



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专食品类专业教材系列



食品工程技术装备

主 编 胡继强



科学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专食品类专业教材系列

食品工程技术装备

胡继强 主 编

安 进 邓树君 副主编

高 敏 主 审

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是依据高职高专食品工程类专业《食品机械与设备课程教学大纲》编写的,着重论述食品工业生产中常用的典型食品工程技术装备的基本结构、性能参数和适用范围,培养学生对食品工业中常用技术装备的使用能力和操作能力。

本书为高职高专食品工程类专业的必修课教材,也可作为相近层次、相近专业课程的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

食品工程技术装备/胡继强主编. —北京:科学出版社,2011
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材·高职高专食品类专业教材系列)

ISBN 978-7-03-030953-2

I. ①食… II. ①胡… III. ①食品加工设备-高等职业教育-教材
IV. ①TS203

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第078918号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方人华平面设计部

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

百 善 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年6月第一次印刷 印张:14 1/2

印数:1—3 000 字数:350 000

定价:25.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈百善〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专食品类专业教材系列
专家委员会

主 任

贡汉坤 江苏食品职业技术学院

副主任

逯家富 长春职业技术学院

毕 阳 甘肃农业大学

陈莎莎 中国轻工职业技能鉴定指导中心

委 员

侯建平 包头轻工职业技术学院

江建军 四川工商职业技术学院

朱维军 河南农业职业技术学院

莫慧平 广东轻工职业技术学院

刘 冬 深圳职业技术学院

王尔茂 广东食品药品职业学院

于 雷 沈阳师范大学

林 洪 中国海洋大学

徐忠传 常熟理工学院

郑桂富 安徽蚌埠学院

魏福华 江苏食品职业技术学院

陈历俊 北京三元食品股份有限公司

康 健 山西杏花村汾酒集团有限公司

陆 绮 香格里拉饭店管理集团

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专食品类专业教材系列

编写委员会

主 任

贡汉坤 王尔茂

主 任

副主任

江建军 逯家富 侯建平 莫慧平 陈莎莎

副主任

委 员(按姓氏笔画排列)

丁立孝	于 雷	万 萍	马兆瑞	王传荣	王林山	王俊山
贝慧玲	付三乔	朱克永	朱维军	刘长春	刘江汉	刘 靖
苏新国	杨天英	杨昌鹏	李惠东	吴晓彤	张邦建	陈月英
武建新	罗丽萍	赵金海	赵晨霞	赵 晴	胡继强	姜旭德
祝战斌	徐兆伯	徐清华	徐 静	黄卫萍	黄亚东	覃 文
蔡 健	廖湘萍	翟玮玮	魏福华			

前言

为认真贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中提出“加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力”的要求，适应我国职业教育课程改革的趋势，我们根据食品行业各技术领域和职业岗位（群）的任职要求，以“工学结合”为切入点，以真实生产任务或（和）工作过程为导向，以相关职业资格标准基本工作要求为依据，重新构建了职业技术（技能）和职业素质基础知识培养两个课程系统。在不断总结近年来课程建设与改革经验的基础上，组织开发、编写了高等职业教育食品类专业教材系列，以满足各院校食品类专业建设和相关课程改革的需要，提高课程教学质量。

食品工程技术装备泛指食品加工过程中涉及的工程机械与技术装备。

我国农副产品资源丰富、市场广阔，食品工业近年来有了较大的发展。但是，目前我国工业化食品产值只有可加工原料产值的 1/3 左右，与发达国家食品工业产值达到原料产值的 3 倍左右相比，我国食品工业具有广阔的发展前景。

食品工程技术装备是食品工业化生产中的重要保障。食品工业的发展带动了食品工程技术装备的发展，而食品工程技术装备的发展又保证和促进了食品工业的发展。应该说，食品工程技术装备是食品工业现代化不可或缺的组成部分。

我国食品工程技术装备起步较晚。1949 年以前，除从国外进口少数设备外，我国食品工业基本上是手工业作坊式生产，食品工程技术装备的工业水平极低。1949 年以后相当长一段时期内，也只能生产少量食品加工机械与设备，技术落后，数量和品种都比较少。

改革开放以来，随着我国对外开放和经济改革方针的贯彻，食品工业和食品工程技术装备迅速发展，品种、产量、质量和产值都有大幅度增加。引进技术和装备也促进了国内技术装备水平的提高，缩小了和世界先进水平的差距。目前，国内专业食品工程技术装备制造企业有 2000 多家，品种数千种，产值 100 多亿，近十几年来保持着 20% 以上的年增长率。

由于食品工业原料和产品品种繁多，大部分原料都具有生物属性，产品又都要为人类的生理和习惯所接受，处理过程十分复杂多变，物理和化学形态也与一般机械所处理的物料大不一样，既有固相、液相和气相，还有各种质地不同的粉粒料、果蔬、肉类、柔韧的面团；不易流动的浆料、胶体和悬浊液等，因此食品工程技术装备的种类也极其繁多，性能指标要求各不相同。

食品工程技术装备涉及的知识面十分广泛，既要掌握一般机械的共性，又要深入了解各种食品加工工艺的要求，包括物料的各种生物属性和理化过程，在此基础上才能研究、设计、制造和选用比较完善的、适用的食品工程技术装备。

当前的各类机械与设备已经离不开微电子技术，食品工业和食品工程技术装备也不例外。各种机械设备都要向机电一体化方向发展，利用微电子技术对过程进行检测和监控，这不仅是提高劳动生产率的手段，同时也能保证产品的质量和卫生条件的改善。

在编写过程中根据我国食品工业的发展形势，吸收了一些在近年内发展较快、应用较广的新型食品机械与设备，对一些结构简单、工艺原理比较落后的设备，则未予编入。通过学习，学生可以判断、处理生产过程中发生的一般设备故障；能根据食品加工单元、产品品种和生产工艺要求，对设备进行配套选型、组成生产线；并能掌握必要的操作与维护技能；对于一般的设备或生产线有一定的二次开发能力，可以配套设计较简单的非标准设备。

本书经教育部高职高专食品类专业教学指导委员会组织审定。在编写过程中，得到教育部高职高专食品类专业教学指导委员会、中国轻工职业技能鉴定指导中心的悉心指导以及科学出版社的大力支持，谨此表示感谢。在编写过程中，参考了许多文献、资料，包括大量网上资料，难以一一鸣谢，在此一并感谢。

本书由江苏食品职业技术学院胡继强主编，编写第一、二、六章，江苏食品职业技术学院安进任副主编，编写第三、四章，包头轻工职业技术学院邓树君任副主编，编写第五章，由云南轻工职业学院高敏主审。

目 录

前言

第一章 食品工程技术装备概论	1
第一节 食品工程技术装备的基本类型	1
第二节 食品工程技术装备的一般要求	2
第三节 食品工程技术装备常用材料	5
第二章 乳制品加工技术装备	16
第一节 乳制品生产设备流程	16
第二节 牛乳的净化和分离设备	17
第三节 牛乳的标准化与均质设备	26
第四节 预热及杀菌设备	32
第五节 真空浓缩技术装备	40
第六节 喷雾干燥技术装备	47
第三章 焙烤与方便食品加工技术装备	62
第一节 焙烤食品生产设备概述	62
第二节 调和机械	62
第三节 辊压机械	72
第四节 成型机械	74
第五节 焙烤机械与设备	87
第六节 油炸机械与设备	93
第七节 挤压膨化机械与设备	101
第四章 饮料生产技术装备	108
第一节 概述	108
第二节 水处理设备	110
第三节 糖浆调配设备	120
第四节 碳酸化设备	126
第五节 灌装及封口机械与设备	132
第五章 果蔬加工技术装备	143
第一节 分选机械与设备	143
第二节 原料清洗机械与设备	156
第三节 预煮设备	160
第四节 破碎与打浆机械	164
第五节 果蔬汁处理技术装备	176

第六节 果汁生产线.....	183
第六章 食品冷冻技术装备.....	186
第一节 食品冷冻技术与应用.....	186
第二节 蒸气压缩式制冷系统.....	190
第三节 食品速冻技术装备.....	200
第四节 其他冷冻装置与应用.....	208
第五节 食品冷藏库.....	212
主要参考文献.....	221

第一章 食品工程技术装备概论

第一节 食品工程技术装备的基本类型

由于食品工业原料和产品的品种繁多,加工工艺各异,因此食品工厂的机械设备也是品种十分繁杂的。

一、按机械装备的功能分类

原料处理机械:包括去杂、清洗、选别等各种机械设备。

粉碎和分切、分割机械:包括破碎、粉碎、研磨、分割、分切等机械设备。

混合机械:包括粉料混合和捏合机械设备。

分选机械:主要指粉料、颗粒料及块料的分级、分选机械。

成型机械:如饼干、糕点、糖果的成型机械等。

多相分离机械:如过滤机、离心机、净化机等。

搅拌及均质机械:主要指液状物料的混合处理设备,也包括胶体磨等。

蒸煮煎熬机械:包括蒸煮、杀菌、杀青、熬糖、煎炸等机械设备。

蒸发浓缩机械设备。

干燥机械设备:包括种种常压和真空干燥机械。从机器类型上分箱式、隧道式、回转圆筒式、链带式、喷雾式、管道式、流化式等类型。从使用的热源,分为烟道气加热、燃油加热、可燃燃气加热、蒸汽加热、电加热、远红外加热、微波加热、高频加热等类型。

烘烤机械:包括固定箱式、回转式、链带式等。

冷冻和冻结机械:包括种种速冻机和冷饮品冻结机械,也可以包含制冷机械。

挤压膨化机械。

定量机械:包括工艺过程中物料的定量,常用的有容积式、称重式、计数式。

包装机械:包括种种固体和液体物料的装罐、装瓶、装袋、裹包以及封口机械等。

其他机械:包括各种难以归类的机械。

另外,还有一些通用设备,如输送机械,包括皮带输送机、斗式提升机、气力输送机、各种泵类以及换热设备和容器等,也都是食品工程常用的机械设备。

二、原机械工业部制定的分类标准(JB3750—1984)

原机械工业部制定的分类标准(JB3750—1984)是按食品加工专用机械和食品加工通用设备进行分类。

食品加工专用机械按加工对象或生产品种不同划分为:制糖机械、烟草加工机械、饮

料加工机械、糕点加工机械、糖果加工机械、豆制品加工机械、果品加工机械、蔬菜加工机械、果蔬保鲜机械、屠宰机械、肉类加工机械、乳制品加工机械、蛋品加工机械、水产品加工机械、制盐机械、酿酒机械、调味品加工机械、食品添加剂加工机械、油脂深度加工机械、罐头食品加工机械、方便食品加工机械、淀粉加工机械、饮食炊事机械。

食品加工通用设备按设备功能不同划分为：分选设备、洗刷设备、粉碎设备、混合搅拌设备、均质设备、浓缩设备、干燥设备、油炸设备、烘烤设备、杀菌设备等。

综上所述，从研究设计和制造的角度看，以上两种分类方法对生产的发展都有一定的指导意义。我们既要研究各种食品生产工艺中各种作业机械的内部联系，以利于发展配套生产线，又要研究各种单元操作的生产效率和机械结构，在技术上以局部突破带动全面。

第二节 食品工程技术装备的一般要求

一、技术经济指标

任何机械设备在社会生产中所能够得到推广使用的程度，首先决定于它的技术经济指标，食品机械也不能例外。当然，对各类食品机械来说，还有一些与其他机械设备不同的要求。所有这些要求的总和，就形成了我们研究、设计和使用新的食品机械的指导思想。归根到底，就是要力求用最低的成本制造出最适用的食品生产机械设备，并能用这些机械设备以最低的成本制造出最合乎要求的各种食品。

1. 单位生产能力

单位生产能力是指机械设备生产食品产品的能力，也就是生产某种食品的速率，例如一台饼干成型机每单位时间（h）内可以成型多少饼干生坯。

食品生产往往是流水线作业，在生产流水线中总是有许多台机器设备按照一定的顺序共同完成一个产品，例如饼干生产线中就由配料、混合、搅拌、成型、烘烤、包装等设备组成，中间还有各种类型的输送及辅助设备。各台机器设备在生产能力方面必须取得平衡和一致。否则，一部分机器设备的能力不能得到充分发挥，而另一部分则处于超负荷运行的状态。从整条生产线来看，其生产能力只能以其中的生产能力最低的一台（或一个环节）设备为基准。

机器技术的先进与否，并不单纯决定于生产能力或生产速率。食品厂的生产规模有大有小，这取决于产品的品种、原料的供应、消费范围、运输条件等一系列因素。即使生产同一种食品产品的机器设备，也往往要求各种不同的生产能力，形成一定的系列。

一般来说，生产规模越大，经济效益越高，对产品质量的管理也越有利。但是对保存期有限的食品来说，生产受市场消费的制约，还要考虑食品安全贮存的货架寿命以及原料供应的季节性。同时，人们对食品的需求，趋向于品种越来越多。所以食品机械的最合理规模，必须要根据需求做具体的分析。

食品生产的参数往往多变，所以生产能力也常常需要允许做多种速率的调节，一般

采用调速电动机来驱动整条生产线是比较方便的。

2. 消耗系数

消耗系数是指机器设备生产每单位重量或单位体积的产品所耗费的原材料及能量,包括原料、燃料、蒸汽、水、电能、润滑剂、零配件损耗、机器折旧等。消耗系数不仅与所采用的工艺路线有关,而且与机器设备的设计有密切关系。例如食品生中常用的蒸发、干燥、烘烤等操作,都消耗大量的热能,在机器设计中采用不同的热源和结构,就可能在技术经济指标上取得不同的效果,一般来说,消耗系数越低越好。

3. 设备价格

机器设备的价格影响到食品工厂投资的大小。一般情况下,如果能达到同样的或相近的工艺效果,应该采用价廉的设备。但有时设备虽然复杂些,价格高一些,但却有好的性能,能确保食品产品有较高的质量,并且操作控制都能达到自动化,则在进行全面经济分析后较高的价格也是可行的。近年来进口的一些国外先进的食品机械装备,价格虽然昂贵,但是大部分可以取得较好的经济效果,还是合算的。

设备价格的高低要与设备的寿命联系起来考虑,因为计入产品成本的是设备的折旧费用,设备寿命越长,则折旧费越低。同时还要考虑到设备的技术更新年限,有些设备并不需要太长的寿命,因为过了几年之后,随着科学技术的发展,即使设备寿命未到,也要加以更新,这样可以在技术经济上获得更加合理的投入。

因此,我们在选用设备时,必须全面关注科学技术的发展和设备更新的趋势,合理确定特殊设备的使用寿命,在此基础上选择性能价格比高的机械设备。

另外,从机械制造的角度来说,机器的价格由成本和税利组成,在设计和制造中,从用材、结构和制造工艺上千方百计降低成本费用,是技术管理中的重要工作。

4. 管理费用

管理费用包括劳动工资、操作维护以及检修费用等。管理费用在生产成本中占了相当大的比例,但管理费用不是一个孤立的因素。某些机器设备比较简单,设备费用和维修费用很低,但生产中使用劳动力多,不见得合理。反之,如果用高度自动化的生产流水线,投资增加了,但管理费用可能降低。

高度自动化的机器设备所需的管理人员数量虽少,但是对管理人员的素质要求高得多。

5. 产品总成本

产品总成本是生产中一切经济效益的综合反映。也是食品厂选用食品机械的基本出发点。

二、基本设计要求

食品机械的设计是一个十分复杂的技术课题,由于食品原料和产品的多样性和复杂

性,不仅需要掌握一般机械设计所必需具备的知识和技巧,而且必须了解食品及其原料的化学和物理性质、食品工艺过程和有关的工程问题,甚至于还需要了解人机工程以及造型设计等知识。本书不以机械设计为重点,但通过了解食品机械的基本设计要求,可以对我们进行设备选型、操作和维护起一定的指导作用。

1. 满足既定的食品工艺要求,反映工艺的适用性和先进性

任何机械设计必须符合功能要求。要保证以一定的运行速度生产一定质量的产品,产品的质量必须保持均一性和稳定性。

食品机械常常被要求生产不同品种或不同质量的产品,一台机器或一条流水线上采用不同的原料配方,改变工艺参数或者设备的工作条件,可以制造出多种多样的食品。例如,不能设想一条饼干生产线只能生产单一品种的饼干,因此能够配换各种饼干成型印模,变换烘烤时间和温度是饼干机械的必备条件。制粉机械在制造各种专用面粉或者在改变小麦原料品种时,也必须要改变磨粉机的工作参数和调整配置。

机器的设计所提供的改变生产条件的可能性,为我们选择和使用相应的生产设备提供了方便。

2. 机器结构的合理性、可靠性和耐久性

这是单纯从机械角度来考虑的问题。机器结构的合理性包括制造和装配关系、传动方式的选择以及为操作维修提供的方便等。在满足工艺功能要求的前提下,力求简化机器的机构和结构。

机器的可靠性和耐久性是不可分割的概念,它是指机器在规定的工作条件下,在规定的使用寿命内保持原定功能的程度,它与机器的整体结构及零件的强度、刚度、耐磨性、耐腐蚀性、抗干扰性等因素有关。在现代机械工程中,可靠性是一项不可忽视的重要指标,对食品机械来说,其工作要求往往是自动化、连续化的生产线,如果在某一个环节出现故障,就将导致整条生产线的停工,甚至所投入的原料全部报废。

食品机械所处理的物料常常是数量很大的,某些工作部件时时刻刻受到物料的摩擦和磨损,例如磨粉机的磨辊、食品挤出机的螺杆和套筒。正确确定机器零件的寿命及组合方式,以达到机器最可靠的使用性能是十分必要的。但是机器零件的使用寿命往往难以在设计时用理论计算得出,而必须在实测的基础上加以确定。

这里,需要指出一个可能存在的错误观念,即机器零部件的寿命并不是指开始工作到出现磨损或疲劳破坏的时间,而是在即将不能保持其规定性能时,即认为其寿命中止,不能等到造成破坏再去更换或维修。

3. 机器的消耗

一般机械的能耗常常反应在传动机械效率。在食品机械中大量能量用来处理和改变食品的形态和性能,例如浓缩、干燥、烘烤操作中能量的有效部分是用来加热物料和蒸发水分,在粉碎、分切操作中,能量的有效部分是用来减小物料的形体尺寸。除此之外,还必然有部分能量转换为摩擦热损耗于机器或环境中,或者被一些介质带走,成为

散热损失。

我国不是一个能源充裕的国家,节省能源(包括电能、热能等)、提高能量的利用率,也是设计机器要考虑的因素之一。同时,还应结合地区条件,多使用天然能源和廉价能源。

4. 卫生要求

卫生要求是食品机械区别于其他机械的基本特征之一。国家已经颁布了《食品卫生法》,对食品生产提出了严格的卫生要求。

食品机械中与食品物料直接接触的零部件,一定要选用无毒、耐腐蚀的材料。机器与食品接触部分必须便于拆装,以便随时清洗或清扫,并在结构中不允许有任何清洗不到的死角,以避免物料的积存和防止微生物在这些部位生长繁殖。

食品机械的传动润滑也和其他机器有不同的要求,传动密封要可靠,防止润滑剂进入食品。有些开启式传动件要用食用油脂或无毒油脂润滑,也有的构件完全不用润滑而采用有自润滑性能的材料,如聚四氟乙烯。以前食品机械中有用液压传动的,为防止污染,现也大部分改为气压传动。

第三节 食品工程技术装备常用材料

食品机械中广泛使用各种材料,除各种金属和合金材料外,尚有木材、石材、金刚砂、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十分复杂,对材料有不同的要求,必须掌握各种材料的基本性能,才能做出正确的选择,以取得良好的使用效果和经济效益。

一、食品工程技术装备对材料的一般要求

与食品物料介质相接触的部分,基本要求是:

- (1) 对食品必须无害,不污染食品。
- (2) 不受或少受接触介质的破坏,藉以延长使用寿命。

1. 机械性能

食品机械一般属于轻型机械,大多数零部件受力较小。但由于轻型机械要求尽量降低整机重量和体积,零部件尺寸要尽量小,所以对材料的机械性能要求也并不降低。除了强度、刚度和硬度以外,还有一些其他的要求。例如,在食品机械中处理大批量成件物品的机会较多,因此常能遇到高速往复运动的构件,就要从疲劳强度来要求机件的性能。

食品机械中的一些零部件上常常要和大量物料相接触,而接触的条件又非常严酷,因此成为非常容易磨损的易损件。锤片式粉碎机中,锤片与坚硬物料之间高速度撞击,造成强烈磨损,全国每年消耗上亿片,耗钢材数万吨。锤片对材料的耐磨性就提出了极高的要求。在食品的分切机中,刀片对材料的耐磨性和硬度也有极高的要求。

食品挤压机螺杆和套筒与物料相对运动的速度不高,但工作压力可以高达200MPa,工作温度也可以高达200℃左右,因此不仅要有较高的抗扭强度,而且还要有很高的耐磨强度和较高的抗蠕变的能力。

有的食品机械在高温下工作(如烘烤机械)或是在低温下工作(如冷冻机械,可达-40~-30℃,以液氮为介质的冷冻机械工作温度更低),这就必须考虑材料在高温和低温下的机械性能。

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,材料的相对密度、比热容、导热系数、软化温度、线胀系数、热幅射波谱、磁性、表面摩擦特性、抗黏着性等。在不同的使用场合,要求材料有不同的物理性能。如传热装置要求有高的导热系数,食品的成型装置则要求有好的抗黏着性,以便脱模。

3. 耐腐蚀性能

食品机械接触的食品物料一般都带有酸性或弱碱性,有些本身就是酸类或碱类,例如,醋酸、柠檬酸、苹果酸、酒石酸、琥珀酸、乳酸、酪酸、脂肪酸、盐酸、纯碱、小苏打等。这些物料对许多金属材料都有腐蚀作用。即使是普通食盐,非酸、非碱类物料,对许多金属也有腐蚀作用。有些食品物料本身没有腐蚀性,但是在微生物生长繁殖时会产生带有腐蚀性的代谢物,如碳酸等。

食品机械所用材料选择不当而遭受腐蚀,不仅容易造成机器本身的破坏,更重要的是会造成食品的污染。有些金属离子溶出进入食品中,有损于人体健康和食品风味,或者破坏食品的营养。

设计食品机械时,材料的耐腐蚀性对选择结构材料常起决定性作用。机械设备的耐腐蚀程度决定于:

(1) 材料的化学性质和表面状态以及受力状态。

(2) 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发生矛盾,难以十全十美,可以通过复合材料或表面涂层的方法来加以解决,这样不论是抗腐蚀还是抗磨损,都有可能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,焊接件的材料要有好的可焊性和切削性能,要求表面硬度高的零件要有好的热处理性能,要求表面涂装的零件要有好的附着性能。

二、食品工程技术装备中的金属腐蚀

1. 电化学腐蚀

各种金属具有不同的电极电位,金属或合金在电解质溶液中形成原电池,一部分金

属以离子形式溶入电解质就形成电化学腐蚀。食品物料虽然不一定是液料，但是过程是一样的。

两种金属（或合金）在同一电解质中构成电池。在中性介质中，只要有去极化剂存在，也能形成电池。如碳钢在水中构成原电池（图 1-1），碳钢中铁素体的电极电位低于渗碳体的电极电位，负电性较强。此时，铁素体为阳极，渗碳体为阴极，电子由 Fe 向 Fe_3C 方向移动，到达阴极的电子不仅能与阳离子起作用，也能与中性原子或分子起作用，溶于水中的氧成为阴极的去极化剂。

同一种金属浸于浓度不同的溶液中，也会形成不同的电位。如果在盛装介质的容器中，各部分介质的浓度不同，此时即可形成浓差电池。食品物料常常是不均一的成分，各部分的水分含量和其他成分都不均匀，易形成浓差电池。

图 1-2 是氧的浓差电池示意图。在靠近液面附近的 A 处，氧溶解浓度较高，所以是阴极；当没有强烈搅拌时，在 B 处氧的浓度稍低，所以是阳极。电子由 B 向 A 转移，B 处被腐蚀。

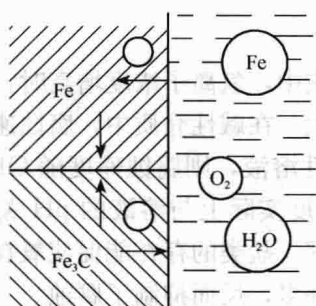


图 1-1 碳钢的原电池腐蚀

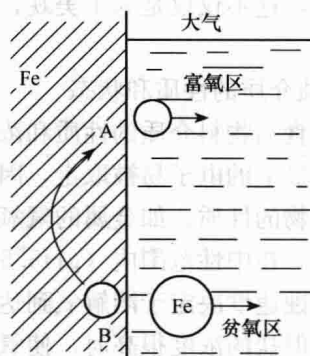


图 1-2 碳钢的氧浓差电池腐蚀

如果阴极的电子或阳极的离子不能及时移走而使腐蚀电流减弱，腐蚀过程减缓甚至可以停止，则称为极化作用。酸中的氢离子和溶液中的溶氧都会产生阴极的去极化作用。在很多场合两种作用同时产生，例如钢铁和铝在稀酸溶液中的腐蚀均属这种腐蚀过程。

影响金属电化学腐蚀的因素如下：

1) 金属及其合金的组织 and 状态

在食品机械所用材料中纯金属很少，主要是合金材料，而多相合金多半不耐腐蚀，但也有例外，如硅铸铁、硅铝合金、铝青铜和硅青铜等耐蚀性很高。

单相合金（即固态溶液）的耐腐蚀性非常特殊。在合金中的贵组分（耐蚀组分）增加时，合金的电极电位增加很慢，耐腐蚀性能也增加不多。但当贵组分达到某一定比例时，电极电位和耐腐蚀性发生阶段性的突变。其分阶段一般表现为按合金固态溶液中原子分数的 $1/8$ 、 $2/8$ 、 $3/8$ 、 $\dots$ 、 $7/8$ ，此规律称为稳定性阶升律，可由图 1-3 表示其关系。

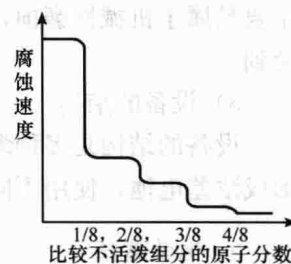


图 1-3 稳定性阶升律

例如 Fe-Cr 耐酸合金系统能生成连续系的固态溶液, 其中铬是起保护作用的组分。当铬含量等于 1/8 原子数时, 达到第一稳定性台阶, 具有一定的耐腐蚀性, 20℃ 时在各种浓度的硝酸中都不受腐蚀。当铬含量达到 2/8 原子数时, 则合金在沸腾硝酸中也稳定了。

上述的稳定性阶升律是由实验数据综合出来的, 没有充分的理论基础, 但仍能清楚地说明, 不活泼组分的原子在合金晶格中的分布具有包围和保护合金中活泼金属原子的作用。这个规律在食品机械常用不锈钢的成分中可以得到验证。

金属的变形和应力对耐腐蚀性也有影响。一般金属在受力情况下与溶液接触则负电性较强。因此, 当与溶液接触的各部分金属应力不同时, 就会构成电池而被腐蚀。如焊接件的焊缝处有集中应力就容易被腐蚀; 冷作变形的金属中有内应力, 其负电性也增强。

金属或合金的表面粗糙度越低, 则其耐腐蚀性也越强。因为在粗糙的表面上或是在有缝隙处, 接触空气中氧或其他气体、液体的机会不均匀, 就可能形成浓差电池。

在引进的国外先进食品机械中, 常可看到板材焊缝处理考究, 表面粗糙度和平整度都十分出色, 这不仅仅是为了美观, 同时也是为了卫生、清洗方便以及增强材料的耐腐蚀性。

2) 腐蚀介质的性质和状态

首先是食品物料介质的性质和浓度。在酸性介质中, 氢离子浓度增高时, 去极化作用增强, 阴极上的电子易被取走, 因而腐蚀速度增大。在碱性介质中, 腐蚀速度决定于生成腐蚀产物的性质。如金属的氢氧化物能溶于碱性溶液, 则腐蚀速度随 OH^- 浓度的增高而加大。在中性范围内 ($\text{pH} 5.5 \sim 8.5$) 腐蚀速度实际上与溶液的 pH 关系并不太大, 此时腐蚀速度决定于溶解氧到达金属表面的过程。盐类的存在能促使氧在阴极上与电子结合, 但盐的浓度很高时, 使氧的溶解度减少许多, 反而抑制了腐蚀。

介质的温度升高时, 许多腐蚀过程都加快。但当溶解氧起决定性作用时, 温度升高使氧的溶解度减小, 腐蚀速度反而降低。

压力升高会使气体 (CO_2 、 O_2) 在溶液中的溶解度升高, 使金属的腐蚀加快。

溶液的流动速度由搅拌或输送等因素引起, 可产生两种作用:

(1) 使氧加速进入阴极区。

(2) 除去金属表面上沉积的腐蚀产物或破坏钝化膜。总之, 介质的运动能使腐蚀速度加快。

若介质流速极高, 或液流中带有固相颗粒或气流中带有液滴, 则可能发生冲蚀, 这主要是属于机械性磨损, 电化学作用是次要的。这种情况在食品物料的分离机械中可以遇到。

3) 设备的结构

设备的结构是多种多样的, 对腐蚀影响十分复杂。设备中的死角造成液流的停滞, 形成浓差电池, 使用不同材料的混合结构, 情况可能更严重。

2. 化学腐蚀

化学腐蚀中没有电化学作用, 可分为非电解质中的腐蚀和气体腐蚀两类。有时, 化