

中等专业学校试用教材

热处理炉及车间设备

南京机器制造学校 主编

机械工业出版社

中等专业学校试用教材

热处理炉及车间设备

南京机器制造学校 主编



机械工业出版社

热处理炉及车间设备

南京机器制造学校 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $19 \frac{1}{4}$ · 字数 473 千字
1979年9月北京第一版·1983年4月重庆第四次印刷

印数 20,601—22,600 · 定价1.40元

*

统一书号: 15033·4821

本书物理量符号

名 称	符 号	单 位
吸收率	A	
遮蔽系数	A	
燃料消耗量	B	$\text{kg}(\text{m}^3)/\text{h}$
比热	C	$\text{kJ}/\text{kg}(\text{m}^3) \cdot ^\circ\text{C}$
辐射导来系数	C_{r}	$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}^4$
直径	D, d	m
辐射能力	E	$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
生产率	G	kg/h
生产能力	G'	$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
重力加速度	g	m/s^2
压头	h	N/m^2
电流	I	A
辐射强度	I	$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
传热系数	K	$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
炉栅重量强度	K	$\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
长度	B, H, L, l	m
理论空气需要量	L_0	$\text{m}^3/\text{kg}(\text{m}^3)$
实际空气需要量	L_n	$\text{m}^3/\text{kg}(\text{m}^3)$
燃烧室热强度	M	$\text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$
空气过剩系数	n	
功率	P, p	kW
压力	P	$\text{N}/\text{m}^2, \text{mmHg}$
体积流量	Q	m^3/s
热量	Q	kJ
燃料低发热量	Q_{L}	$\text{kJ}/\text{kg}(\text{m}^3)$
热流强度	q	$\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
半径	R, r	m
电阻	R, r	Ω
面积	S	m^2
绝对温度	T	K
温度	t	$^\circ\text{C}$
电压	U	V
体积	V	m^3
理论燃烧产物量	V_0	$\text{m}^3/\text{kg}(\text{m}^3)$
实际燃烧产物量	V_n	$\text{m}^3/\text{kg}(\text{m}^3)$
流速	v	m/s

名 称	符 号	单 位
单位面积功率	W	kW/m^2
平面角	α	
线膨胀系数	α	$1/K$
对流传热系数	α_c	$kJ/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$
辐射传热系数	α_r	$kJ/m^2 \cdot h \cdot ^\circ C$
重度	γ	N/m^3
电导率	γ	S/m
厚度	δ	m
摩擦阻力系数	c	
黑度	ϵ	
动力粘度	η	$N \cdot s/m^2$
效率	η	
波长	λ	m
导热系数	λ	$kJ/m \cdot h \cdot ^\circ C$
运动粘度	ν	m^2/s
密度	ρ	kg/m^3
电阻率	ρ	$\Omega \cdot m$
时间	τ	s, min, h
热流量	Φ	kJ/h
炉门开启率	φ	
角系数	φ	

编 者 的 话

本书是根据第一机械工业部 1977 年 12 月在北京召开的“中等专业学校座谈会”和 1978 年 1 月在咸阳召开的“热处理专业教材编写会议”所订“热处理炉及车间设备”教学大纲(草案)的要求编写的。

本书主要介绍周期作业电阻炉及冷却设备的结构、工作原理、性能特点及设计方面的基本内容;比较详细地介绍了埋入式盐浴炉、燃料炉及可控气氛热处理炉的结构、特点及设计方面的基本知识;对于其它热处理炉及辅助设备作了一般性的介绍;对于热处理车间设备平面布置的原则和方法也作了阐述。

本书由刘孝曾同志主编,陈玉造和白桐树同志参加编写,在编写过程中,得到了西安电炉研究所等有关单位及牟乃让、浦健同志的帮助,在此表示感谢。

本教材汇集了必要的设计资料,每章附有习题和思考题。本教材可作中等专业学校金属热处理专业教学用书,也可供工厂中有关工人和技术人员参考。

由于时间匆促和编者水平有限,缺点和错误在所难免,欢迎广大师生及读者批评指正。

目 录

编者的话

本书物理量符号

绪 论	1
第一章 热处理车间设备分类	2
§ 1-1 热处理车间设备的分类	2
§ 1-2 热处理炉的分类	2
第二章 筑炉材料	3
§ 2-1 耐火材料的使用性能	3
§ 2-2 常用耐火材料	6
§ 2-3 常用保温材料	7
§ 2-4 其它筑炉材料	8
第三章 气体力学基础	10
§ 3-1 压头的概念	12
§ 3-2 炉气流动的基本规律	17
§ 3-3 气体流动时的压头损失	25
§ 3-4 烟囱的工作原理及简单计算	32
第四章 传热学基础	41
§ 4-1 传热的基本方式	41
§ 4-2 传导传热	42
§ 4-3 对流传热	50
§ 4-4 辐射传热的基本定律	56
§ 4-5 两个物体间的辐射热交换	61
§ 4-6 综合传热	66
§ 4-7 炉子的热工分析	68
第五章 电阻炉	79
§ 5-1 箱式电阻炉	79
§ 5-2 井式电阻炉	87
§ 5-3 电阻炉设计	93
§ 5-4 电阻炉的筑炉	126
第六章 浴炉	129
§ 6-1 浴炉的分类、用途及优缺点	129
§ 6-2 外热式浴炉和管状电热元件加热的浴炉	130
§ 6-3 内热式电极盐浴炉	132
§ 6-4 埋入式电极盐浴炉的类型与特点	135
§ 6-5 埋入式电极盐浴炉炉膛的设计与计算	138
§ 6-6 埋入式盐浴炉功率的确定	140

IV

§ 6-7 电极尺寸的确定	141
§ 6-8 炉体、坩埚的设计与制造	143
§ 6-9 变压器和铜排的选择	146
§ 6-10 电极盐浴炉的启动	149
第七章 燃料炉	152
§ 7-1 燃料炉的基本结构	152
§ 7-2 燃料	156
§ 7-3 燃烧计算	158
§ 7-4 燃料燃烧装置	160
§ 7-5 燃料消耗量的确定	169
§ 7-6 炉内气体的合理运动	171
§ 7-7 燃料炉的设计步骤	177
§ 7-8 燃料炉筑炉的特点	180
第八章 可控气氛热处理炉	182
§ 8-1 可控气氛热处理的原理	182
§ 8-2 制取可控气氛的原料	184
§ 8-3 可控气氛的制备	185
§ 8-4 可控气氛的碳势调节装置	204
§ 8-5 可控气氛热处理炉	209
第九章 其它热处理炉	236
§ 9-1 流动粒子炉	236
§ 9-2 真空电阻炉	240
§ 9-3 辉光离子氮化炉	246
第十章 冷却设备	251
§ 10-1 冷却设备的分类	251
§ 10-2 缓冷设备	251
§ 10-3 淬火槽	253
§ 10-4 淬火槽的设计计算	261
§ 10-5 淬火液循环冷却系统	268
§ 10-6 淬火压床与淬火机	276
§ 10-7 冷处理设备	280
第十一章 辅助设备	286
§ 11-1 清理设备	286
§ 11-2 清洗设备	289
§ 11-3 校正设备	291
§ 11-4 起重运输设备	293
第十二章 热处理车间设备确定及平面布置	294
§ 12-1 热处理炉及车间设备的确定	294
§ 12-2 热处理车间面积的确定	297
§ 12-3 热处理车间厂房	297
§ 12-4 热处理车间设备的平面布置	298

绪 论

随着机械制造业的发展,热处理在国民经济中所起的作用日益重要。

目前,机床厂约有60%以上的零件需经热处理,汽车和拖拉机厂需经热处理的零件约占全部零件的70%以上,刀具则全部需要热处理。

热处理是将金属零件加热到一定温度,保温一段时间以后,控制其冷却速度,从而改变其组织和性能。在整个处理过程中,工件的温度及其变化是一个基本因素,加热则是整个过程的一个基本环节,因此,热处理工艺是和加热用的热处理炉有着密切关系的。

热处理炉及车间设备课程,主要是讲授常用热处理炉及常用冷却设备的结构、工作原理和设计计算。通过各教学环节的学习,使学生具有设计、改造周期作业热处理炉及常用冷却设备的能力,并能正确选择、使用和维护热处理车间常用热处理炉及常用设备。另外,本课程还比较详细地介绍了可控气氛热处理炉的工作原理、基本结构和设计的基本知识。

为了反映新技术,对某些先进的热处理炉作了一般性的介绍。

热处理车间常用的辅助设备及热处理车间设备平面布置方法也在本课程内讲授。

第一章 热处理车间设备分类

§ 1-1 热处理车间设备的分类

一、热处理工序的分类

对任何工件进行热处理, 都需制订一定的热处理工艺过程。这种工艺过程由两种不同性质的工序所组成。一为主要工序, 一为辅助工序。

主要工序的目的是改变工件的组织 and 性能。主要工序包括加热、保温和冷却。

辅助工序并不改变工件的组织 and 性能, 而是改善和消除主要工序所遗留的缺陷。例如在主要工序中生成的氧化皮等污物须经清洗和喷砂。辅助工序对保证工件的质量起着重要作用。但若主要工序进行得合理和正确, 则辅助工序可减少或省略。

二、热处理车间设备的分类

(一) 主要设备

为完成主要工序所使用的设备称主要设备。主要设备包括以下几部分:

1. 加热设备 包括各种加热炉、加热装置(直接电热装置、接触电热装置、电解液加热装置、火焰加热装置和感应加热装置等)及热处理自动线。

2. 冷却设备 包括缓冷设备(冷却室、冷却坑及热处理炉)和淬火冷却设备(淬火槽、淬火机、淬火压床、弯曲淬火机及冷却设备)。应当指出, 这里的冷却设备, 并非完全不需配备加热装置。有时, 为使工件获得一定的冷却速度或冷却到一定温度后进行保温, 冷却设备就需配备相应的加热装置。

(二) 辅助设备

为完成辅助工序所使用的设备称辅助设备。辅助设备包括以下几部分:

1. 清理设备 如清洗槽、清洗机、酸洗槽、酸洗机、喷砂机、喷丸机及清理滚筒等。

2. 校直设备 如手动压力机、液压校直机及回火压床等。

(三) 附属设备

附属设备是服务于主要设备和辅助设备的, 如起重运输设备、控制气体制造设备、油循环冷却装置、通风机、燃料储存装置、配电盘及各种管路等。

§ 1-2 热处理炉的分类

热处理炉是热处理车间的重要设备, 为了便于选择和使用, 通常按下列几种方法分类。

按热能来源分类, 有电阻炉、燃料炉(固体燃料炉、气体燃料炉及液体燃料炉)。

按工作温度分类, 有高温炉($>1000^{\circ}\text{C}$)、中温炉($650\sim 1000^{\circ}\text{C}$)、低温炉($<600^{\circ}\text{C}$)。

按炉膛介质分类, 有空气炉、控制气氛炉、浴炉、流动粒子炉、真空炉、辉光离子氮化炉。

按作业规程和机械化程度分类, 有周期作业炉、半连续作业炉、连续作业炉。

按工艺用途分类, 有正火炉、退火炉、淬火炉、回火炉、渗碳炉、氮化炉、氰化炉等。

按外形和炉膛形状分类, 有箱式炉、井式炉、台车式炉、推杆式炉、转底式炉、振底式炉等。

按专门化程度分类, 有通用式炉、专用式炉。

第二章 筑炉材料

建筑热处理炉所需的材料统称为筑炉材料，包括炉衬所用的耐火材料和保温材料、炉壳所用的金属材料、炉基所用地基材料以及制作炉底板、炉罐所用的耐热钢等。

本章着重介绍耐火材料和保温材料。

炉温低于 300°C 的炉子，一般不需要耐火材料，只需选用适当的保温材料。炉温高于 300°C 的炉子，则需选用耐火材料和保温材料。在选择材料时，必须考虑因地制宜、降低炉子造价和延长炉子使用寿命。

§ 2-1 耐火材料的使用性能

热处理炉经常处于高温状态，因此，耐火材料首先应能承受高温并能抵抗高温状态下的物理化学作用（如盐浴炉受熔盐的浸蚀，箱式炉和井式炉炉底受氧化铁皮及其它铁渣的作用，可控气氛炉还受气氛的化学作用等）。另外，炉子结构应保证具有足够的强度和体积稳定性。因此，耐火材料应根据炉子使用温度、结构特点及工作条件进行选择。

评定耐火材料使用性能的指标有以下几个方面。

一、耐火度

耐火度是耐火材料在高温状态下抵抗熔化和软化的性能。是耐火材料的重要性能指标之一。耐火度并非材料的熔点，而是指材料受热后软化到一定程度时的温度。耐火度是可以测定的。

根据耐火度的高低，耐火材料可分为：

普通耐火材料：耐火度为 $1580\sim 1770^{\circ}\text{C}$ ；

高级耐火材料：耐火度为 $1770\sim 2000^{\circ}\text{C}$ ；

特级耐火材料：耐火度在 2000°C 以上。

耐火度愈高，耐火材料的耐高温品质愈好，耐火材料实际使用温度应低于耐火度。

二、高温结构强度

高温结构强度是指耐火材料在高温下承受压力抵抗变形的能力。耐火材料在高温状态下的结构强度是显著降低的，其原因是由于材料内部的低熔点杂质发生了熔化。

通常用荷重软化点作为评定耐火材料高温结构强度的指标。荷重软化点也是可以测定的。

所谓荷重软化点，是指耐火材料在一定的压力（ $1.96\times 10^5\text{N/m}^2$ ）下，以一定的升温速度加热（ 800°C 以下不大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ； 800°C 以上不大于 $4\sim 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ），当材料开始变形（规定变形量为原试样的 0.6% ）时的温度，称为荷重软化开始点。试样出现 4% 或 40% 的变形时的温度，称为荷重软化 4% 或 40% 的软化点。

各种耐火材料的荷重软化开始点是不一样的。一般常用耐火粘土砖的荷重软化开始点为 1350°C 。耐火材料的使用温度不能超过荷重软化开始点。

三、体积稳定性

耐火材料在高温及长期使用情况下，应保持一定的体积稳定性。这种体积的变化不是指一般的热胀冷缩，而是指耐火材料在烧制时，由于其内部组织未完全转化，在使用过程中，内部组织结构会继续变化而引起的体积变化，这种变化是不可逆的。

体积稳定性是用耐火材料试样在一定温度下经反复焙烧，其体积变化的百分率来表示的。一般允许的残余收缩或残余膨胀不应超过 0.5~1%。

四、耐急冷急热性

耐急冷急热性是指耐火材料抵抗温度急剧变化而不致破裂和剥落的能力。

在热处理炉的操作过程中，如炉门开启时冷空气进入炉膛、台车式炉出炉时炉底空冷等，都会使炉子温度处于波动之中。如果耐火材料没有足够的耐急冷急热性能，就会过早地损坏。

耐急冷急热性指标可以用试验来测定。将耐火材料试样加热至 850℃，然后在流动水中冷却，如此反复加热、冷却，直至试样的脱落部分重量为原重量的 20% 为止，以所经受的反复加热、冷却的次数作为该材料的耐急冷急热性指标。

五、化学稳定性

化学稳定性指耐火材料抵抗金属氧化物、熔盐和炉气等的浸蚀作用的能力，一般包括化学浸蚀、物理溶解等。这一指标通常也用抗渣性来表示。对于热处理盐浴炉、可控气氛炉以及特殊金属加热，均要考虑此项性能。

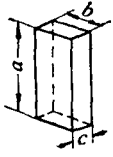
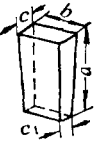
由于影响化学稳定性的因素很多，所以难以通过实验测出准确结果。

六、外观

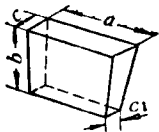
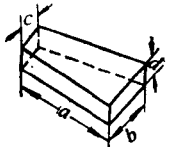
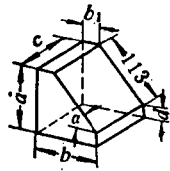
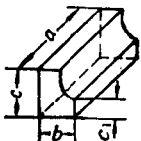
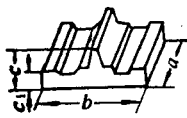
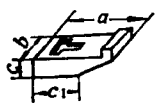
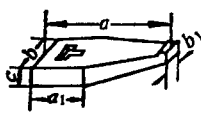
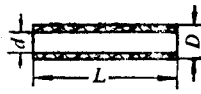
外观检查的项目包括有尺寸公差、缺角、缺边、扭曲、裂纹、熔洞、渣蚀等。耐火材料的外形及尺寸直接影响砌筑时的砌缝。砌缝是砌体最薄弱的地方，易被炉渣、金属、炉气所浸蚀，进而影响到炉子的使用寿命。

耐火砖的型号规格是根据砖的形状及尺寸来区别的。耐火砖通常分标准砖、普通砖、异形砖和特殊砖。表 2-1 为热处理炉常用的耐火砖的形状和尺寸。

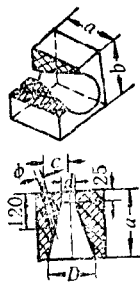
表 2-1 热处理炉常用的耐火砖形状和尺寸

制品名称和形状	标号	制品尺寸 mm						体积 cm ³	重量 kg		
		a	b	c					粘土砖	轻质粘土砖	高铝砖
直形砖 	T-3	230	113	65				1690	3.5	1.35~2.2	3.9
	T-4	230	113	40				1040	2.1	0.83~1.36	2.4
厚楔形砖 	T-19	230	113	65	55	c ₁		1560	3.2	1.2~2.0	3.6
	T-20	230	113	65	45			1430	3.0	1.1~1.9	3.3

(续)

制品名称和形状		标号	制品尺寸 mm						体积 cm ³	重量 kg		
			a	b	c					粘土砖	轻质粘土砖	高铝砖
侧厚楔形砖		T-38	230	113	65	c ₁	55		1560	3.2	1.25~2.0	3.0
		T-39	230	113	65		45		1430	3.0	1.1~1.9	3.3
厚楔形砖		T-43	230	113	96		d		1550	3.2		3.6
		T-44	230	113	76		65		1415	2.9	1.1~1.8	3.3
		T-45	230	113	56		65		1280	2.6		3.0
拱脚砖		T-61	135	113	230	b ₁	d	α	2890	5.95		
		T-62	135	113	345		37	60°	4310	8.8		
		T-63	135	113	230	33	55	45°	2680	5.5		
阶形砖		a = 230 材料: 轻质耐火粘土 b = 113 单件重量≈1.8kg c = 65 c ₁ = 43										
炉底楔砖		a = 150±3 材料: 高铝矾土 b = 120±2 单件重量≈0.8kg c = 40±1 c ₁ = 20±1										
直形楔砖		a = 110 材料: 高铝矾土 b = 50 单件重量≈0.18kg c = 20 c ₁ = 49.5										
扇形楔砖		a = 110 材料: 高铝矾土 b = 50 b ₁ = 32 单件重量≈0.175kg a ₁ = 50 c = 20										
耐火套管(高铝矾土)		热 电 偶 套 管										
		d		D		L						
		32		55		250						
		32		55		350						
		电 阻 丝 引 出 棒 套 管										
		16		30		360						
		16		30		250						
20		36		125								
碳 化 硅 保 护 管												
46		64		300								

(续)

制品名称和形状		标号	制品尺寸 mm						体积 cm ³	重量 kg		
			a	b	c	D	d	φ		粘土砖	轻质粘土砖	高铝砖
烧 嘴 砖		T-84	230	205	80	150	50	35	9010	18.4		18
		T-85	340	335	120	190	75	45	23800	49		47.5
		T-86	340	335	120	210	100	45	23600	48.5		47.2
		T-87	340	335	130	240	125	40	21000	43		42
		T-88	340	335	130	260	150	40	19500	40		39

* 本书中涉及重量之处,如不注明,系指物质的质量而言,其单位为kg。

§ 2-2 常用耐火材料

一、粘土砖

粘土砖是生产量最多、使用最广泛的耐火材料。

制造粘土砖的原料为耐火粘土和高岭土,它们的矿物成分为高岭石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。

粘土砖主要含 Al_2O_3 30~48%, SiO_2 50~65%, 另外 还有一些杂质,如 Fe_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 等。 Al_2O_3 可提高材料的耐火度,杂质则降低耐火度。

粘土砖表面为黄棕色 (Fe_2O_3 的含量愈多颜色愈深),表面并有点。

我国耐火粘土资源极为丰富,质量也很好,且价格便宜。粘土砖有良好的耐急冷急热性能,可达 20 多次。粘土砖基本上属中性,对酸性及碱性渣的抗蚀作用 均较 稳定。粘土砖荷重软化开始点为 1350°C ,所以,它的使用温度不得超过 1300°C 。

二、轻质粘土砖

轻质粘土砖和普通粘土砖,就化学组成来说,没有什么区别。但轻质粘土砖有很高的气孔率,因而它不仅耐火而且还有良好的保温性能。普通粘土砖的体积密度为 $2.1\sim 2.2\text{g}/\text{cm}^3$,轻质粘土砖体积密度为 $0.4\sim 1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 。若体积密度为 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ 或更低时,则称为超轻质耐火粘土砖。

轻质粘土砖耐火度为 $1100\sim 1300^\circ\text{C}$ 。它的热容量小,散热损失少。由于孔隙小且分布均匀,具有足够的强度。但它的耐急冷急热性、高温结构强度和化学稳定性比较差。综合起来看这种材料的优点是主要的。因此,国内外对轻质耐火材料的研究都十分重视,其应用愈来愈广泛,是一种有发展前途的材料。这种材料宜用于热处理炉的炉侧墙和炉顶。用轻质粘土砖所砌的炉子重量轻、炉体蓄热损失少,因此炉子升温快,热效率高,这对周期作业炉的意义是很大的。

三、高铝砖

热处理炉中温度较高的区域,粘土砖往往不能完全满足要求,这时就要用比它质量好的高铝砖。例如放电电阻丝的搁砖就是高铝砖。

高铝砖中 Al_2O_3 的含量大于 48%，其余的主要成分是 SiO_2 ，杂质很少。高铝砖的耐火度和荷重软化开始点都比较高，它的使用温度最高可达 1500°C 。

高铝砖具有良好的耐急冷急热性及化学稳定性。但成本较高。

轻质高铝砖的体积密度为 $0.4\sim 0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。

四、刚玉制品

刚玉制品是属高铝砖一类的，但 Al_2O_3 的含量为 85%，最高可达 95% 以上，呈白色。刚玉制品有很高的耐火度和高温结构强度。在热处理炉中，可用作电阻丝搁砖、电阻丝接线棒和热电偶套管、马弗炉炉芯以及高温炉炉底板等。

常用耐火材料的某些性能指标见表 2-2；不同温度下常用耐火材料的平均比热见表 2-3。

表 2-2 常用耐火材料的性能

名 称	主要成分含量 %	耐火度 $^\circ\text{C}$	荷重软化 开始 点 $^\circ\text{C}$	耐急冷 急热性 次	耐压强度 N/m^2	体积密度 g/cm^3	显气孔率 %	导热系数 $\text{kJ}/\text{m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$	最高使用 温 度 $^\circ\text{C}$
粘土砖	Al_2O_3 30~48	1610~ 1730	1250~ 1350	5~25	1225~1470 $\times 10^4$	2.1~2.2	18~30	4.18(0.6 + 0.00055 $t_{\text{均}}$)	1250~1350
轻质粘土砖	Al_2O_3 30~48	1670~ 1710	1100~ 1350	1~3	588~3910 $\times 10^3$	0.4~1.3	45~80	4.18(0.25 + 0.00022 $t_{\text{均}}$) (1.0 g/cm^3)	1150~1350
高铝砖	Al_2O_3 >48	1750~ 1790	1450~ 1520	5~50	$\geq 392 \times 10^5$	2.3~2.75	16~25	4.18(1.8 + 0.0016 $t_{\text{均}}$)	1400~1500
镁砖	MgO >87	2000	1500~ 1550	1~2	$\geq 392 \times 10^5$	2.6	20	4.18(3.7 - 0.00044 $t_{\text{均}}$)	1500~1550
硅砖	SiO_2 >93	1690~ 1730	1620~ 1650	1~2	1470~1715 $\times 10^4$	1.8~1.95	22~25	4.18(0.7 - 0.00065 $t_{\text{均}}$)	1620~1650
碳化硅	SiC 80~95	1900	1750~ 1850	>150	784×10^5	2.5~2.8	10~20	4.18(8~30)	1750~1850

表 2-3 常用耐火材料在不同温度下的平均比热

名 称	平 均 比 热 $\text{kJ}/\text{kg}\cdot^\circ\text{C}$							
	100 $^\circ\text{C}$	200 $^\circ\text{C}$	400 $^\circ\text{C}$	600 $^\circ\text{C}$	800 $^\circ\text{C}$	1000 $^\circ\text{C}$	1200 $^\circ\text{C}$	1400 $^\circ\text{C}$
粘 土 砖	0.869	0.932	1.057	1.182	1.308	1.433	1.559	1.684
轻质粘土砖	0.869	0.932	1.057	1.182	1.308	1.433	1.559	1.684
高 铝 砖		0.881	0.966	1.057	1.136	1.270		
镁 砖	0.911	0.957	1.129	1.145	1.174	1.187	1.189	1.262
硅 砖	0.777	0.848	0.932	1.016	1.095	1.136	1.179	1.225
碳 化 硅				1.053	1.066	1.108	1.112	1.141

§ 2-3 常用保温材料

炉子的热能除供炉膛升温、工件吸热之外，通过炉墙向外散热也占很大的比例，为提高炉子的热效率，减少通过炉墙的热损失，需正确选用保温材料。保温材料用于砌筑炉衬的外层。

保温材料的特点是：体积密度小，气孔率高，导热系数小。

轻质耐火材料可以作为高温保温材料。在 900°C 以下，保温效果更好的材料有石棉、硅藻土、蛭石等。这些可作为粉料直接填充使用，或可加水制成胶泥状涂沫使用，也可制成型砖和型板。

一、石棉

石棉是纤维结构的矿物，它的主要成分是蛇纹石 ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。松散的石棉密度为 $0.05 \sim 0.07 \text{g/cm}^3$ ，压紧的石棉密度为 $1 \sim 1.2 \text{g/cm}^3$ 。石棉熔点超过 1500°C ，但在 700°C 时就成了粉末，使强度降低，失去保温性能，故石棉制品的最高使用温度不得超过 500°C 。石棉板是将石棉纤维用白粘土胶合而成的，石棉绳是用石棉纤维和棉线编织而成的。

二、硅藻土

硅藻土含 SiO_2 74~94%，最高使用温度不超过 $900 \sim 950^\circ\text{C}$ 。可作填料，也可制成硅藻土砖。

三、蛭石

俗称黑云母或金云母。其成分大致为： SiO_2 12~40%、 Fe_2O_3 6~23%、 Al_2O_3 14~18%、 MgO 11~20%、 CaO 1~2%。蛭石内含有大量水分，受热时水分蒸发而体积膨胀，加热到 $800 \sim 900^\circ\text{C}$ 时体积胀大数倍，体积比重也就相应减少几倍，可将去水后的蛭石直接填充使用，也可用高铝水泥作结合剂制成各种保温制品。蛭石的最高工作温度可达 1100°C 。

四、矿渣棉、珍珠岩、玻璃丝

矿渣棉：将煤渣、高炉渣和某些矿石，在 $1250 \sim 1350^\circ\text{C}$ 熔化后，用压缩空气或蒸汽直接使其雾化，形成线状物，即可使用。最高使用温度不超过 750°C 。

珍珠岩：这是一种较新型的保温材料。具有体积密度小、保温性能好、耐火度高的特点。其组成以膨胀珍珠岩为主，加磷酸铝、硫酸铝，并以纸浆液为结合剂。最高使用温度为 1000°C 。

玻璃丝：玻璃丝是液态玻璃通过拉线模拉制成的。可作为保温材料填充使用，最高使用温度为 600°C 。

表 2-4 为常用保温材料的性能。

表 2-4 常用保温材料的性能

名 称	体积密度 g/cm^3	耐 压 强 度 N/m^2	导 热 系 数 $\text{kJ/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$	平 均 比 热 $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	最高使用温度 $^\circ\text{C}$
硅藻土砖	0.5~0.7	$392 \sim 1176 \times 10^3$	$4.18(0.113 + 0.0002t_{\text{中}})$	$4.18(0.2 + 0.00006t_{\text{中}})$	900~950
轻质硅藻土砖	0.4~0.5	$392 \sim 686 \times 10^3$	$4.18(0.095 + 0.0002t_{\text{中}})$	$4.18(0.2 + 0.00006t_{\text{中}})$	900~950
硅藻土	0.55		$4.18(0.08 + 0.00021t_{\text{中}})$	$4.18(0.2 + 0.00006t_{\text{中}})$	900~950
石棉粉	0.34		$4.18(0.075 + 0.00021t_{\text{中}})$		500
石棉板	0.3~0.4		$4.18(0.16 + 0.00015t_{\text{中}})$		500
矿渣棉	0.3		$4.18(0.06 + 0.000135t_{\text{中}})$		750
玻璃丝	0.25		$4.18(0.032 + 0.00022t_{\text{中}})$		600
膨胀蛭石	0.1~0.3		$4.18(0.062 + 0.00022t_{\text{中}})$		1100
膨胀珍珠岩	0.04~0.05		$4.18(0.035 \sim 0.06)$		1000
红砖	0.8~1.5	$49 \sim 147 \times 10^5$	常温 $4.18(0.4 + 0.00044t_{\text{中}})$		750

§ 2-4 其它筑炉材料

一、耐火泥

耐火泥用来砌筑和填塞砖缝，使其相互连接，保证炉子具有一定强度和气密性。因此，要求耐火泥的成分和性能应接近于砌体的成分和性能，否则砖缝的耐火度降低，密封性减弱，甚至会损坏耐火砖。

用来制作粘土砖的耐火泥，其成分为熟料粉 50~70% 和生料粉 30~50%。所谓熟料粉就是焙烧后的耐火粘土。

砌筑硅藻土砖时，用于硅藻土填砖缝。如果用硅藻土泥浆，会降低保温性能。

砌筑轻质粘土砖的耐火泥，其成分为熟料粉 80~85% 和生料粉 15~20%。

二、建筑用砖

一般建筑用红砖是用耐火度低于 1350℃ 的易熔粘土制造的。所含的杂质较多，它的使用温度不能超过 750℃。其耐急冷急热性差。这种砖一般用作大型炉子的外墙，低温炉 炉体，以及温度低于 750℃ 的烟囱和烟道。

三、金属材料

(一) 普通金属材料

指炉壳及炉体构架所需的钢板和各种型钢（角钢、工字钢、槽钢、扁钢等）。

(二) 耐热金属材料

热处理炉的炉底板、炉罐、坩埚、导轨和料盘等，都是在高温下工作的，均需用耐热钢。常用耐热钢的成分及使用温度见表 2-5。

表2-5 常用耐热钢的成分和使用温度

钢 号	成 分 %								使用温度
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	℃
Cr-Mn-N	0.24~0.34	1.7~2.4	11~13	≤0.06	≤0.035		18~20	0.24~0.32	950~1000
Cr-Mn-N-Ni	0.16~0.25	2.1~2.8	8.5~10.5	≤0.06	≤0.035	2	19~21	0.22~0.28	950
3Cr18Ni25Si2	0.30~0.40	1.5~2.5	≤1.5	≤0.035	≤0.030	23~26	17~20		1000
1Cr18Ni9Ti	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8~11	17~19		≤850

过去热处理炉大部分用 3Cr18Ni25Si2，由于我国镍铬资源较稀缺，不宜推广使用。近来广泛应用铬锰氮硅系耐热钢，这种耐热钢有良好的抗氧化性、抗渗碳性和耐急冷急热性。国产热处理炉大部分采用铬锰氮耐热钢，其成本较 3Cr18Ni25Si2 钢低 60~70%。它的使用温度为 900~950℃，适用作炉罐、炉底板、导轨和引出棒等。

目前，许多工厂和科研单位在探索采用代用材料，以节约耐热钢。如采用 YBCr24Al2Si 的耐热铸钢，使用温度为 800~960℃。还有的采用含 Si 4.5~6% 的中硅球墨铸铁和高铝铸铁来作箱式炉炉底板，特别是高铝铸铁，耐热温度可达 1100℃ 以上，有较好的常温机械性能，高温下变形小，使用比较广泛。这种高铝铸铁，其成分中加入稀土硅铁合金 1% 进行球化处理。如不进行球化处理，高铝铸铁的含碳量应降至 1.5% 以下。

思 考 题

1. 热处理炉对耐火材料的要求如何？
2. 用哪些指标来评定耐火材料的质量？这些指标的意义是什么？
3. 耐火粘土砖的成分如何？它的性质如何？
4. 轻质耐火材料有什么特性和用途？
5. 高铝砖的用途如何？
6. 保温材料有那些特点？使用时应注意什么？
7. 耐火泥的特点和使用。
8. 常用耐热钢和某些代用品的性能比较。