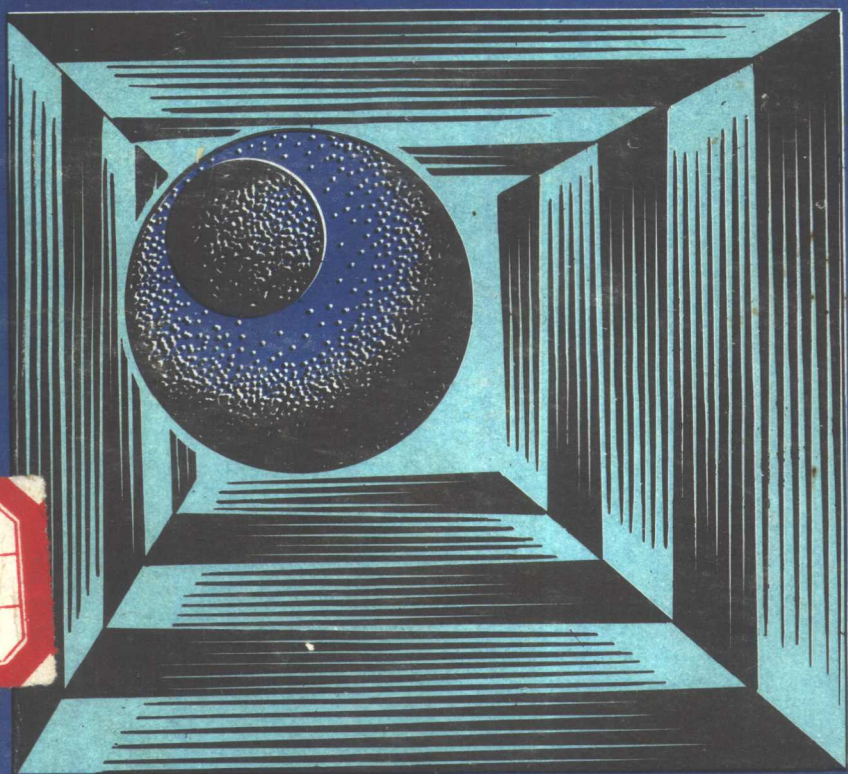


食品机械设备防腐技术

〔苏〕 Н. П. 罗敏斯基等著

王超然 译

朱有庭 校



中国食品出版社

Защита от корро
промышленности

《Техніка》1981

食品机械设备防腐技术

[苏]Н.П.罗敏斯基等著

王超然 译

朱有庭 校

中国食品出版社

1988·北京

内 容 提 要

本书分析了食品加工过程中由于食品介质和工作条件导致各类食品机械设备腐蚀的因素,援引了苏联食品生产机械设备所应用防腐材料的有关知识,介绍了机械设备防腐的基本方法和涂覆保护性涂层的工艺过程,以及机械设备使用、修理时维护保护性涂层的主要准则。书中极为注意防腐涂层的质量检验和经济效益。

本书可供从事制糖、酿酒、面包、糖果、点心、罐头和乳品等食品工业机械设备设计、制造、应用的有关人员使用,亦可供大专院校、科研单位有关人员参考。

食品机械设备防腐技术

[苏]H·II·罗敏斯基 著

王超然 译 朱有庭 校

彭倍勤 责任编辑

朱立升 封面设计

中 国 食 品 出 版 社 出 版

(北京广安门外湾子)

新华书店北京发行所发行

北京顺义燕京印刷厂印刷

*

787×1092 32开本 5.75印张 129千字

1988年11月第1版 1988年11月第1次印刷

印数: 1—5000册

ISBN7—80044—185—7/TS·186

定价: 1.75元

译者的话

随着我国食品工业的迅速发展，食品工业设备的腐蚀问题及其防护问题日益突出，特别是食品工业不同于其他工业部门，除了需要提高经济效益外，还必须保持食品的色、香、味，并要保证符合卫生要求，不能因设备腐蚀或保护材料的选用和防护方法不当，而导致食品中混入有损于人身健康的成分。

本书除了介绍有关的基本知识外，着重于结合食品生产实例，详细地介绍了食品工业机械设备的腐蚀和防护问题。尤其是书末所列苏联卫生部批准的许可用于与食品接触的各种防腐材料及其使用范围附表，很有参考价值。

书中列出的各种金属、油漆和涂料，虽牌号和我国不完全相同，但基本系列相差不多，可供参照选用。采取抗蚀保护的经济效益的计算方法亦是如此。

本书能对食品机械和设备的使用者，设计者，以及腐蚀和防护问题的研究者稍有裨益，是译者的最大愿望。

由于本书内容涉及专业范围较多，译文一定会有很多错误和缺点，欢迎读者批评指正。

本书在翻译过程中得到化工装备总公司副总工程师、高级工程师朱有庭同志仔细校订，中国食品工业协会高级工程师黄筱声同志认真审阅，在此表示衷心感谢。

译者

1987.7

序 言

食品工业面临的重要任务之一——依靠增添加工工厂，或更新并采用连续高效的新型机械设备，来进一步提高产品产量。食品生产使用的各种原料和半成品，对金属是有侵蚀性的，因而限制了先进机械设备的应用。

机械设备使用时发生腐蚀，会缩短它的使用期限，产生事故，破坏工艺过程，增加操作和修理费用，导致产品损失和降低食品的质量。机械设备(如泵、渗出器等)使用时常常遭到严重腐蚀-机械磨损，这是食品工业企业感到特别难办的事。

对食品工业企业的机械设备修理进行分析表明，为消除金属腐蚀的影响，大约占用全部修理费用的80%。固定生产基金的2%左右的费用与腐蚀有关，因此采取减小腐蚀损失的措施，是项重大又现实的任务。

搞清所用材料在各类侵蚀性食品介质作用下发生的腐蚀反应，才能够最合理地选择和 应用各种 结构材 料和保护涂层。

选择制造和修理机械设备使用的耐蚀材料及涂料有着重大的意义，因为腐蚀除了使机械设备快速破坏外，所形成的产物会使多种食品质量变坏。在选取食品工业机械设备使用材料和保护涂层时，对它们的清洁-卫生性能有特殊的要求，

因此，许多科研院所、高等院校和各类专门实验室，在寻求和推荐能经受住高温、高压、机械载荷和侵蚀介质等作用的新型保护材料时，须经常进行腐蚀和抗蚀保护方面的试验研究。

为了正确选择适合生产条件的保护方法，以及解决其他重大技术课题，食品工业各部门的专家(工艺师，机械师)，必须具有一定的防腐蚀知识。

本书系统整理了食品生产机械设备腐蚀及抗蚀保护的有关问题，研究了机械设备抗蚀保护的方法和工艺。

目 录

序言

第一章 食品生产机械设备的腐蚀	1
一、腐蚀的一般知识	1
二、工艺机械设备的使用条件	6
三、材料腐蚀破坏的类型和机理	13
四、决定腐蚀性质和速度的因素	16
五、结构和保护材料在食品介质中的耐蚀性	20
第二章 食品生产机械设备使用的抗蚀材料	30
一、保护性抗蚀材料的分类	30
二、对保护材料的要求	38
三、抗蚀材料的选择和性能	41
四、粉末冶金法制造的耐蚀多孔材料及制品	48
第三章 食品生产机械设备的抗蚀保护工艺	56
一、机械设备抗蚀保护方法	56
二、机械设备表面涂覆保护涂层的准备	82
三、机械设备涂覆抗蚀涂层的工艺	93
四、机械化涂覆保护层	114
第四章 保护性涂层的使用和修理	117
一、保护性涂层的使用性能	117
二、涂层设备使用时的维护	126
三、保护涂层的修理	128
四、抗蚀涂层的质量控制	131
五、抗蚀保护的经济效益	150
附表	156
参考文献	174

第一章 食品生产机械设备的腐蚀

食品生产中的工艺介质（糖及其发酵产物，有机酸，脂肪和蛋白的水解产物，盐溶液和醋溶液等等）以及所采用的工艺规程，构成了进行化学或电化学腐蚀过程的全部条件。

金属抵抗介质腐蚀作用的能力，取决于它在实际使用条件下的腐蚀速度。

一、腐蚀的一般知识

金属腐蚀——是指金属由于与腐蚀性介质的化学或电化学相互作用而发生的破坏。金属腐蚀过程是相互性的。金属和腐蚀介质以同等程度参与腐蚀过程。形成的腐蚀产物成分取决于腐蚀条件。

金属的化学腐蚀是在它与腐蚀介质相互作用时发生的，此时腐蚀介质中氧化剂组元的还原和金属的氧化是同时进行的。食品工业中用来直接贮存和输运液态非电解质、酸、碱、化学试剂或者干燥的侵蚀性气体（醇、漂白粉、氨等）的设备，基本上遭到这类腐蚀。例如从输运热面包的汽车车身、炉子及其它设备上可以看到这种腐蚀。

化学腐蚀的速度与众多因素有关，诸如金属本性，介质性质，它的作用温度和持续时间，以及所形成腐蚀产物的性

能等等。

在食品企业车间设备运转条件下，金属与酸、碱、盐溶液，潮湿空气相接触，金属的腐蚀多半具有电化学性质。

电化学腐蚀具有下列固有的主要特征：金属与侵蚀介质（通常是液体）的相互作用反应，可被分成两个独立进行的过程，即阳极（金属溶解）和阴极过程（外部介质的原子或离子还原）。阳极和阴极过程在金属表面不同部位开展，因此这些部位的面积往往能够作出定量估算，而且部位本身——边界分明。

金属腐蚀的电化学反应，和原电池反应相似，即是多相的氧化-还原反应。

和原电池工作时一样，金属腐蚀时只有水合阳离子转入溶液中，这是由金属晶格特性所决定，离子（以及原子）占据

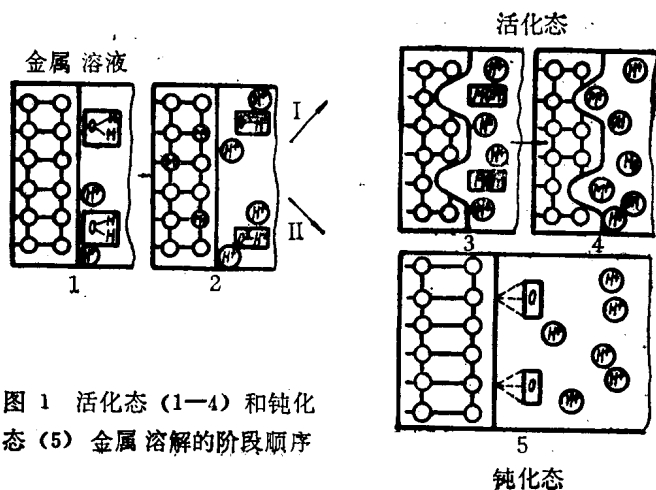


图 1 活化态 (1—4) 和钝化态 (5) 金属溶解的阶段顺序

晶格结点，而电子可在结点之间自由迁移。

当金属在水或电解质水溶液中溶解时，带电离子（被水合层包围着）转入液相的同时，金属表层发生电子过剩。通常情况下这些电子是留在金属中的。金属溶解的阶段顺序示于图1。

金属表面不同部位具有不同的电位（即产生电位差），其原因很多且各不相同，下面仅指出其中几种：

用彼此处于电导的异种金属制造机械设备；

机械设备结构中使用成分和组织不均匀的（含有杂质和其它金属及其化合物夹杂，例如：碳和碳化铁夹杂充当阴极区，而贫碳的焊缝本身作为阳极区）金属；

当沉积在金属表面上的氧化物或有机化合物与周围介质相互作用时，金属表面形成比金属本身有较正值的氧化-还原电位，即金属表面具有不同的氧化膜状态；

金属的力学不均匀性（例如，机械应力作用下的金属部位，对于无应力部位来说是阳极，因而被腐蚀较严重）；

机械或设备不同区域上的工艺介质成分、它的速度和物料浓度的电化学不均匀性；机械设备没有正确接地时，在漏散电流作用下形成局部电场等等。

错误的选用结构材料和不适当的机械设备结构——往往是形成淤留区、增高内部机械和温度应力的原因；某些联接处存在缝隙、槽口、不致密；发生局部过热以及不同金属相接触等等，都会促使发生腐蚀作用。

因此，设计和制造机械设备时应遵守如下准则：排除零件联接部位发生窄缝和槽口的可能性；选择化学成分和被焊金属成分尽量一致的焊条，以避免焊接接头的不均匀性；用同

种金属制造联接管和排出管；应避免形成淤留区；力求使截面周长和处于与侵蚀介质接触的表面面积之比为最小；使结构具有流线型形状，因为这关系到电解质的蒸发速度，蒸发愈慢金属与介质接触愈长久，因而腐蚀过程也更长。正方形断面意味着最少蒸发，圆形的则最大；要保证蒸汽加热和冷凝的均匀性，因为存在局部过热会导致严重的腐蚀破坏；要避免不同金属在电解质中接触，以免引起接触性腐蚀。

类似金属因外部介质作用结果发生腐蚀及其破坏的道理，聚合物由于侵蚀性液体和气态介质（氧、臭氧）、热、紫外线辐射、大气湿度、机械载荷的作用亦会发生老化，即改变其结构、化学成分、分子量、力学、电学和其它性能，因此被破坏（图2）。并且这些因素可以是单独作用，也可以是所有因素的同时作用。

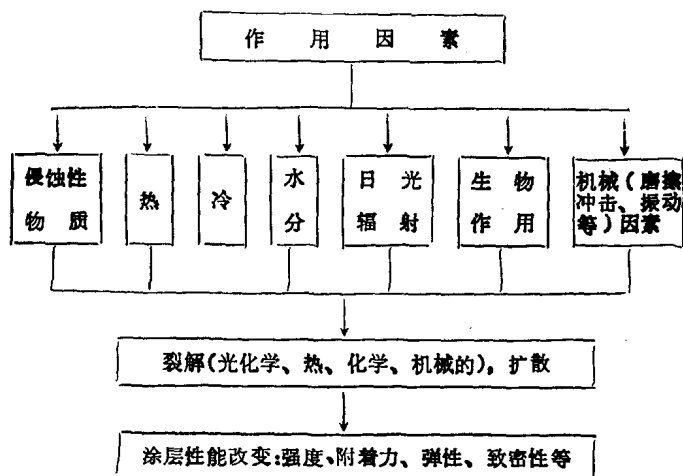


图 2 不同使用条件下造成聚合物涂层破坏的因素

聚合物材料发生老化是由于：膜的破坏；化学反应；膜分子交联；膜增塑剂损失或溶剂过剩；松弛过程。

聚合物抵抗侵蚀介质作用的稳定性比金属更高，但是随着时间的延长它们亦会遭到破坏。

聚合物损坏的主要类型有：由于液态或气态侵蚀性介质作用的腐蚀；生物腐蚀；应力腐蚀；各种形式的裂解（热、光化学、机械及其它破坏）。

液态和气态（包括空气在内）侵蚀性介质作用结果，发生聚合物的物理-机械性能降低。和金属不同，侵蚀介质、载荷、加热和冷却的同时作用结果，改变聚合物自身原有的性能。通常金属在侵蚀介质作用下是不会被穿透的，然而聚合物在一些情况会变得疏松、膨胀而易于吸收侵蚀介质。在侵蚀性介质长时间作用下，聚合物的所有变化和转变（扩散，膨胀，溶解，裂解）都会影响到它们的物理-化学性能，因此，和金属的“耐蚀稳定性”试验不同，聚合物在侵蚀性介质中的试验，通常称作“化学稳定性”试验。

习惯上把对酸、碱和其它试剂的稳定性理解为化学稳定性。聚合物的化学稳定性，取决于高分子物质的性能、侵蚀介质的化学成分、介质的作用条件、聚合物的结构、非晶相和晶相数量、填料和增塑剂品种等。

如果说氧化或同时发生二个电极过程（氧化和还原），是侵蚀介质作用于金属的主要过程，那么裂解物质的大分子则是对聚合物的主要过程。侵蚀介质侵入聚合物时，由于分子和热运动，引起聚合物膨胀或者与它们相互作用，因此介质在聚合物中的扩散过程、它们的扩散速度和扩散系数，对聚合物的化学稳定性和老化有巨大的影响。

在无孔聚合物中的扩散取决于温度，而温度却对疏松聚合物中的扩散无影响。

在侵蚀介质中聚合物的保护能力和它们的使用期限，可根据扩散速度确定。当聚合物由玻璃态变成高弹态时，扩散速度增大，而当晶相增多时扩散速度降低。可根据扩散系数评定聚合物抗某种试剂（在一定条件下）的能力。

由碳氢链组成的大分子聚合物，在酸和碱中具有高的稳定性，而如果聚合物中存在双链，则会降低它们对氧化剂作用的稳定性。聚合物可能遭受各种微生物，主要是霉菌和细菌的生物作用，它们会恶化聚合物的物理-机械性能，以致引起破坏。

当聚合物涂层中有细微裂纹时会产生应力腐蚀，它使聚合物在侵蚀性介质中比在空气中更迅速破坏。

高聚合物受到热或冷的影响时，由于成分中个别组元分解、氧化或燃烧，它会发生物理和化学（化学键裂解）变化。在大气因素作用下聚合物发生老化，伴随着它的颜色改变、失去光泽、形成裂纹、降低机械性能和其它性能。

和单个因素作用相比较，侵蚀介质、温度和机械因素的联合作用，会导致更快速、巨大改变聚合物的性能。

二、工艺机械设备的使用条件

依靠技术熟练的操作和及时有效的维护保养，来改善所用机械设备的生产-技术性能和可靠性，是一种提高生产效率的方法。

食品企业的工艺机械设备，其任务在于完成如下主要工艺过程：洗涤原料，洗净包装并分离出无用杂质（凸轮式甜菜清洗机，除草和除石器，洗涤蔬菜、水果、草莓的鼓风式清洗机，自动洗瓶机，去除马铃薯和植物外表皮的连续式滚盘机等）；食品的细碎（五辊碾碎机和球磨机，锤碎机，离心式甜菜切碎机，面包分切机等）；食品按尺寸等级分选（分级机，压滤机，各种结构和不同工艺用途的离心机，过滤、沉降、澄清、分离和增浓用离心机）；食品的压榨（螺旋式、辊碾式、偏心式、转子式、拉杆式和连续式机动压榨机，水平或直立碾盘液压压榨机装置，液压板式压榨装置等）；搅拌及制取均质物料（各种类型搅拌器，混合机，捏和机，桨叶式振动混合机，鼓风混合机，搅稠机等）；塑性食品物料的成型和分开（螺旋成型机，和面机，面团分开器等）；单个、散粒、液态和酱状物料的包裹，装入和分包（自动包裹机，自动定量分装机，容积自动计量机等）；盛装食品器皿（铁罐或玻璃罐、瓶子等）的密封（封罐机，封瓶和压紧瓶盖自动机）；各种材料、原料和成品的称重及计量（普通用途的移动式或固定式杠杆秤，生产用间断式自动杠杆秤，以及输送斗式、容积转鼓式、容杯式、螺旋式、带式 and 振动式定量加料器，柱塞式和齿轮定量泵等）；进行渗出过程（倾斜式、圆柱式和旋转式渗出器）；食品的热加工（杀菌器，高压釜，加热锅炉，带式蒸发器，真空设备，各种类型的干燥器等）；制品的烘烤和煎烤（面包和糖果点心的烘烤炉，煎烤炉）；易腐食品的人工制冷（冷凝器，蒸发器，过冷器，空气冷却器和其它各种类型附有氨、氟利昂等制冷剂的压缩机的换热制冷装置等）；车间内部、

车间之间的运输，以及各种物料、原料和成品的提升（手动和电动葫芦、卷扬机、吊车、码垛机、皮带运输机、链式和螺旋输送机、提升机、重力流送槽、气动和液压输运工具等）。

当然，每一类设备可根据各种特征划分，如：动作原理（间断式和连续作用式）；过程进行的方法（辊碾式、磨盘式或球磨机，撞击粉碎机等）；主要工作机构的结构（转鼓式、滚轮式、螺旋式、叶片式、链式、螺旋桨叶式等）；机械化程度和生产率（手工、机械、自动、高速的等）。

机械设备类型、结构和功能如此多种多样，还要顾及到侵蚀性食品介质、高温、交变载荷等的作用，因此对于制订机械设备的防腐措施，要求逐台单独对待。

食品生产的工艺介质就其成分来说是非常多种多样，可以假设分为有机和无机两类。

植物和动物生成物（蛋白质、碳水化合物、脂肪、单宁酸和染色材料、醛以及大量其他物质）的多种多样的含碳有机化合物属于第一类。

无机酸、盐及其它水溶液属于第二类。

如同前面所述，食品的生产与水力输运和原料清洗、水解和萃取过程联系在一起。为了完成这些过程，使用了大量辅助物质，如：水，无机酸（ HCl ， H_2SO_4 ， H_2SO_3 ），碱，氯化物，氨的水溶液，乙醇。多数情况下工艺介质会落入机械设备零件的摩擦面，剧烈加速它们的磨损和腐蚀破坏。

按照与金属相互作用的特性，液体介质可分为化学活性介质以及含表面活性物质（IIAB）的表面活性介质。酸、碱、盐——即电解质的水溶液属于化学活性介质，溶解在这

介质中的物质的分子能够离解，因而使电化学腐蚀过程得以进行。表面活性介质含有极性（不对称）分子，它们被吸附在固体表面，形成结构薄膜。

在切向和法向载荷作用下，表面活性物质吸附层显示出易切向滑移和高抗挤压的能力，同时它们会发生“楔入”效应，使相邻的金属表面离开，而楔入表面缺陷部位，使金属表面层分离（分散）〔14〕。

甜菜制糖生产的工艺介质，就其成分和性能来说是最多样的。按典型的工艺过程，甜菜制糖厂有甜菜加工、糖汁提纯和产品三个工段。

甜菜加工工段的介质属于中性和弱酸性，池水（河水）、输运及洗涤用水含有不同量的无用固相物质（从池水内的 $5\sim 20$ 毫克/升到输运洗涤用水的 $25\sim 30$ 毫克/升），以及溶解盐和含 15% 糖分与非糖分水溶液的渗出汁。

渗出汁几乎包含了甜菜里所有不溶状态的非糖分，以及渗出过程中转入溶液的那些物质。渗出汁中非糖分包括含氮的（蛋白质、氨基酸、甜菜碱）和不含氮的物质（有机酸、果胶、皂素）。包括皂素在内的一系列非糖分属于表面活性物质。渗出汁的温度 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{pH}6\sim 6.7$ 。

糖汁提纯工段的介质成分更是多种多样。它们具有高碱度（ $\text{pH}8\sim 14$ ），其工作温度达 $65\sim 96^{\circ}\text{C}$ ，除石灰乳和压滤机滤渣外，它们全都含有 $15\sim 17\%$ 糖分和大量非糖分。石灰乳、澄清汁和饱和汁都含有不同数量的氢氧化钙、氧化硅、氧化铝和其它氧化物的固相悬浮粒，这些颗粒都具有磨料性能。

产品工段的介质是弱碱性（ $\text{pH}8\sim 9$ ），含有 $25\sim 65\%$ 溶

解糖，它们的工作温度达 $40\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。习惯上把它们分成两组，半制糖及精净糖料，结晶中含 $40\sim 70\%$ 蔗糖；含 $50\sim 60\%$ 溶解糖和高达 30% 非糖分的糖浆。

面包生产中，利用嗜热乳酸菌发酵制备的液体酵母和酒花、黑麦酵母、黑麦面团、引子、小麦面团等作为半成品。由于酵母和某些细菌的生命活性，使得在半成品中形成并聚集大量的发酵产物（乙醇和酯）以及有机酸（乳酸、醋酸、丙酸、丁二酸、苹果酸、酒石酸、柠檬酸、甲酸、草酸等）。酵母、面团和其它半成品发酵时形成的有机酸中，乳酸和醋酸起主要作用，它们达到这些半成品中大约 90% 酸度。在面包生产的各种半成品中，乳酸和醋酸的比例可能处于 $60\sim 90\%$ （乳酸）和 $40\sim 10\%$ （醋酸）范围内波动。面包半成品的滴定酸度在尼曼（Нейман） $3\sim 14^{\circ}$ 、 pH 在 $6.2\sim 4.2$ 范围内波动。

面包制造工业大量生产由小麦、黑麦和混杂面粉制备的不同面团品种的面包类食品。面团半成品尚含有高达 2.5% 食盐、 2.5% 植物油、糖、糖浆、上等黑麦曲。其中黑麦面粉团侵蚀性最强。大多数面团调料配方中有植物油，它含有诸如油酸、硬脂酸、棕榈酸和其它脂肪酸的那些表面活性物质，这会影响到这些配料的表面活性。

可见，面团配料不仅是一电解质，并且是含有表面活性物质的盐溶液，它们促使与之相接触的金属表面和表面层内进行化学、电化学和吸附过程。

糖浆、葡萄糖、改性淀粉的生产与多糖的水解有关。只有在催化作用的无机酸存在时，水解才能实现。通常利用硫酸和盐酸来达到这一目的。多糖水解时使用的盐酸和硫酸浓度在