем и средой спекания.

Результаты обработки на ЭВМ и получены уравнения, пригодные для прогнозирования свойств экономнолегированных медь-фосфор - хромистых порошковых сталей. Анализ показал:

- с ростом содержания углерода прочность материала увеличивается, однако снижается пластичность;
- повышение количества введенного хрома ведет к росту прочности и твердости изделий, в то время как относительное удлинение расчет до содержания хрома в металле, не превышающих 1%;
- наблюдается рост величины временного сопротивления материала при растяжении до содержания фосфора 0,45%.

На основании выполненного анализа сделан вывод о целесообразности ввода углерода в экономнолегированные конструкционные порошковые материалы на основе железа до 0,5%, хрома до 1%, меди до 3%, фосфора до 0,45%. Никель / в виде оксида Ni_2O_3 / может вводиться в стали до 0,8%. Также материалы, спеченные в среде эндогаза оптимального состава в течение 2 кс при температуре 1423 К, имеют σ_B до 400 МПа, σ^2 - до 2%, HB - до 1800 МПа.

6. В целях выбора оптимальных составов газовых сред для спекания экономнолегированных материалов выполнены термодинамические расчеты влияния температуры и исходного состава эндогаза (0,1 ... 0,4 H₂O, 0... 1,5% CH₄, 20,0% (CO₂ + CO), 40% H₂, остальное N₂) на равновесное содержание углерода в сложнолегированном аустените и восстановительно-окислительной потенциал системы.

Установлено:

- увеличение концентраций CO (при постоянной сумме (CO₂ + CO) = 20%) и CH₄ в исходном газе превышает равновесную концентрацию углерода в спеченных материалах;
- ввод в аустенит никеля и меди снижает, а хрома повышает равновесное содержание углерода в аустените;
- в исследованной области температур и составов экономнолегированных материалов применение эндогаза позволяет получать качественные спеченные изделия с заданным содержанием углерода и неокисленной поверхностью.

7. На основании выполненных исследований разработана технологическая схема получения изделий из новых экономнолегированных материалов. Установлены оптимальные параметры технологического процесса:

- гранулометрический состав исходных материалов (железный порошок крупности менее 160 мкм, порошки феррохрома ФХ800А и феррофосфора ФР1702 крупностью менее 71 мкм, медь ПМС-1 и оксид никеля черного без кобальта - в состоянии поставки);

- режимы смешивания шихты (время смешивания в смесителях СМ100 и СМ500 3,0 кс, в смесителе ЗШ400 - 1,0 кс);

- удельное давление прессования (700 МПа);

- температурный режим спекания по зонам (максимальная температура спекания 1423 К);

- оптимальный состав защитного газа.

В. Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии составит 237676,89 руб. (в ценах на 30.03.91 г.)

Основные результаты диссертации отражены в работах:

1. Исследование свойств порошковых сталей из нового порошкового материала для изделий с повышенными прочностными характеристиками / С.М.Романов, П.Н.Острик, А.Н.Ковзик и др. / Применение методов порошковой металлургии для изготовления деталей и инструмента: Тез. докл. Всесоюз. н.-т. конф. - Ереван, 1990. - С.43.

2. Программа и методика производства испытаний прочностных характеристик изделий кольцеобразной формы, в частности, контргайки / С.М.Романов, П.Н.Острик, А.Г.Циркин и др. // Там же. - С.58.

3. Влияние состава порошковых смесей на основе железа на их уплотняемость / С.М.Романов, П.Н.Острик., А. Н.Ковзик и др. // Физика и механика пластических деформаций порошковых материалов: Тез. докл. Республик. семинара. - Луганск., 1991. - С.18

Подписано в печать 10.12.92 г. формат 60x84¹/16. Объем I печ. л.
Заказ 746I. Тираж 100 экз.

Алчевская гортипография, ул. Донецкая, 4.

460530

AB 26.589

AB 26.589