

食品机械使用 维护与故障诊断

袁巧霞 任奕林 主编

SHIPIN

JIXIE

SHIYONGWEIHU

YU

GUZHANGZHENDUAN

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



食品机械使用 维护与故障诊断

主编 王 强 副主编 王 强

SHIPIN

机械工业出版社

2011

中国轻工业出版社



食品机械使用维护与故障诊断

主编 袁巧霞 任奕林
参编 刘国锋 牛智有 王 莉



机械工业出版社

本书从注重实用的角度,系统讲述了常用食品机械及设备的工作原理,结构特点,使用与维护、保养的基本知识。全书内容包括:绪论;食品机械使用维护与故障诊断的基础知识;食品输送机械与设备;食品清理和分选设备;粉碎机械与设备;食品分离机械与设备;食品混合机械与设备;食品蒸发浓缩机械与设备;食品干燥机械与设备;食品成形机械与设备。

本书主要供从事食品加工及设备维修行业的生产人员、维修人员、管理人员以及科技人员参考,也可作为本科、高职高专、中职中专院校食品机械、食品工程和农产品加工工程等专业的教科书。

图书在版编目(CIP)数据

食品机械使用维护与故障诊断/袁巧霞,任奕林主编.

—北京:机械工业出版社,2009.3

ISBN 978-7-111-26430-9

I. 食… II. ①袁…②任… III. ①食品加工设备-故障诊断②食品加工设备-维修 IV. TS203

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第026508号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王春雨 版式设计:张世琴 责任校对:陈延翔

封面设计:赵颖喆 责任印制:李妍

北京汇林印务有限公司印刷

2009年4月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·387千字

0001-3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-26430-9

定价:34.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379782

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着我国国民经济的发展和人民生活水平的提高，人们对食品生产提出了更高的要求。现代消费者对食品的安全、营养、风味、方便等性能十分重视，这对食品工业的发展无疑是一个契机，同时也给食品机械行业提供了一个广阔的发展空间。

食品机械现代化的程度是衡量一个国家食品工业发展的重要标志。它直接关系到食品制造业和加工业产品科技含量的多少以及食品深加工附加值的高低。随着科学技术的进步与发展，我国食品机械与设备正向复杂、自控、成套和机电一体化方向发展。同时，由于食品工业原料和产品品种繁多，加工工艺各异，食品机械也是门类各异，品种多样。随着客观环境的变化，食品机械与设备正常的使用与维护工作正面临着新的挑战。

本书从食品机械使用维护与故障诊断的基础知识入手，根据食品机械设备的功能，将其分为食品输送机械与设备、清理和分选设备、粉碎机械与设备、分离机械与设备、混合机械与设备、蒸发浓缩机械与设备、干燥机械与设备和成形机械与设备等八类。书中分别叙述各类机械与设备中典型机型的基本结构、工作原理、使用与维护以及故障排除。本书的编写宗旨是使读者通过学习本书，掌握常见食品机械与设备的结构、工作原理以及设备维护与保养基本知识；具备食品工业中常用设备的使用和操作能力，能判断、处理生产过程中发生的一般故障；能初步掌握食品机械设备安装与维修的技能。

本书共有十章，由华中农业大学袁巧霞、任奕林两位老师主编，第一、二、十章由袁巧霞编写，第三、四章由河南工业大学刘国锋编写，第五、八、九章由任奕林编写，第六章由湖北工业大学王莉编写，第七章由华中农业大学牛智有编写。全书由袁巧霞负责统稿，任奕林审核。

在本书编写过程中，华中农业大学廖庆喜教授提出了宝贵意见，同时还得到有关学校、出版社的领导及工作人员的大力帮助和支持，谨在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者批评指正。

编者

目 录

前言		
第一章 绪论	1	
第一节 食品机械种类与特点	1	
第二节 食品机械及其故障诊断技术的发展概况	1	
第三节 食品机械维护保养与故障诊断的目的、意义	3	
第四节 食品机械设备故障诊断的内容	4	
第二章 食品机械使用维护与故障诊断的基础知识	6	
第一节 食品机械常用材料	6	
第二节 食品机械的腐蚀原理和腐蚀保护	12	
第三节 食品机械故障诊断	28	
第三章 食品输送机械与设备	34	
第一节 带式输送机	34	
第二节 斗式提升机	42	
第三节 螺旋输送机	49	
第四节 振动输送机	53	
第四章 食品清理和分选设备	57	
第一节 筛分除杂设备	57	
第二节 比重去石设备	70	
第三节 重力分级去石机	75	
第四节 滚筒式形状分级设备	78	
第五章 粉碎机械与设备	80	
第一节 概述	80	
第二节 挤压破碎设备	82	
第三节 冲击粉碎机械设备	85	
第四节 研磨粉碎机械设备	90	
第五节 切割破碎机械与设备	96	
第六章 食品分离机械与设备	104	
第一节 过滤机	104	
第二节 食品压榨机械	112	
第三节 离心机	116	
第七章 食品混合机械与设备	125	
第一节 搅拌机	125	
第二节 混合机	137	
第三节 调和机	147	
第四节 均质机	152	
第八章 食品蒸发浓缩机械与设备	161	
第一节 概述	161	
第二节 真空浓缩设备	165	
第三节 真空浓缩设备的附属设备	171	
第四节 蒸发器选用和故障原因分析与排除	175	
第九章 食品干燥机械与设备	179	
第一节 概述	179	
第二节 喷雾干燥设备	181	
第三节 流化床干燥设备	191	
第四节 带式干燥设备	198	
第五节 冷冻干燥设备	204	
第十章 食品成形机械与设备	213	
第一节 食品挤压膨化机械	213	
第二节 挤出成形机械	231	
第三节 包馅成形机械	235	
第四节 搓圆成形机	242	
参考文献	245	

第一章 绪 论

随着我国国民经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,我国食品工业得到了迅猛发展,已成为我国国民经济的支柱产业,作为装备食品工业的食品机械的发展尤为迅速。食品机械的发展为食品工业的发展提供了基本条件,而食品工业生产中,食品机械安全可靠地运行,则是食品生产产量和质量的保证。

第一节 食品机械种类与特点

由于食品加工原料和产品的复杂、多样性,使食品加工机械设备的品种也十分复杂。我国目前尚未制定食品机械分类标准,但较为流行的两种分类方法为按设备的加工产品分类和按设备的功能分类。

一、按设备的加工产品分类

按设备的加工产品分类,可分为大米加工机械、面粉加工机械、制糖机械、豆制品加工机械、焙烤食品机械、乳品机械、果蔬加工和保鲜机械、罐头食品机械、糖果食品机械、酿造机械、饮料机械、方便食品机械、调味品和添加剂制品机械、炊事机械等。这种分类方法的指导思想是从加工工艺方面考虑,强调设备的工艺配套性,但由于许多产品的某些加工工序内容基本相同,所采用设备亦是相同,因此按加工产品对象进行分类,就会有重复、交叉,概念容易混乱,有失科学性。

二、按机械设备的功能分类

按机械设备的功能分类,一般可分为清理与分选机械,粉碎和切割机械,搅拌、混合与均质机械,脱壳与剥皮机械,固液分离机械,成形机械,蒸发浓缩机械,干燥机械,焙烤机械,冷冻和冻结机械,包装机械,输送机械等。这一分类方法的指导思想是从机械设备方面考虑,突出设备的功能、工作原理及特点。

第二节 食品机械及其故障诊断技术的发展概况

一、我国食品机械发展概况

食品机械现代化的程度是衡量一个国家食品工业发展水平的重要标志,它直接关系到食品制造业和加工业科技含量的多少,以及食品深加工附加值的高低。而科学技术和食品工业的迅速发展又大大推动了食品机械的发展。据国家统计局资料,全国食品工业(食品、饮料等)总产值到2004年已超过16 000亿元。食品工业的发展带动了食品机械的发展,1999年全国专业食品加工机械企业约有2100多家。工业总产值150亿元,产品品种约2300多

种,已能不同程度地装备食品工业的23个分支,并已成为机械工业的十大产业之一。食品机械行业中已经形成一批不仅能够满足国内市场需要,而且能打入国际市场的优良产品。主要出口机械为方便面生产线、灌装生产线、胶体磨、饺子机等十几种产品。在全行业广大企业和科研人员的努力下,新产品、新技术、新成果不断出现,并转化为生产力进入市场。

经过20多年的发展,我国食品机械工业随着食品工业的发展而得以快速发展,形成了门类齐全、布局基本合理、品种基本配套、技术水平与食品工业发展基本适应的、独立的行业体系。主要表现在以下几个方面:

1. 食品机械的品种成倍增加

20世纪80年代以前,我国食品机械的品种不足500种,主要用于粮油、饮料、酿造、糖果、乳品等加工,产品的空白点多,设备不成套,装备食品工业的能力极差。进入80年代,中国食协包装机械委员会和中国食协机械专业委员会的成立,加强了对各部门食品机械生产、科研的经济协调,促进了新产品的大量涌现。与改革开放前相比,装备食品工业的能力大大提高。

2. 食品机械的质量有明显提高

现在生产的食品机械,凡与食品接触部位或易腐蚀部位,都采用不锈钢或无毒材料,或在碳钢表面喷涂耐腐蚀涂料,从而有效防止了腐蚀及对食品的污染,保证了食品卫生,延长了使用寿命。食品机械的加工工艺日趋精细,零件的合格率达95%。产品的三漏问题(漏汽、漏水、漏油)得到了较好的解决。产品工作时的噪声明显降低,可靠性有所提高,其外观质量也有较大提高。

3. 高新技术的应用研究取得较大进展

我国对辐射技术的应用进行了广泛试验,并已进入实用化阶段。真空技术、超临界萃取技术、膜分离技术及微波技术等高新技术,在食品机械应用中得到了广泛的试验研究和部分实用化推广。

4. 食品机械行业的各种机制已逐步建立

到21世纪初,我国食品机械行业拥有40万从业人员,生产食品机械的企业有2000多家,产值高达130亿元。从事食品机械开发与研究的科研机构有70余所,科技人员近5000人,有20所高等院校设立了食品机械专业。各级食品机械产品质量监控体系都已建立,国家有关部委设立了办公室,统筹规划食品机械行业的发展,一个门类齐全、体系基本完善、独立的新兴产业已经形成。

二、机械设备故障诊断技术的发展概况

机械设备故障诊断技术是利用测取机械设备在运行中或相对静态条件下的状态信息,通过对所测得信号进行分析和处理,并结合诊断对象的历史状态,来定量识别机械设备及其零部件的实时技术状态,并预知有关异常故障和预测未来的技术状态,从而确定必要对策的技术。机械设备故障诊断技术是在设备管理和维修的基础上发展起来的,其发展大致可分为四个阶段:

第一个阶段是在19世纪,当时机械设备本身的技术水平和复杂程度都很低,主要采取后维修的方式。

第二个阶段是20世纪初到20世纪50年代,随着大生产的发展,机械设备本身的复杂

程度有了提高,机械设备故障或事故对生产的影响显著增加。在这种情况下,出现了定期维修的方式。这个时期,机械设备故障诊断技术处于孕育时期。

第三个阶段是20世纪60~70年代,随着现代计算机技术、数据处理等技术的发展,机械设备故障诊断技术在欧美一些国家得到了发展,出现了更科学的按设备状态进行维修的方式。以英国倡导的设备综合诊断学为指导,以Collacott为首的英国机械保健和状态监测协会最先开始采用故障诊断技术,他们在摩擦磨损、汽车和发电机监测方面处于领先地位。美国的发展则是以后勤学为指导的设备服务维修。美国在1961年开始执行阿波罗计划后,出现了一系列因设备故障造成的事故。1967年在美国宇航局的倡导下,由美国海军研究室主持成立了美国机械故障预防小组,积极从事技术诊断的开发。他们在航空航天、军事及核能等尖端领域处于领先地位。日本则吸收了英美两国的优点,提出了全员维修(TPM)的观点。日本的新日铁自1971年开始开发诊断技术,1976年进入实用化。日本的钢铁、化工、铁路诊断技术世界领先。

第四阶段是进入20世纪80年代以后,人工智能技术和专家系统、神经网络等开始发展,并在实际工程中应用,使机械设备诊断技术达到了智能化的程度。虽然,这一阶段发展历史并不长,但已有研究成果表明,机械设备的智能诊断技术具有十分广阔的应用前景。

在我国,经过30多年的研究与发展,故障诊断技术已应用于飞机自动驾驶、人造卫星、航天飞机、核反应堆、汽轮发电机组、大型电网系统、石油化工、飞机、汽车、冶金、矿山设备和食品机械设备等领域。

第三节 食品机械维护保养与故障诊断的目的、意义

食品机械设备的维护保养可以使机械设备处于良好的技术状态,保持应有的工作性能,延长其使用寿命,避免不应发生的事故损坏,以充分发挥其效能。食品机械设备是按一定的工作条件进行设计,并有其各自的运行规律,必须按照设计规定的工作条件及其运行规律正确地使用、操作和维护保养,才能保证机械设备经常处于良好的技术状态。例如:要经常保持机械设备零部件的完整和齐全,并使它们经常得到必要的和正确的紧固和调整;做好食品机械设备的清洁、润滑、密封和防腐等工作;按照食品机械设计规定的工作载荷、速度、压力、温度和操作程序等进行使用和操作,并使机械设备的技术资料和使用记录资料齐全、准确等。尽管如此,食品机械设备在使用过程中受到载荷、摩擦、高温和高湿等作用,仍不可避免地造成零部件的磨损、配合失调,技术状态逐渐恶化,设备性能下降,必须进行有计划的、及时的修理。除此以外,在食品机械设备设计、制造和使用中存在的缺点、错误,也会造成机械设备的事故和损坏,需要进行修理。通过及时、迅速和高质量的修理,才能快速恢复机械设备的正常工作条件、应有的技术状态和工作能力,机械设备的效能才能得到充分的发挥。

食品机械设备诊断技术的目的则是“保证可靠地、高效地发挥设备应有的功能”。其含义包括三点:一是保证设备无故障,工作可靠;二是保证物尽其用,设备要发挥其最大的效益;三是保证设备在将有故障或已有故障时,能及时诊断出来,正确地加以维修,以减少维修时间,提高维修质量,节约维修费用,应使重要的设备能按其状态进行维修(即视情况维修或预知维修),改革目前按时维修的体制。设备诊断技术应为设备维修服务,可视设为

备维修技术的内容,但它决不仅限于为设备维修服务,还应保证设备能处于最佳的运行状态。这意味着它还应为设备的设计、制造与运行服务。例如,它应能保证动力设备具有良好的抗振、消振、减振等能力。

第四节 食品机械设备故障诊断的内容

食品机械设备诊断技术的最根本任务是通过检测设备对机械系统所处的状态进行监测,判断其是否正常;当出现异常时,分析其产生的原因和部位,并预报其发展趋势。具体讲,设备诊断技术应包括以下五方面内容。

1. 正确选择与测取设备有关状态的特征信号

所测取的信号应该包含设备有关状态的信息。例如,诊断锤片式粉碎机锤片有无磨损决不能靠测取粉碎室温度来判定,因为温度信号中不包含有无磨损的信息,而测取转子的振动信号则可达到目的,这种信号可称为特征信号。

2. 正确地特征信号中提取设备有关状态的有用信息

一般来讲,从特征信号来直接判明设备状态的有关情况,查明有无故障,是比较难的。例如,一般难于从结构的振动信号直接判明结构有无裂纹或磨损,还需要根据振动理论、信号分析理论、控制理论等提供的理论与方法,加上试验研究,对特征信号加以处理,提取有用的信息(称为征兆),才有可能判明设备的有关状态。理论分析与试验研究表明,从振动信号中计算出的固有频率这一征兆固然可用,但对结构有无裂纹产生并不敏感,而计算出的频率特性(或称频响函数)却存在着十分敏感的频带,因此,以频率特性作为征兆则更为合适。

征兆,可以是结构的物理参数(如质量、刚度等)、结构的模态参数(如固有频率、模态阻尼、模型等)、设备的工作特征(如耗油率、工作转速、功率等)、信号的统计特性(如均值、方差、自功率谱等),也可以是由信号中得出的其他特征量(如自回归模型参数等)。

3. 根据征兆正确地进行设备的状态诊断

一般来讲,还不能直接采用征兆来进行设备的故障诊断,识别设备的状态。这时,可以采用多种的模式识别理论与方法,对征兆加以处理,构成判别准则,进行状态的识别与分类。例如,对发动机的正常状态、阀撞击状态与连杆撞击状态进行诊断时,可以测取振动信号,采用时序方法加以处理,建立自回归模型,将自回归参数与残差方差作为征兆后,用此征兆构成 Kullback—Liebler 信息测度这一判别准则,来识别发动机所处的状态。显然,状态诊断这一步是设备诊断重点之所在。当然,这决不表明设备诊断的成败只取决于状态诊断这一步,特征信号与征兆的获取正确与否,应该是能否进行正确的状态诊断的前提。

应指出,征兆既用于由外表现象推断内部状态,此时可称为症候;又用于由现在现象推断未来状态,此时可称为预兆。状态诊断既包括诊断设备是否将发生什么故障,即早期诊断;也包括诊断设备已发生什么故障,即故障诊断。

4. 根据征兆与状态正确地进行设备的状态分析

当状态为有故障时,应采用有关方法进一步分析故障位置、类型、性质、原因与趋势等。例如,故障树分析是分析故障原因的一种有效方法。当然,故障的原因往往是次一级的

故障，如轴承烧坏是故障，其原因是输油管不输油，不输油是因油管堵塞，后者是因滤油器失效等，这些原因就可称为第二、三、四级故障。由于故障的原因可能是次级故障，因此有关的状态诊断方法也可用于状态分析。当状态为无故障时，则可用 Kalman 滤波、时序模型等方法进一步分析状态趋势，预计未来情况。

5. 根据状态分析正确地作出决策

干预设备及其工作进程，以保证设备可靠、高效地发挥其应有功能，达到设备诊断的目的。所谓干预包括人为干预和自动干预，即包括调整、修理、控制、自诊断等。

第二章 食品机械使用维护与故障诊断的基础知识

第一节 食品机械常用材料

食品机械广泛使用各种材料,除各种金属和合金材料外,还利用木材、陶瓷、搪瓷、玻璃、纺织品以及各种各样的有机合成材料。食品生产的工艺条件较为复杂,对材料的要求亦不相同,在设计、使用、维护和修理过程中,必须掌握各种材料的基本性能,才能作出正确的选择。

一、食品机械设备对材料的一般要求

对设备中与食物介质相接触部分的要求为:对食品必须无害,不污染食品;不受或少受接触介质的破坏,以延长使用寿命。

1. 力学性能

食品机械一般属于轻型机械,多数零部件受力较小。对于轻型机械,一般要求尽量降低整机及零部件的重量和体积,但并没有降低对材料力学性能方面的要求,而且除了强度、刚度和硬度等要求以外,还增加了一些其他的要求。例如,在食品机械中经常要处理大批量成件物品,常出现高速往复运动的构件,必须从疲劳强度方面来要求机件的性能。还有一些零部件常常高频率地与大量物料相接触,并产生高速相对运动,成为非常容易磨损的易损件。例如,锤片式粉碎机中的锤片与分切机中的刀片等零件均为易损件,对材料的耐磨性和硬度就有极高的要求。

食品挤压机的螺杆和套筒尽管与物料的相对运动速度不高,但它们是在 200MPa 高压和 200℃左右的高温下工作,不仅要有较高的抗扭强度、耐磨性和较高的抗蠕变能力,还必须考虑其材料在高温或低温下的力学性能。

2. 物理性能

食品机械的性能常常和材料的物理性能有关。例如:密度、比热容、热导率、软化温度、热膨胀性、热辐射波谱、磁性、表面摩擦特性、抗粘着性等。在不同的使用场合,要求材料有不同的物理性能,如传热装置要求有较高的热导率,食品的成形装置则要有较好的抗粘着性,以便脱模。两种不同的金属进行焊接时,要考虑其热膨胀性是否接近,否则会导致零件变形或损坏。

3. 耐腐蚀性能

食品生产中所处理的物料常常对金属材料有腐蚀性。有些本身就是酸、碱,如醋酸、柠檬酸、苹果酸等多种有机酸,盐酸、小苏打等无机酸和碱,以及常用的食盐等。有些物料本身没有腐蚀性,但在微生物生长繁殖时,会产生带有腐蚀性的代谢物,如物料分解或腐败可以生成二氧化碳、硫化物和氮化物等,也会对金属产生腐蚀,而微生物又能直接影响到阳极和阴极的反应速度,能形成特殊的腐蚀性介质。

食品机械因材料选择不当而受腐蚀,不仅损坏机械,更重要的是造成食品污染。如某些金属离子溶出进入食品中,会损害人体健康,也会破坏食品的风味和营养。因此,在食品机械中许多零件,特别是食品直接接触的零件,既要求对食品本身无害,又要求不受或少受物料介质的腐蚀破坏,以保持食品卫生,并延长使用寿命。所以,食品机械在选择材料时应注意防腐要求,或考虑防腐措施。其耐腐蚀程度决定于:材料的化学性质和表面状态以及受力状态;物料介质的种类、浓度和温度等参数。

食品机械材料的机械物理性能和化学性能有时会发生矛盾,难以同时满足要求,此时可以通过复合材料或表面涂层的方法来加以解决,以充分发挥不同材料的优点。

4. 制造工艺性

材料的制造工艺性能至关重要,否则设计出来的零件有可能难以加工,甚至无法加工。例如焊接件的材料就要有好的焊接性和切削加工性能;而要求表面硬度高的零件要有良好的热处理性能;表面涂装的零件则要有良好的附着性能;需要切削加工的材料要有良好的切削加工性能。

二、食品机械设备常用的金属材料

1. 碳钢和铸铁

普通碳钢和铸铁均不能耐腐蚀,易生锈,更不宜直接接触有腐蚀性的食品介质,一般用于设备中承受载荷的结构。在承受干物料的磨损构件中,钢铁材料较为理想,因为铁碳合金通过控制其成分和热处理,可以得到各种耐磨的组织结构。

铁质本身对人体无害,但遇含有单宁的食品,会使食品变成黑色。铁锈剥落于食品中还会对人体造成伤害。

钢铁如作为与食品直接接触的构件,常常需要进行表面涂层,例如镀锌的白铁皮,镀锡的马口铁。马口铁热镀锡厚度为 $3\mu\text{m}$,有时表面有细孔,会形成铁-锡电池产生腐蚀,用做罐头包装会影响色、味和产生气体。目前用电解法镀锡,覆盖层厚度为 $0.35 \sim 1.8\mu\text{m}$,减少了用锡量,镀层也均匀,但仍然难以避免细孔,表面还要覆盖其他涂料。

食品生产中可以采用涂搪瓷的钢铁容器。搪瓷的原料含有长石、硅砂、硼砂、碱、氟石以及其他成分。搪瓷最大的优点是能耐有机酸和无机酸的腐蚀,表面光滑,易于清洗和保持卫生。其致命缺点是在碰撞力或高温的作用下,釉可能碎裂,只要有极少量碎片落入食品物料中,就有可能造成严重后果。因此目前在食品生产中较少使用。代替搪瓷材料的有各种无毒树脂涂料,其涂层耐腐蚀而不会产生碎片。

2. 不锈钢和耐酸钢

不锈钢是指耐大气腐蚀的合金钢,耐酸钢则是指在各种无机和有机酸介质中能够耐腐蚀的合金钢,常称为不锈钢或不锈耐酸钢。

不锈钢几乎能耐所有食品介质的腐蚀,可以得到很高的表面质量,完全能满足食品工业对机械设备的卫生要求,在食品机械中广泛使用。

不锈钢基本金属为铁-铬合金和铁-铬-镍合金。镍铬不锈钢是食品机械所使用的主要材料之一,因为它不仅对一系列食品介质有高耐腐蚀稳定性,同时具有高的力学性能,在冷热条件下皆有较高塑性,对于所有的焊接方法焊接性好。而铁-铬合金在不锈钢中价格较低。在不锈钢基本金属中还可以添加其他元素,如钛、铌、钼、钨、铜、氮等,以提高其耐

腐蚀稳定性、机械物理性能以及加工工艺性能。

随着成分比例和热处理不同,不锈钢的金相组织可以分为:铁素体型、马氏体型、奥氏体型、奥氏体-铁素体型等几种。它们的性质也各不相同。

铁和铬是各种不锈钢的基本成分。实践证明,当钢中铬的质量分数在 12% 以上时,就可以对各种介质耐腐蚀,一般不锈钢中铬的质量分数不超过 28%。

3. 铜和铜合金

纯铜俗称紫铜,其特点是热导率特别高,所以常常被用做导热材料,可以制造各种换热器。

纯铜的冷压和热压加工性能好,对许多食品介质具有高的耐腐蚀性能,能耐大气和淡水腐蚀,对中性溶液及流速不大的海水都具有耐腐蚀性能。对于一系列的有机化合物,如醋酸、柠檬酸、草酸和甲醇、乙醇等醇类,纯铜都有好的耐蚀稳定性。但当处理介质中存在氨、硫化氢以及氯化物时,纯铜的腐蚀会加快。因此其对无机酸、硫化物都不耐蚀。由于纯铜的耐蚀性和加工性好,易于保持表面光洁和清洁卫生,在食品机械制造中仍占有一定的地位,例如用于制造蒸煮锅、蒸发器、蒸发管、螺旋管等。纯铜的铸造性不好,不用做铸件。

青铜是在铜中加入锡、铝、锰、硅等,以调整其性能的铜合金,这些成分对食品无害。青铜是常用铜合金,食品机械设备主要采用锡青铜,也可用铝青铜和硅青铜。含有铅和锌的青铜不允许和食品接触。

硅黄铜具有良好的浇注性和冷热冲压性能,在低温下也不降低塑性,适于低温下使用。硅黄铜可与钢及其他合金相焊接,焊接性能良好,耐腐蚀性能也好。

铜制设备和容器不适于加工和保存乳制品,当乳或乳制品中铜的质量分数达 1.5×10^{-9} 时,就会带有不适味,奶油会很快酸败,加热时也会加快氧化。

铜对维生素 C 也有影响,极少量的铜也会促成维生素 C 很快分解,所以处理富含维生素 C 的蔬菜汁和水果汁时,忌用铜制设备。以前曾采用铜面镀锡的办法,目前则采用热导率较小的不锈钢代替。

4. 铝和铝合金

铝的密度小,热导率高,具有较好冲压性、焊接性好,但力学性能和铸造性较差。在强度要求不高的炊具、容器、热交换器及冷冻设备中应用范围很广,允许工作温度在 150℃ 以下。

铝的一般腐蚀产物为 Al_2O_3 , 白色无毒。铝和铝合金在许多浓度不高的有机酸中,如醋酸、柠檬酸、酒石酸、苹果酸、葡萄糖酸、脂肪酸等,以及在酸性的水果汁、葡萄酒中,腐蚀是微弱的,但草酸和蚁酸是例外的。铝在各种无机酸及碱溶液中被迅速破坏。

在食品机械中,采用的铝合金主要有压力加工铝合金及铸造铝合金两类。铸造铝合金用来制造批量较大的小型食品机械的机身,可以得到良好的造型和光洁美观的表面。

防锈铝中含有镁、锰、铬,具有较高的耐腐蚀性。经过退火或时效的防锈铝塑性好,焊接性好,并且抗疲劳强度高。在耐腐蚀性或强度要求不太高的食品机械中可以使用防锈铝,以代替高价的不锈钢。

食品机械中的铝铸件可采用不含铜的硅铝合金,铸造性好,并具有较高的耐蚀性。

在食品机械中铝材主要适用于糖类、脂肪类、乳类制品等。但在强酸和碱溶液中,铝很容易被腐蚀。

三、食品机械设备常用的非金属材料

(一) 非合成材料

木材曾经是食品机械中广泛使用的材料,它有许多优点,例如耐酸、加工性能好、轻便等,既可以制造容器,也可以作为各种机械的支撑结构。至今在西方酿酒业中仍作为贮酒容器(橡木桶)。

在不锈钢普及使用前,搪瓷和玻璃衬里也曾作为食品容器的主要材料之一。搪瓷承受压应力的能力较承受拉应力的能力强,具备较高的力学性能;搪瓷的耐腐蚀性好,对高温无机酸和有机酸的作用稳定,对碱、氢氟酸的作用不稳定;搪瓷设备不能承受激冷,设备激冷时会造成搪瓷层破裂。

金刚砂是机械行业的磨具磨料,在食品工业中也用做磨具材料。金刚砂磨具的优点是特别耐磨,当金刚砂的粒度配比和粘结材料改变时,可以得到所需要的表面粗糙度,以满足工艺需要,具有自锐性,可以在工作时保持表面特征;缺点是性脆,不耐冲击。

橡胶由于它的柔性和弹性以及表面滞涩性,常用做传动带、传送带、密封件、隔振器,在食品机械中也有应用,如脱壳机中的胶辊,但对于直接接触食品的构件,要求必须是食品级无毒橡胶。

玻璃钢用于食品机械是因其密度小、强度大、耐冲击、耐腐蚀。玻璃钢的结构成分是玻璃纤维和树脂,用于制造食品机械的防护罩等结构是十分适宜的。

(二) 合成材料

合成材料已经大量应用于食品机械和作为食品包装材料。许多种类的合成材料具有高度的化学稳定性,并对人类无毒,例如聚乙烯、聚丙烯、聚酯、聚四氟乙烯等。这些材料有许多优越的性能是不锈钢和其他金属所不具备的。

由于各种合成材料的理化性质不同,一般分为硬塑料和软塑料,或根据其对温度的反应和成型方法分为热塑性和热固性两类。

许多合成材料能成为食品机械构件材料的原因主要包括以下几点:①良好的化学稳定性(对水、海水、酸、碱、辐射等);②良好的力学性能;③密度比金属小得很多(如制成泡沫体则更小);④热熔性好;⑤电阻极大;⑥光学特性好,有些有一定透明度;表面光滑,并可加入各种色彩;⑦吸振消声;⑧加工性能好(可注塑、压塑、切削、焊接等)。

1. 尼龙

学名是聚酰胺,种类很多,如尼龙6、尼龙66、尼龙610、尼龙1010等。

尼龙是一种热塑性材料,与一般合成材料比较,其制品优点为:强韧、耐磨、密度小、耐一般化学品、无毒、耐热耐湿、有自润滑性能、运转无噪声、易染色。

尼龙本身有相当好的强度,如加入30%(质量分数)的玻璃纤维,其抗拉强度可以提高2~3倍,抗压强度提高1.5倍,本来较高的抗冲击强度也可以进一步得到提高。但由于热胀性和吸水性会导致其尺寸有变化,使其耐酸性较差(特别是氧化剂),在光照下易老化,故一般不做耐酸材料使用。

尼龙的韧性随相对分子质量、结晶结构、制品设计和吸湿量而变。尼龙66的刚性比尼龙6好。在一般机械制造中,尼龙可以制造的零件极其广泛,如轴承、齿轮、轴辊、滑轮、泵叶轮、风机叶片、涡轮、密封件、垫片、传动带、管件、轮、衬套等。

由于尼龙零件有自润滑性能,所以能在无油润滑条件下工作。无油润滑的摩擦因数通常约为0.1~0.3,是酚醛树脂的1/4,是巴氏合金的1/3。油润滑时摩擦因数更小,但水润滑时摩擦因数反比干燥时更大。尼龙的耐磨特性可因加入二硫化钼或石墨而得到改善。尼龙1010的耐磨程度为铜的8倍,但密度只有铜的1/7。

尼龙的加工方法很多,可以用挤塑、烧结、浇铸等方法成型。尼龙1010还可以用火焰喷涂法在预先经过去油喷砂,并预热到 $250^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的金属工件上形成均匀、耐蚀的涂层。

2. 聚烯烃

聚烯烃类中最常见的如聚乙烯(PE)、聚丙烯(PP)、聚苯乙烯(PS)等。

聚乙烯可耐一般酸碱及有机溶剂,但不能耐强氧化性酸侵蚀。由于适宜制成薄膜,并且价廉,所以广泛用作包装材料。

超高相对分子质量的聚乙烯是塑料中吸收能量最高的一种,具有高抗冲击能力和耐磨性,所以可以代替部分皮革、木材、硬橡胶及金属材料,制造机器上要求耐磨、耐冲击的零件。低聚乙烯还可以用做容器设备的涂层衬里。

聚丙烯比聚乙烯密度更小,透明度更高,可以在 100°C 条件下连续使用,在 120°C 条件下断续使用,在 150°C 条件下无负荷使用。

聚丙烯的特点是易受光、热和氧化作用而老化,加稳定剂后可以得到改善。大量用做食品包装和作为食品的蒸煮加热容器。聚苯乙烯具有透明、价廉、刚性、绝缘性、印刷性好等优点,可用于制作各种零件。由于它可以加入发泡剂做成泡沫塑料,因此在食品工业中可以用来制造冷冻绝缘层,每 1m^3 仅重16kg。

3. 聚碳酸酯(PC)

这种材料具有优良的工程性能,密度为 $1.2 \times 10^3 \text{kg/m}^3$,本色微黄,呈透明或半透明状,着色性好,不易老化。

聚碳酸酯的重要力学性能是刚而韧,无缺口冲击强度在热塑性塑料中名列前茅。聚碳酸酯的成型零件可以达到很精密的公差,并在很宽的温度范围内保持其尺寸稳定性,成型收缩率恒定为0.5%~0.7%,线膨胀系数低。最高使用温度可达 135°C (干)。热变形温度为 $135 \sim 143^{\circ}\text{C}$,当用玻璃纤维增强后,热变形温度可提高到 $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$ 。

聚碳酸酯的缺点为有一定吸湿性,正常使用情况下吸湿率为0.15%,在室温水中的吸湿率为0.35%,在沸水中吸湿率为0.58%,在 60°C 以上的水中会导致开裂而失去韧性。在水蒸气中反复蒸煮100次后,它的物理性能会显著下降。

由于以上特性,聚碳酸酯在食品机械中常用来制造需要承受冲击载荷的食品模具和托盘,具有良好的使用性能。例如,饼干机上的冲压模和辊印模,巧克力浇铸成型托盘等。还可以用来制造各种饮料器具、容器、离心分离管、泵叶轮等。

4. 氟塑料

氟塑料是各种含氟塑料的总称,其中包括聚四氟乙烯、聚三氟氯乙烯、四氟乙烯-乙烯共聚物以及全氟烃等。

聚四氟乙烯(PTFE, F_4)是氟塑料中最重要的一种,乳白色蜡状,不亲水,光滑不粘,摩擦特性像冰,外观似聚乙烯但密度大($2.2 \times 10^3 \text{kg/m}^3$),是塑料中密度最大者,有良好的耐热性和极好的化学稳定性,能耐王水侵蚀,有“塑料王”之称。

聚四氟乙烯的摩擦因数极低,且不受润滑剂的影响,可以自润滑,其自身静摩擦因数为

0.1~0.2, 载荷越大则静摩擦因数反而越小。动摩擦因数是随速度而异, 当相对速度为 0.01~1.0cm/s 时, 为 0.04~0.1。

聚四氟乙烯的摩擦因数虽小, 但当载荷 F 与滑动速度 v 的乘积超过一定值时, 磨损就变得很大。因此聚四氟乙烯做滑动件时, 有一个实用的 Fv 值上限, 一般用做轴承时 Fv 值限于 $1\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

聚四氟乙烯在长时间的连续载荷下会发生蠕变(冷流动性)。蠕变量决定于载荷大小、时间长短和温度高低等因素, 所以在选择使用中必须注意防止或利用蠕变的发生。

由于聚四氟乙烯的熔融粘度极高, 不能注塑成型, 只采取类似粉末冶金的办法来模压成型和烧结。将白色的 F_4 树脂粉末在模具中以 20~35MPa 的压力冷压成型, 再在 370~380℃ 温度下烧结, 凝成坚实的制品, 然后冷却定型, 再经切削加工成零件。

含有阴离子或非离子活性剂的聚四氟乙烯水分散液, 可以用来浸渍或者喷涂其他材料。水分散液中的固体含量为 60%, 粘度为 $25\text{mPa} \cdot \text{s}$ (25℃), pH 为 10, 平均粒径小于 $1\mu\text{m}$ 。经过浸渍和喷涂的材料干燥后烧结。每浸渍、干燥和烧结一次, 树脂层的厚度增加 $20\mu\text{m}$ 左右, 可反复进行, 达到要求厚度为止。这样处理得到的复合材料, 同样可具有润滑、气密、不粘、电绝缘等性能。

聚四氟乙烯的热膨胀系数比较大, 从室温加热到 260℃ 时膨胀 4%。允许的工作温度范围很大, 最高连续使用温度可高达 260℃, 最低工作温度可低至 -269℃, 在液氢中也不发脆。如果加热到 415℃ 以上, 则分解出有毒气体。不过在一般工作条件下是绝对无毒的, 对食品也是十分安全的。

在许多食品的加工过程中, 物料常常容易粘结在机器的工作表面而影响制品的质量和操作过程。如果采用聚四氟乙烯作为与物料接触的工作构件的表面, 则可有效地避免粘结。如果将其用做食品成形模具的材料, 可以得到较理想的脱模效果。因此, 聚四氟乙烯在食品机械中具有广阔的应用前景。

聚三氟氯乙烯 (PCTFE, F_3) 同样具有抗粘结性和化学稳定性能, 与聚四氟乙烯相比, 密度相近, 摩擦因数大(对钢材为 0.3~0.4), 硬度大, 耐热性稍差, 长期使用温度为 -200~200℃。

聚三氟氯乙烯比聚四氟乙烯容易成形, 可以注塑, 但要较高的加工温度和压力。也可以涂覆, 将 F_3 树脂加石墨粉(或氧化铬)和无水乙醇, 配成粉末质量分数为 30%~40% 的悬浮液, 然后进行喷涂、浸涂、刷涂, 干燥后在 300℃ 下熔融塑化, 涂层由白色变成透明浅棕色即告完成, 取出进行淬火快冷。

F_3 与 F_4 在食品机械中的用途相似, 且可制造比 F_4 形状更复杂的制品。

5. 有机硅

有机硅氧烷, 具有很高的耐热性和化学稳定性, 无毒。对食品机械来说, 最重要的是硅油和硅橡胶。

有机硅油有许多种, 耐热温度也不一样。硅油不燃, 热稳定性高, 在 -40~150℃ 温度范围内, 硅油的粘度与温度的关系曲线呈平缓的倾斜线, 粘度随温度的变化很小, 因此可以用做 -60~250℃ 温度下的润滑剂。

由于硅油的表面张力小, 故有良好的疏水性, 对其他材料的粘附力小, 在食品成形模上可用做脱模涂料, 也可以在食品工业中用做消泡剂。