

О.В. Хренов, Л.Н. Афанасьев, А.В. Лешок

ОБОРУДОВАНИЕ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Учебно-методическое пособие
по дисциплине «Оборудование цехов порошковой металлургии»
для студентов специальности 1-42 01 02
«Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия»

Учебное электронное издание

УДК 621.762 (076.5)

Авторы:

*О.В. Хренов,
Л.Н. Афанасьев,
А.В. Лешок*

Рецензенты:

Ю.В. Соколов, профессор кафедры «Материаловедение в машиностроении» БНТУ, доктор технических наук, профессор;
В.М. Капцевич, заведующий кафедрой «Технология металлов» БГАТУ, доктор технических наук, профессор

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Оборудование цехов порошковой металлургии» предназначено для студентов, специализирующихся в области порошковой металлургии.

В пособии содержатся сведения об оборудовании порошковой металлургии для производства и классификации порошков, их смешивания, формования и калибрования изделий, спекания в защитно-восстановительной атмосфере.

Цель данного учебно-методического пособия – оказание помощи студентам в написании курсового проекта по дисциплине «Оборудование цехов порошковой металлургии».

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37
Регистрационный № БНТУ/МТФ34-4.2010

© БНТУ, 2010
© Хренов О. В., 2010
© Хренов О. В., компьютерный дизайн, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ.....	5
2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОССЕВА И КЛАССИФИКАЦИИ ПОРОШКОВ.....	9
3. СМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.....	11
4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ, КАЛИБРОВКИ И ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВОК И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВ	13
4.1. Механические прессы.....	13
4.2. Гидравлические прессы.....	16
4.3. Прессы для горячего формования и штамповки изделий из металлических порошков ...	16
4.4. Гидростаты	20
4.5. Газостаты	20
5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СПЕКАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	21
6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ АТМОСФЕР	26
ЛИТЕРАТУРА.....	28

ВВЕДЕНИЕ

Оборудование, применяемое при производстве порошковых изделий, классифицируют в соответствии с технологической схемой порошковой металлургии на пять основных групп [1,2]:

- оборудование для производства порошков;
- оборудование для измельчения, смешивания и просева порошков;
- оборудование для формования заготовок и изделий из порошков;
- оборудование для спекания и термической обработки;
- вспомогательное оборудование: пресс-формы для холодного и горячего прессования; дистилляторы; транспортные устройства для транспортировки порошков, заготовок, изделий и вспомогательных материалов; установки для приготовления защитных атмосфер.

На предприятиях порошковой металлургии в настоящее время используется как специализированное оборудование, разработанное для реализации современных процессов порошковой металлургии, так и оборудование, заимствованное из других отраслей промышленности – металлургической, химической, строительной и т.д.

Ниже приведены сведения об специализированном и неспециализированном оборудовании, хорошо зарекомендовавшем себя на предприятиях порошковой металлургии.

1. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

В зависимости от размеров частиц сырья и конечного продукта измельчения условно делят на несколько классов, а именно: на дробление – крупное, среднее и мелкое; помол – грубый, средний, тонкий, коллоидный (сверхтонкий, ультратонкий) (табл. 1).

Таблица 1

Классификация процессов измельчения

Класс измельчения		Размер кусков	
		до измельчения	после измельчения
Дробление	крупное	1000	250
	среднее	250	20
	мелкое	20	1-5
Помол	грубый	1-5	0,1-0,04
	средний	0,1-0,04	0,15-,005
	тонкий	0,1-0,04	0,005-0,001
	коллоидный	<0,1	<0,001

Известны четыре основных метода измельчения (под которым понимают вид действия разрушающей силы на частицы): раздавливание, раскалывание, истирание и удар.

В зависимости от физико-механических свойств материала измельчение производят под действием комбинации тех или иных усилий: для твёрдых и хрупких материалов – удар, раскалывание и истирание; весьма твёрдых и хрупких – раздавливание; вязких средней твёрдости – истирание и истирание с ударом.

Измельчение может быть использовано как самостоятельный метод получения порошков и как дополнительная операция при других способах получения порошков (измельчение спёка после восстановления и отжига порошков).

Отношение размеров частиц исходного и конечного материала называют степенью измельчения. Каждый вид оборудования в зависимости от конструкции имеет ограниченную степень измельчения: 3-6 для щёковых дробилок, 100 – для шаровых, вибрационных мельниц и атриторов. Одной из основных характеристик оборудования для измельчения является эффективность работы, которая оценивается расходом энергии на получение единицы массы продукта (кВт·ч/кг). При выборе оборудования удобно пользоваться величиной, обратной эффективности работы – удельный расход энергии (кВт·ч/кг).

Основные характеристики устройств для измельчения представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оборудование для измельчения

Тип оборудования	Способ дробления	Степень измельчения	Размер частиц после измельчения, мкм	Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг
1	2	3	4	5
Щёковая дробилка	раздавливание разламывание	3-6	1-5	-
Валковые дробилки	раздавливание истирание	3-10	2-3	0,05-0,09
Бегуны	раздавливание истирание	10-15	0,8-1,0	-
Молотковая мельница	удар	10-15	0,2-0,5	0,07-0,10
Вихревая мельница	истирание	30-100	0,08-0,25	2,5-3,6
Барабанная шаровая	истирание удар	50-100	0,05	0,3-0,4

1	2	3	4	5
Вибрационная шаровая	истирание удар	80-100	0,01-0,05	0,02-0,05
Коллоидная	истирание	менее 1000	0,0001	-

Параметры щёковых дробилок для дробления спёкшихся порошков, ферросилиция и ферромарганца представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики щёковых дробилок СМД-108, СМД-109, СМД-116

Параметр	Тип дробилки		
	СМД-108	СМД-109	СМД-116
Размер приёмочного отверстия, длина x ширина	250 x 900	400 x 900	250 x 400
Крупность исходного материала, мм	210	340	210
Ширина выходной щели, мм	предел регулирования	20-60	40-90
	номинальный	40	60
Производительность при номинальной щели, м ³ /ч	18	30	7,8
Установленная мощность электродвигателя, кВт	40	40	18,5
Габаритные размеры, мм	1670 x 2100 x 1600	2140 x 2140 x 2000	1330 x 1440 x 1460
Масса, кг	8000	12000	2965
Производитель	Завод ДРО, г. Выкса, завод «Строммашина», г. Кемерово		

Параметры двухвалковой дробилки с гладкими валками для дробления спёкшихся порошков, ферросилиция и ферромарганца ДГ600х400 и двухвалковых дробилок с зубчатыми валками ДДЗ-4, ДДЗ-6 представлены в табл. 4.

Таблица 4

Параметры двухвалковой дробилки ДГ600х400 и ДДЗ-4, ДДЗ-6

Параметр	Тип дробилки		
	ДДЗ-4	ДДЗ-6	ДГ600х400
Размер валков (диаметр x длина), мм	400 x 500	630 x 800	600 x 400
Крупность исходного материала, мм	100 x 200 x 300	400 x 500 x 600	30
Предел регулирования щели, мм	40-145	75-180	2-14
Частота вращения валков, об/мин	66	50	-
Производительность, кг/час	20000-100000	60000-150000	6700-47000
Установленная мощность электродвигателя, кВт	13	20	20
Габаритные размеры, мм	2600x2500x925	3600x3445x1235	3300 x 1800 x 1320
Масса, кг	5300	11200	5300
Производитель	«Машиностроительный завод» г. Ясиноватая, Донецкой области		«Маш. завод им. Котлякова», г. Ленинград

Параметры щёковой и валковой дробилки СМД-115 для дробления материалов с $\sigma_{сж} < 250$ МПа приведены в табл. 5.

Таблица 5

Параметры щёковой и валковой дробилки СМД-115

Параметр	Тип дробилки	
	щёковая	валковая
Размер валков (диаметр x длина), мм	160 x 250	400 x 250
Крупность исходного материала, мм	130	20
Предел регулирования щели, мм	13-45	2-12
Частота вращения валков, об/мин	321	143, 200, 286
Производительность, кг/час	2200-6000	2200-6000
Установленная мощность электродвигателя, кВт	7,5	7,5
Габаритные размеры, мм	2065x1560x1976	2065x1560x1976
Масса, кг	3000	3000
Производитель	«Строммашина», г. Кемерово	

Параметры дробилок для дробления спёкшихся порошков (брикетов) приведены в табл. 6.

Таблица 6

Параметры дробилок СМД-112, СМД-147, СМД-114

Параметр	Тип дробилки		
	СМД-112	СМД-147	СМД-114
Размер ротора (диаметр x длина), мм	600 x 400	800 x 600	2x800 x 2x600
Крупность исходного материала, мм	150	250	100
Крупность готового продукта, мм	0-20	0-13	до 2
Производительность, кг/час	19200-24000	10000-14000	27000
Установленная мощность электродвигателя, кВт	17	55	2x75
Габаритные размеры, мм	1031x1100x1150	1350x1360x1250	2100x1500x1250
Масса, кг	1150	2080	5500
Производитель	«Строммашина», г. Ухово, Рязанской области		

Параметры барабанной шаровой мельницы 40МЛ и 151М2 для тонкого помола различных материалов приведены в табл. 7.

Таблица 7

Параметры барабанной шаровой мельницы 40МЛ и 151М2

Параметр	Тип мельницы	
	40 МЛ	151М2
1	2	3
Объём барабана, дм ³	7	-
Частота вращения барабана, об/мин	65	-
Габаритные размеры барабана (диаметр x длина), мм	242 x 200	-
Масса мелющих тел, кг	9	-
Крупность загружаемого материала, мм	4-6	25
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	2,2
Габаритные размеры, мм	860x530x764	1315x1275x1550
Масса, кг	159	1200

Окончание табл. 7

1	2	3
Производитель	«Завод строительных машин», г. Москва	ПО по выпуску литейного оборудования, г.Пинск

Параметры вибрационных мельниц для тонкого помола различных материалов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Параметры вибрационных мельниц М-10, М-50, М-100, М-250, М-400

Параметр	Тип мельницы				
	М-10	М-50	М-100	М-250	М-400
Объём корпуса, дм ³	10	50	100	230	400
Мощность электродвигателя, кВт	5,5	20	20	30	40
Дебалансный момент вибрации, кг·см	13	64	-	400	400
Частота колебаний, сек ⁻¹	50	50	50	25	25
Амплитуда колебаний, мм	3	1,6-1,8	2	4	4
Масса мелющих тел, кг	70	350	700	850	-
Производительность, кг/час	25000	-	-	300000	400000
Габаритные размеры, мм	1035x725 x400	1555x1250 x550	2050x1380 x810	2185x1005 x1415	2450x1040 x1523
Масса, кг	168	517		2370	6400
Производитель	«Опытный завод ВНИИСТРОМ», Московская обл.				

2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОСЕВА И КЛАССИФИКАЦИИ ПОРОШКОВ

Просев и классификация порошка проводится для определения посторонних включений и для разделения исходного порошка, состоящего из частиц различной величины на несколько фракций. Применяют различные способы просева и классификации, наибольшее распространение из которых получили:

- механическая классификация на грохотах или ситах – грохочение или просев;
- воздушная сепарация – разделение порошков на фракции, обладающие разной скоростью падения в воздухе;
- электро и магнитная сепарация.

Грохочение и просев являются наиболее универсальными методами разделения материалов различной крупности и очень широко применяются в производстве. Для просева материалов с относительно крупными частицами применяют грохоты различных конструкций. Для разделения более мелких порошков на фракции применяются вибрационные сита (для свободного и принудительного просева).

Механической классификацией можно разделить порошки с размером частиц не менее 0,004 мм. Воздушной сепарацией разделяют порошки крупностью не более 2 мм.

Основные параметры оборудования для просева и классификации приведены в табл. 9 и 10. Производительность оборудования, указанная в таблице, дана для какого-то конкретного порошка. В случае использования оборудования для разделения на фракции порошка другого материала необходимо проводить расчёт производительности по следующей формуле:

$$Q = 3600 \cdot h \cdot B \cdot k \cdot v \cdot \rho; \quad (1)$$

- где h – высота слоя материала на сите, м;
 B – ширина (полусумма габаритных размеров) или диаметр сита, м;
 k – коэффициент разрыхления порошка (0,4-0,6);
 v – средняя скорость перемещения порошка при просеве, м/с;
 ρ – плотность материала порошка, г/см³.

Таблица 9

Технические параметры грохота ГВ-06 (лабораторный), сита М149А, сита вращательно-вибрационного ВС2.

Параметр	Тип оборудования		
	ГВ-06	М149А	ВС2
Мощность, кВт	1,1	0,27	0,55
Производительность, кг/час	1000-10000	100	80-300
Рабочая площадь сита, м ²	0,6	-	-
Размер сит, мм	-	200x250	-
Крупность исходного материала, мм	0-75	-	-
Частота колебаний, с ⁻¹	20	5	-
Амплитуда колебаний, мм	2	-	-
Количество сит	1	2	-
Угол наклона к горизонту, град	10-20	2,5	-
Габаритные размеры, мм	1500x830x980	920x406x420	625x915
Масса, кг	440	108	174

Сепаратор магнитный ПБСЦ-63/50ИЭ (206БСЭ)

Параметр	Значение
Производительность, кг/час	20 000
Крупность исходного порошка, мм	0-3
Напряжённость магнитного поля на поверхности барабана, Эрстед, не менее	1300
Размеры барабана (диаметр x длина), мм	600 x 485
Частота вращения барабана, регулируется ступенчато с помощью сменных шкивов, об/мин	5,5; 75; 90; 115; 150; 200; 250; 300
Мощность, кВт	1,1
Габаритные размеры, мм	800x1260x1700
Масса, кг	3220

3. СМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Смешивание порошков является одной из основных операций технологии порошковой металлургии, от которой в конечном итоге зависит качество готовой продукции. Смешивание порошков осуществляется двумя основными методами: механическим и химическим. Первый метод нашёл более широкое применение в промышленности из-за простоты оборудования и его обслуживания.

Для механического смешивания применяются смесители периодического и непрерывного действия. К смесителям периодического действия относятся: конусные смесители; смесители со смещённой осью, в которых роль перемешивающего органа выполняет сама ёмкость. Смесители периодического действия являются: барабанные шаровые; вибрационные мельницы; атриторы, в которых одновременно происходит измельчение материала. Смешивание пастообразных смесей или увлажнённых порошков проводят в шнековых или лопастных смесителях, конструкции которых позволяют процесс смешивания проводить в вакууме или при одновременной температуре.

Для создания автоматизированных производств порошковой металлургии могут быть применены смесители непрерывного действия: вибрационные, центробежные (прямоточные и каскадные), а так же смесители «кипящего» слоя. Технические характеристики некоторых типов смесительного оборудования приведены в табл. 11-15.

Таблица 11

Смесители лопастные

Параметр	Тип смесителя		
	Мод. 1.000.000	Мод. 2.000.000	Мод. 2744
Объём смесительной камеры, м ³	0,05	0,1	0,35
Частота вращения вала, об/мин	284	240	170
Мощность, кВт	3	3	7,5
Частота вращения, об/мин	1000	1000	970
Габаритные размеры, мм	1430x1000x1250	1550x1200x1500	2030x1725x1350
Масса, кг	-	505	-

Таблица 12

Смесители периодического действия с Z-образными лопастями (двухроторные) типа ЗЛ

Параметр	Тип смесителя						
	ЗЛ-10	ЗЛ-25	ЗЛ-63	ЗЛ-100	ЗЛ-250	ЗЛ-400	ЗЛ-630
Рабочая ёмкость, м ³	0,01	0,025	0,063	0,1	0,25	0,4	0,63
Полная ёмкость, м ³	0,014	0,035	0,1	0,16	0,4	0,58	1,0
Рабочая температура, °С	-10 +150	-10 +150	-20 +150	-10 +150	-10 +150	-10 +150	-20 +150
Рабочее давление в корыте, МПа (кгс/см ²)	0,1 (1,0)	0,07 (0,7)	атмосф	атмосф	атмосф	атмосф	атмосф
Рабочее давление в рубашке, МПа (кгс/см ²)	0,6 (6,0)	0,6 (6,0)	0,6 (6,0)	0,6 (6,0)	0,6 (6,0)	0,6 (6,0)	0,6 (6,0)
Частота вращения переднего ротора, об/мин	42	46	55,8	32,8	46,4	29,5	32
Частота вращения заднего ротора, об/мин	24,7	30,7	37,2	19,7	26,5	17,5	21,3
Мощность, кВт	1,1	3	4	5,5	15	22	30
Угол опрокидывания корыта, градус	110±5	110±5	110±5	110±5	110±5	110±5	110±5
Габаритные размеры, мм	915x 618x 868	1200x 1100x 1190	1805x 1280x 1320	2090x 1380x 1355	3055x 1645x 1945	3452x 1820x 1740	2180x 2480x 2480
Масса, кг	405	735	1523	2410	4295	5810	7280

Таблица 13

Смесители периодического действия типа ЗШ (двухроторные с разгрузочным шнеком)

Параметр	Тип смесителя				
	ЗШ-5НРК	ЗШ-25НРК	ЗШ-400НРК	ЗШ-630НРК	ЗШ-1000НРК
Рабочий объём смесительной камеры, м ³	0,005	0,025	0,4	0,63	1,0
Номинальный объём смесительной камеры, м ³	0,01	0,04	0,6	1,0	1,6
Поверхность теплообмена, м ²	0,12	0,36	1,4	5,2	6,0
Рабочее давление в смесительной камере, МПа	атмосф	атмосф	атмосф	0,01	0,01
Рабочая температура, °С	20-100	20-100	10-160	20-160	35-50
Частота вращения быстрого ротора, об/мин	58,7	40,0	25,0	35,8	45,3
Частота вращения тихоходного ротора, об/мин	33,6	23,5	40,0	23,9	30,0
Частота вращения шнека, об/мин	60,0	55,0	50,0	45,5	61,7
Привод ротора, кВт	0,8	2,2	22,0	30,0	55,0
Мощность шнека, кВт	0,6	1,1	10,0	13,0	17,0
Габаритные размеры, мм	805x480x1185	1400x700x1370	3350x1750x1885	4307x2062x2550	5705x1850x2730
Масса, кг	335	700	5445	9994	14760

Таблица 14

Смесители периодического действия ленточного типа Лн

Параметр	Тип смесителя				
	Лн-630	Лн-1000	Лн-2000	Лн-6300	Лн-10000
Рабочий объём смесительной камеры, м ³	0,63	1,0	2,0	6,3	10,0
Номинальный объём смесительной камеры, м ³	1,0	1,6	3,0	10,0	16,0
Рабочая температура, °С	до 30	до 30	до 30	до 30	до 30
Частота вращения ротора, об/мин	31,5	31,5	31,5	20,0	20,0
Мощность, кВт	3,5	7,5	11,0	37,0	45,0
Габаритные размеры, мм	3535x1156x1710	3783x1243x1960	4560x1533x2190	5147x2897x2751	7400x2390x3215
Масса, кг	2480	2820	3550	11350	14200

Таблица 15

Смеситель плужный Пж-630

Параметр	Значение
Рабочий объём смесительной камеры, м ³	0,63
Номинальный объём смесительной камеры, м ³	1,0
Рабочая температура, °С	30
Частота вращения, об/мин	60
Мощность привода/частота вращения, кВт/об/мин	22/970
Мощность привода ножевой головки/частота вращения, кВт/об/мин	3/1430
Габаритные размеры, мм	3320x1800x1800
Масса, кг	5020

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ, КАЛИБРОВКИ И ШТАМПОВКИ ЗАГОТОВОК И ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВ

В порошковой металлургии используются различные прессы и установки для формования изделий, которые можно разделить на следующие группы:

- механические прессы;
- гидравлические прессы;
- механо-гидравлические прессы;
- установки специального назначения (газо и гидростаты, прокатные станы, установки шликерного литья и другие) [1].

Выбор установки для формования определяется в первую очередь числом изготавливаемых изделий, их геометрическими размерами, а так же такими свойствами, как плотность и равномерность её распределения по высоте и сечению формируемого изделия.

Для разработки прессов в порошковой металлургии принята исходная шестизначная шкала усилий: 10; 16; 25; 40; 63; 100 кН. Умножив число исходной шкалы усилий на 10, получают второй порядок усилий: 100; 160; 250; 400; 630; 1000 кН. Для получения третьего порядка усилий полученные числа умножают ещё на 10, получают: 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 10000 кН. Дальнейший выбор усилий пресса при его проектировании произволен.

4.1. Механические прессы

Современное производство порошковой металлургии характеризуется насыщенностью механическими прессами, основными достоинствами которых являются высокая скорость прессования, компактное расположение механизмов, небольшая мощность привода, широкий диапазон регулирования скорости прессования. В то же время механические прессы не проектируют усилием более 6000 кН, так как дальнейшее повышение усилия приводит к резкому увеличению массы и стоимости пресса.

Специализированными механическими прессами-автоматами для порошковой металлургии являются пресса серии КА, которые имеют нижнее расположение привода, бесступенчатое регулирование числа ходов, механическое регулирование межштампового пространства, повышенную жёсткость и прочность привода. Извлечение детали из матрицы осуществляется выталкиванием нижним пуансоном. Механизмы пресса обеспечивают независимое движение верхнего и нижнего пуансонов, плаванием матрицы и перемещение центрального стержня. Всё это позволяет изготавливать на них различные по конфигурации детали: со сквозными и глухими отверстиями, с наружным и внутренним буртами, а так же детали с любым сочетанием указанных конструктивных элементов. Электроконтактный манометр контролирует усилие пресса, а смонтированный в прессующей головке гидропредохранитель исключает перегрузку пресса. Управление прессом – электрическое кнопочное. Все основные механизмы прессов защищены от попадания прессуемого порошка. Жидкая смазка принудительно непрерывно подаётся к трущимся рабочим поверхностям через централизованную систему смазки. Технические характеристики данной серии прессов приведены в табл. 16.

В табл. 17 даны технические характеристики прессов-автоматов, предназначенных для холодного прессования изделий из порошков твёрдых сплавов и для прессования изделий упрощённой формы, гладких втулок и плоских деталей. Извлечение изделий из матрицы осуществляется методом стягивания матрицы с детали. На прессах данной модели возможна установка многоместного инструмента.

Для прессования деталей несложной формы применяют ротационные машины (роторные пресс-автоматы), которые позволяют одновременно изготавливать несколько наименований деталей, различных по высоте и конфигурации при большой производительности.

Технические характеристики данных автоматов приведены табл. 18 и 19.

Прессы-автоматы механические для прессования изделий из металлических порошков

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Наибольшая высота за-сыпки порошка в матрицу, мм	Наибольший размер изделия в плане, мм	Ход прессующей головки, мм	Число ходов прессующей головки в минуту	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Завод изготовитель
КА8120	100 (10)	56	40	100	16-52	3	1000x1250x2300	2650	КПО, г. Сарана
КА8122	160 (16)	71	50	120	14-15	4	1000x1250x2300	2850	КПО, г. Сарана
КА8124	250 (25)	90	63	150	12-40	7,5	1300x1800x2500	4500	КПО, г. Сарана
КА8126	400 (40)	110	80	180	11-36	11,0	1300x1800x2500	5500	КПО, Таганрог
КА8128	630 (63)	140	100	220	10-32	18,5	1600x2450x2600	8500	КПО, г. Сарана
КА8130	1000 (100)	180	125	265	5-25	27	1800x2000x3075	14000	КПО, Таганрог
КА8132	1600 (160)	180	125	220	6-24	56	3280x3550x4832	22000	КПО, г. Чимкент
КА8134	2500(250)	180	125	260	6-24	65,3	3240x3300x4500	42000	КПО, г. Чимкент
КА8136	4000 (400)	180	150	220	5-20	75	3920x3550x7200	52000	КПО, г. Чимкент
КА8138	6300 (630)	180	150	220	4-16	100	3920x3550x7200	80000	КПО, г. Чимкент

Таблица 17

Автоматы для прессования изделий из порошков твёрдых сплавов

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Наибольшая высота за-сыпки порошка в матрицу, мм	Ход прес-сующей го-ловки, мм	Число ходов прессующей головки в минуту	Усилие вы-талкивания, кН (тс)	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Завод изготовитель
KB0616	40 (4)	60	95	18-40	1,5	1,4	1150x845x2045	1050	КПО, г. Таганрог
KB0621	120 (12)	65	100	9-50	30	2,65	1000x1140x2380	2600	КПО, г. Таганрог
KB0622	160 (16)	71	110	8-45	30	3	2120x1700x2760	2800	КПО, г. Сарана
KB0626	400 (40)	140	-	6-25	30	14	1230x2050x2460	5000	КПО, г. Таганрог
KB0628	600 (60)	175	200	5-20	150	20	1700x1645x3120	6450	КПО, г. Таганрог

Таблица 18

Автоматы ротационные

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Количество пар шпинделей, штук	Количество прессующих позиций, штук	Наибольшая высота засыпки, мм	Число оборотов в минуту, об/мин	Наибольший диаметр прессуемого изделия, мм	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
Б8118	63 (6,3)	27	2	25	10-20	20	12,0	1490x1225x1640	3500
БА8020	100 (10)	41	2	40	7-21	20	5,77	1150x1775x1580	2600
РТМ-41-М2В	100 (10)	41	2	18	-	20	4,4	900x900x1700	-
Б8124	250 (25)	17	2	50	3-12	40	16,4	2325x1760x2320	7500

Пресс-автоматы роторные для прессования деталей из металлических порошков

Параметр	Обозначение	
	ПРМ-1	ПРМ-3
Производительность, дет/мин	45	72
Максимальное усилие прессования, кН (тс)	16 (1,6)	100 (10)
Максимальное усилие выталкивания, кН (тс)	8 (0,8)	35 (3,5)
Максимальная высота засыпки шихты, мм	40	55
Число рабочих позиций	8	8
Мощность, кВт	14,0	17,2
Габаритные размеры, мм	950x870x2050	2000x1135x2620
Масса, кг	2000	4500
Изготовитель	Нововолынский завод специального технологического оборудования	

Калибровочные прессы. В настоящее время широко применяются калибровочные пресс-автоматы, разработанные на базе автоматов для прессования серии КА81. Они оснащены шибберной и грейферной подачами, вибробункером и лотками-магазинами. Приведённые в табл. 20 механические пресс-автоматы модели КА0424 – КА0430 предназначены для калибровки конструктивных деталей широкой номенклатуры (типа штабика, со сквозным отверстием, с одним переходом поперечного сечения снаружи и внутри). Для калибрования изделий упрощённой формы применяют автоматы механические модели КА0030 – КА0036 (табл. 21).

4.2. Гидравлические прессы

В порошковой металлургии широко применяются гидравлические специализированные прессы-автоматы серии ДА, конструкция которых обеспечивает независимое перемещение элементов пресс-инструмента, что позволяет получать изделия сложной конфигурации с равномерной плотностью. Извлечение детали из матрицы осуществляется по схеме стягивания матрицы. Прессы работают как по заданному давлению, так и по ходу верхнего плунжера прессы до упора. Технические характеристики этих прессов представлены в табл. 22. Прессы модели ДА1224, ДА1228 используют для прессования изделий из порошков твёрдых сплавов.

4.3. Прессы для горячего формования и штамповки изделий из металлических порошков

Горячее прессование и штамповка порошковых заготовок являются эффективными методами получения беспористых или малопористых изделий конструкционного назначения с высокими механическими свойствами.

Для горячего формования порошков и порошковых заготовок применяют механические прессы-автоматы эксцентриковые модели К0736, К0738 (табл. 23); кривошипные прессы двойного действия (табл. 24); винтовые прессы (табл. 25); гидравлические прессы (табл. 26).

Таблица 20

Автоматы механические для калибровки

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Ход калибрующей головки, мм	Число ходов калибрующей головки, мин	Наибольший диаметр изделия в плане, мм	Усилие выталкивателя, кН	Ход выталкивателя, мм	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Изготовитель
КА0424	250 (25)	150	20-45	60	125	60	8	1600x2400x3120	4600	КПО, г. Сарана
КА0426	400 (40)	200	20-45	80	200	75	14	1050x2600x3250	6000	КПО, г. Сарана
КА0428	630 (63)	220	16-40	100	315	110	11	2050x2800x3700	10000	КПАЛ г. Пинск
КА0430	1000 (100)	265	16-36	125	500	100	25	2100x2770x4400	16000	КПАЛ г. Пинск

Таблица 21

Автоматы механические для калибровки изделий упрощённой формы

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Ход ползуна, мм	Число ходов ползуна, мин	Усилие выталкивателя, кН (тс)	Ход выталкивателя, мм	Максимальная высота изделия, мм	Число позиций	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Изготовитель
КА0030	1000(100)	180	35	200(20)	65	50	10	18	1550x1920x3100	8700	Завод механических прессов г. Барнаул
КА0032	1600(160)	320	25	350(35)	70	60	10	38	2000x2030x5400	17500	
КА0034	2500(250)	400	20	700(70)	100	80	10	56	3350x1940x5620	24000	
КА0036	4000(400)	500	16	1000(100)	120	100	10	76	4100x2960x6352	45000	

Таблица 22

Гидравлические прессы-автоматы

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Высота засыпки порошка, мм	Максимальный диаметр изделия, мм	Ход ползуна, мм	Скорость ползуна при рабочем ходе, мм	Производительность при максимальной высоте засыпки	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Изготовитель
ДА1532Б	1600	200	125	400	50	7	57	4450x3580x3690	19700	ПО Гидропресс, г. Оренбург
ДА1534Б	2500	250	160	400	31	4	57	4600x4125x4230	23200	ПО Гидропресс, г. Оренбург
ДА1536Б	4000	300	250	400	24	4,6	81	5000x5170x5500	46300	ПО Гидропресс, г. Оренбург
ДА1238Б	6300	350	250	630	24	6	133,8	6000x3000x8000	46000	ПО Тяжпресс, г. Днепропетровск
ДА1240	10000	350	250	500	18	3	135,1	6240x6300x9400	62000	ПО Тяжпресс, г. Днепропетровск
ДА1224	250	75	70	13	-	800	15	3400x2100x2845	400	ПО Гидропересс, г. Оренбург
ДА1228	630	100	100	7	-	450	15	4180x3600x3500	5300	ПО Гидропресс, г. Оренбург
Д 1143	20000	40	700	100	70	-	130	8000x8990x7420	215000	-

Таблица 23

Автоматы механические для горячей штамповки изделий из металлического порошка

Модель	Номинальное усилие, кН (тс)	Усилие прессования, кН (тс)	Усилие смыкания полуматриц, кН (тс)	Ход ползуна, мм	Максимальные размеры заготовок, мм	Число ходов в минуту	Мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
К0736	4000 (400)	2500 (250)	1500 (150)	160	50x60	60	65	4500x3200x6300	72000
К0738	6300 (630)	4000 (400)	2300 (230)	200	160x80	40	75	4600x4200x10000	107000

Таблица 24

Прессы горячештамповочные кривошипные двойного действия

Параметр	Модель прессы		
	504.004.837	K8839	
Усилие прессы, кН	10000	16000	
Усилие внутреннего ползуна, кН	5000	8000	
Усилие прижимного ползуна, кН	5000	8000	
Число ходов ползуна в минуту	40	40	
Ход внутреннего ползуна, мм	250	320	
Ход прижимного ползуна, мм	200	260	
Наименьшее расстояние между внутренним ползуном в его нижнем положении и столом при его верхнем положении, мм	970	1330	
Наибольшее расстояние между прижимным ползуном в его нижнем положении и столом при его верхнем положении, мм	770	1080	
Размер стола, мм	1000x1000	1400x1300	
Размер ползунов, мм	внутреннего	520x500	670x560
	прижимного	900x800	1500x1000
Количество нижних выталкивателей	3	-	
Усилие нижнего выталкивателя, кН	250	150	
Ход нижнего выталкивателя, мм	80	80	
Расстояние между осями выталкивателя, мм	150	-	
Мощность главного привода, кВт	90	90	
Мощность привода регулировки закрытой высоты, кВт	2,2	2,2	
Габаритные размеры, мм	4330x3785x5920	5800x4100x7200	
Масса, кг	84400	167000	
производитель	Завод тяжёлых механических прессов, г. Воронеж		

Таблица 25

Характеристики винтовых прессов с дугостаторным приводом

Параметр	Тип прессы		
	Ф1730	Ф1732	Ф1734
1	2	3	4
Номинальное усилие, кН	1000	1600	2500
Кинетическая энергия движущихся частей, Дж	3650	7800	12500
Среднецикловая мощность, кВт	9	20	36
Наибольший ход ползуна, мм	260	320	400
Число ходов ползуна в минуту	44	36	34
Расстояние между направляющими в свету, не менее, мм	460	515	585
Размер стола, мм	500x560	580x650	670x750
Наименьшее расстояние между столом и ползуном в крайнем нижнем положении, мм	250	320	420
Усилие нижнего выталкивателя, кН	80	-	160

1	2	3	4
Наибольшим ход нижнего выталкивателя, мм	95	-	105
Габаритные размеры, мм	2210x1560x3375	2560x2020x3840	3710x1925x4415
Масса, кг	67200	11000	15500

Таблица 26

**Технические характеристики прессы гидравлического ПА-803
для горячего прессования твёрдых сплавов**

Параметр	Значение
Номинальное усилие, кН (тс)	400 (40)
Скорость рабочего хода, мм/с	0,3
Скорость возвратного хода ползуна и скорость подвода ползуна, мм/с	10
Ход ползуна, мм	450
Диаметр стола, мм	600
Высота стола над полом, мм	725
Мощность нагревательной установки, кВт	240
Наибольший ток нагрева, кА	42
Габаритные размеры, мм	3120x1480x4930

4.4. Гидростаты

Данный вид оборудования обеспечивает равномерное всесторонне давление на поверхность заготовки. При гидростатическом прессовании порошок в эластичной оболочке устанавливается на подставке в контейнере, заполняемом жидкостью. Эластичная оболочка должна легко деформироваться при уплотнении заготовки и в то же время препятствовать проникновению жидкости в порошок. Обычно её изготавливают из резины или полиуретана, реже из пластичных металлов (алюминия, мягких сталей).

После установки заготовки контейнер с помощью быстродействующего затвора закрывается крышкой и через отверстие в него подаётся жидкость высокого давления от насоса или мультипликатора. Жидкость давит на заготовку равномерно со всех сторон и обеспечивает равномерную плотность заготовки во всех точках и во всех направлениях.

Гидростаты строятся на давления от 30 до 1000 МПа (300-10000 кгс/см²) с контейнерами диаметром до 2 метров.

4.5. Газостаты

Используемые в гидростатах рабочие жидкости при температурах 350-450 °С воспламеняются или разлагаются. Поэтому процессы гидростатического прессования обычно осуществляются при комнатной температуре (в редких случаях при температурах до 300-350 °С). В результате плотность полученных брикетов, как правило, не достигает плотности монолитного металла и требуется проводить их спекание.

Процесс спекания при атмосферном давлении или в вакууме для большинства металлов требует длительной выдержки, вследствие чего свойства полученного компактного материала понижаются по сравнению со свойствами исходного порошка.

5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СПЕКАНИЯ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Нагревательные устройства для спекания классифицируют по следующим признакам [2]:

- по типу обогрева или источника энергии – электрические или пламенные (газовые);
- по принципу работы – периодического и непрерывного действия;
- по характеру среды в рабочем пространстве – окислительные, восстановительные, нейтральные, вакуумные;
- по рабочей температуре – низкотемпературные (до 700 °С), среднетемпературные (до 1250 °С), высокотемпературные (выше 1250 °С);
- по степени механизации – автоматические, полуавтоматические, неавтоматические.

Обозначение электротермического оборудования включает группу букв и цифр. Первая буква отражает способ нагрева: С – сопротивлением (косвенный); И – индукционный; К – контактный (прямой); Э – электронный. Вторая буква характеризует конструктивное исполнение печи: А – карусельные; Б – барабанные; И – с импульсным подом; К – конвейерная; Н – камерная; Р – рольганговая; Т – толкательная; Ш – шахтная; Ю – с шагающим подом. Третья буква показывает характер среды в рабочем пространстве: В – вакуум; З – защитная; О – окислительная (воздух); Н – водород. В обозначении некоторых термических устройств может быть добавлена четвёртая буква, которая обозначает: А – агрегат из нескольких печей; Н – прецизионная; Л – лабораторная; У – для сыпучих материалов. После букв через тире в обозначении идут цифры, разделённые точками, которые обозначают размеры рабочего пространства в дециметрах в следующей последовательности: для прямоугольного рабочего пространства – ширина, длина, высота; для цилиндрического – диаметр и длина.

За цифрами, обозначающими размеры рабочего пространства, через знак дроби следуют цифры, показывающие номинальную температуру в сотнях градусов Цельсия. В табл. 27-37 приведены характеристики основных типов нагревательных устройств для спекания и термообработки, выпускаемые отечественной промышленностью.

Таблица 27

Электropечи толкательные с водородной атмосферой

Параметр	Тип печи				
	СТН-0.56 17,5	СТН-1.10 0,8/15	СТН-2.45 2,0/11,5	СТН-2.45 2,0/13	СТН-2,5 20.1/15- М2
1	2	3	4	5	6
Максимальная рабочая температура, °С	1750	1500	1150	1300	1500
Мощность, кВт	8	20	36	47	60
Число рабочих камер	1	1	1	1	1
Число тепловых зон	1	1	3	3	3
Материал электронагревателей	молибденовая проволока Ø1,5 мм				
Производительность, кг/час	30-40	30-40	30-40	30-40	30-40
Защитный газ	водород		азотоводородная смесь		
Расход защитного газа, м ³ /час	30	30	до 50	до 50	до 50
Расход азота при продувке, м ³ /час	-	-	-	-	0,5
Расход воды при охлаждении, м ³ /час	0,5	0,5	1,0	3,0	3,0
Размер рабочего пространства (муфеля), мм	600x50	1000x100 x90	4000x200 x200	4000x200 x200	2200x250 x100
Наружный диаметр графитовой лодочки, мм	110x40x 25	200x90x 90	300x180x 150	300x180x 150	330x220x 90

Окончание табл. 27

1	2	3	4	5	6
Габаритные размеры печи, мм	2500х	2900х	7100х	7300х	7200х
	500х	700х	1300х	1500х	1500х
	1800	2100	2100	3600	2200
Длина зоны спекания, мм	600	100	2500	2500	2500
Скорость проталкивания лодочки, м/час	4,3-8,5	1-2	-	-	0,3-30
Масса, кг	700	1100	3900	7200	6600

Таблица 28

Электropечи сопротивления конвейерные

Параметр	Тип печи		
	СКЗ-4.40.1/11.5	СКЗ-6.95.1.2/11.5-И1	СКЗ-4.20.1.5/11.5-X45M1
Мощность, кВт	-	250	80
Номинальная температура, °С	1150	1150	1150
Производительность, кг/час	25-45	200	45-80
Рабочая среда	эндогаз	эндогаз	защитная
Расход, м ³	эндогаз	-	60
	азот	-	80
	природный газ	-	5
	вода	-	10
Размер рабочего пространства, мм	400х4000х100	600х9500х120	400х2000х150
Скорость движения ленты, мм/мин	20-408		
Габаритные размеры, мм	-	2380х22593х2220	2023х13000х2150
Масса, кг	-	3000	8100

Таблица 29

Агрегат для спекания деталей из металлических порошков АСДИМ-200

Параметр	Значение
Мощность, кВт	250
Температура в камере предварительного нагрева, °С	982
Число тепловых зон	3
Расход азота, м ³	80
Расход эндогаза, м ³	80
Расход природного газа, м ³	18,3
Давление азота, Па	69 000
Давление эндогаза, Па	1 999
Давление природного газа, Па	980
Производительность, кг/час	до 200
Скорость перемещения конвейера, мм/мин	25,4-508
Максимальная нагрузка на конвейерную ленту, кг/1 м.п.	23
Ширина конвейерной ленты, мм	609
Размеры камеры предварительного нагрева, мм	3689х787х279
Размеры камеры спекания, мм	5334х787х304
Габаритные размеры, мм	21200х2640х2040
Масса, кг	14400
Изготовитель	Автоагрегатный завод, г.Шадринск

Таблица 30

Технические характеристик электропечей с шагающим подом

Параметр	Тип печи			
	СЮЗХ-4.57 2/12	ОКБ-1582	ОКБ-1583	СЮН- 3.566.1/12.5- И1
Мощность, кВт	230	220	240	220
Номинальная температура камеры предварительного нагрева, °С	650	650	650	650
Номинальная температура камеры спекания, °С	1150	1110	1300	1250
Рекомендуемое рабочее давление, Па	400-600	400-600	400-600	400-600
Среда в рабочем пространстве	эндогаз, водород, азото- водородная смесь		водород, азото- водородная смесь	водород
Расход рабочего газа, м ³ /час	20	20	20	20
Расход продувочного газа, м ³ /час	до 8	-	-	-
Производительность, кг/час	120-150	150	95	100
Размеры ра- бочего пространства, мм	ширина	470	400	400
	длина камеры предварительного нагрева	4200	4200	4200
	активная длина камеры спекания	5700	4100	4200
	высота	200	200	100
Габаритные размеры, мм	61000x2390x 2800	25370x2500x 2800	23960x2500x 2800	19920x42000x 3080
Масса, кг	-	40000	39000	30080

Таблица 31

Технические характеристики высокотемпературных электропечей контактного (прямого) нагрева

Параметр	Тип печи	
	КПН-0.14.0,14 5-2- И1	КПЗ-0,25 0,25 6-И1
Мощность, кВт	200x2	630
Максимальный ток, А	15000	15000
Количество одновременно обрабатываемых штабиков, штук	2	1
Размеры штабика после сварки, мм (по вольфраму)	14x14x500	25x25x400-600
Максимальная температура в штабике, °С	3400	3000
Производительность, шт/час	-	1,5
Расход водорода, м ³ /час	4	2
Расход воды, м ³ /час	10	16
Габаритные размеры, мм	-	5685x1900x3789
Масса, кг	-	3420
Изготовитель	Завод электротермического оборудования г.Саратов	

Таблица 32

Технические характеристики электропечей камерных вакуумных

Параметр	Тип печи	
	СНВ-5.10.5/11,5	СНВ-5.7,5.3/13
Мощность, кВт	166	-
Номинальная температура, °С	1150	1300
Мощность холостого хода, кВт	49	-
Рабочая среда вакуум, Па	$1,33 \cdot 10^{-1}$	$1,33 \cdot 10^{-1}$
Масса садки, кг	200	1200
Расход газа на одновременное заполнение, м ³	15	-
Объём масляного бака, м ³	3,3	-
Размеры рабочего пространства, мм	500x1000x500	500x1000x300
Габаритные размеры, мм	6430x2454x456	-
Масса, кг	17600	-

Таблица 33

Технические характеристики электропечей камерных вакуумных

Параметр	Тип печи		
	СНВ-1.3.1/16-И1	СНВЭ-1.3.1/16-И2	СНВ-1.3.1/20-И1
Мощность, кВт	26	32	40
Номинальная температура, °С	1600	1600	2000
Предельный вакуум в холодном состоянии, Па	$6,65 \cdot 10^{-3}$	$6,65 \cdot 10^{-3}$	$6,65 \cdot 10^{-3}$
Расход воды на охлаждение, м ³ /час	1,8	1,3	1,8
Размеры рабочего пространства, мм	100x300x100	100x300x100	100x300x100
Масса садки, кг	10	10	10
Габаритные размеры, мм	1800x2570x1950	1920x2750x2015	1900x2600x1950
Масса, кг	1600	1700	1700

Таблица 34

Технические характеристики электропечей сопротивления камерных для термообработки изделий из высоколегированных сплавов

Параметр	Тип печи		
	СНО-2.3.2/13	СНО-3.4.2,5/13	СНО-4.8.2,5/13
Мощность, кВт	-	30	50
Номинальная температура, °С	1300	1300	1300
Масса садки, кг	30	100	250
Среда в рабочем пространстве	воздух	воздух	воздух
Размеры рабочего пространства, мм	200x300x200	300x400x250	400x80x250
Масса, кг	-	1950	2510
Изготовитель	Завод «Индуктор», г.Новозыбков		

Таблица 35

Технические характеристики электропечей шахтного типа для термообработки в защитной атмосфере (нагрев под закалку, цементация, отжиг, нормализация)

Параметр	Тип печи		
	СШЦМ-6.6/9М1	СШЦМ-6.12/9М1	СШЦМ-6.20/9М1
Мощность, кВт	73,2	88,2	103,3
Номинальная температура, °С	900	900	900
Напряжение на нагревателях, В	64,8; 56,5	64,4; 59,5	64,8; 66,5
Расход воды, м ³ /час	0,4	0,5	0,4
Размеры рабочего пространства, мм	600х600	600х1200	600х2000
Масса, кг	3440	4200	5675
Изготовитель	Завод «Электропечь», г.Бийск		

Таблица 36

Технические характеристики агрегатов камерных цементационных для термической и химико-термической обработки изделий в контролируемых атмосферах

Параметр		Тип печи	
		СНЦА-5.10.5/3,5-ИЗ	СНЦА-5.10.5/7,5-И2
Мощность, кВт		485	491
Номинальная температура, °С		950	850
Масса садки, кг		400	400
Расход, м ³ /час	эндогаза	0,008	14,4
	природного газа	0,0008	1,08
	воды	0,004	21,6
	аммиака	0,0006	1,09
Рабочие размеры поддона, мм		1000х500	1000х500
Максимальная высота загрузки на поддон, мм		500	500
Масса, кг		50800	62600
Изготовитель		Завод электротермического оборудования г.Саратов	

Таблица 37

Технические характеристики агрегатов под закалку в защитной атмосфере, закалки в масле, мойки, сушки и отпуска

Параметр	Тип печи	
	СТЗА-5.40.5/3-9Л-Б1	СТЗА-5.40.5/7-15Л-Б1
Мощность, кВт	619	400
Производительность, кг/час	450	450
Номинальная температура, °С	950	950
Рабочие размеры поддона, мм	500х500х500	500х500х500
Единовременная загрузка на поддон, кг	150	150
Расход газа, м ³ /час	36	36/38
Расход воды, м ³ /час	4,%	-
Габаритные размеры, мм	24900х5760х5610	-
Масса, кг	74000	-
Изготовитель	ПО «Азерэлектротерм», г.Баку	

6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ АТМОСФЕР

В порошковой металлургии в качестве защитных атмосфер при проведении различных процессов (спекания, восстановления, термообработки) широко применяют водород, диссоциированный аммиак, эндо и экзотермический газы, азот, инертные газы (аргон, гелий). В табл. 38 представлены химический состав и сравнительная стоимость защитных атмосфер. Технические характеристики установок для приготовления различных защитных контролируемых атмосфер даны в табл. 39.

Таблица 38

Химический состав и сравнительная стоимость (стоимость $H_2 = 100\%$) газов, применяемых в качестве защитных атмосфер при спекании

Газ	Химический состав, %								Сравнительная стоимость, %
	H_2	O_2	N_2	H_2O	H_3	CO	CO_2	CH_4	
Водород	>99,8	<0,2	-	<0,5	-	-	-	-	100
Диссоциированный аммиак	75	-	25	<0,01	<0,02	-	-	-	30-50
Экзотермический газ	15-16	-	<73,5	-	-	10	<0,5	<1,5	3-10
Эндотермический газ	38-40	-	38-42	-	-	18-20	<1,0	<1,0	5-20
Конвертированный природный газ	75-76	-	до 1	1-1,5	-	22-23	1-2	<0,5	8-10

Таблица 39

Некоторые характеристики установок для приготовления защитных атмосфер

Параметр	Диссоциаторы аммиака			Эндотермические генераторы				Экзотермические генераторы			Установка паровой конверсии природного газа ПК-40
	ДА-30С	ДАЖ-40И1	ДА-60С	ЭН-16	ЭН-30	ЭН-60	ЭН-125	ЭК-60М1	ЭК-125М3	ЭК-250М2	
Производительность, м ³ /час	30	40	60	16	30	60	125	60	125	250	40
Мощность, кВт	25,2	43	48	15	25	35	55	3,0	3,0	5,5	3,0
Рабочая температура, °С	650-700	650-700	650-700	1050	1050	1050	1050	1000	1200	1000	-
Расход исходного газа, м ³ /час	7,58	11,4	15,2	3,2	6,2	12,4	25,8	8,6	17,9	35,7	10,0
Точка росы, °С	-60	-60	-60	-5+10	-5+10	-5+10	-5+10	+20	+30	+30	-
Габаритные размеры, мм	3300х 3400х 2325	1870х 3560х 2500	1870х 3560х 2500	1950х 1300х 2550	1950х 300х 2900	1950х 1300х 2900	2150х 1300х 3100	1220х 2860х 2350	1700х 3800х 2660	1850х 4700х 2250	2200х1500х180 0
Изготовитель	Завод электротермического оборудования г. Чадыр-Лунга										

ЛИТЕРАТУРА

1. Клячко, Л. И. Оборудование и оснастка для формования порошковых материалов / Л.И. Клячко, А.М. Уманский, В.Н. Бобров. – М.: Metallurgy, 1986. – 336 с.
2. Альтгаузен, А.П. Электротермическое оборудование / А.П. Альтгаузен. – М.: Энергия, 1980. – 416 с.