

材料新技术丛书

过滤介质及其选用

FILTER MEDIUM AND ITS SELECTION

王维一 丁启圣 等编著



MATERIAL

The graphic features a diagonal arrangement of four square samples of filter media: a fibrous material, a porous granular material, a blue square, and a brown granular material. The word 'MATERIAL' is written in large, stylized, grey letters across the bottom left, partially overlapping the samples. The background consists of a light grey gradient with a dark green horizontal bar at the top and a series of thin, parallel lines at the bottom.

 中国纺织出版社

材料新技术丛书

过滤介质及其选用

Filter Medium and Its Selection

王维一 丁启圣 等编著



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书详细论述了液—固、气—固及特殊过滤用的各类主要介质的品种、性能、工作原理及其生产制备。内容包括滤布用合成纤维、滤布、滤纸、滤片、滤筛、滤网、滤芯组件、松散粉末、纤维、颗粒状介质、膜和膜组件、多孔片和多孔管等。对过滤介质特性的测定标准、方法及装置也有详细的介绍。另外,还专章介绍了各种过滤机及与之相配的过滤介质在各工业领域的应用。

本书可供从事过滤技术的研究、设计、制造、使用、管理及营销人员参考使用,也可作为相关专业的大专院校师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

过滤介质及其选用/王维一等编著. —北京:中国纺织出版社, 2008. 5

(材料新技术丛书)

ISBN 978-7-5064-4854-3

I. 过… II. 王… III. 过滤介质 IV. TQ028.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第017177号

策划编辑:朱萍萍 责任编辑:郭强 责任校对:陈红
责任设计:何建 责任印制:何艳

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

邮购电话:010—64168110 传真:010—64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2008年5月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:25.25 插页:4

字数:433千字 定价:50.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

前言

近年来,出于对精密分离,有限资源的循环再利用、节能、改善水系环境及减排等环保问题的考虑,国内外的学术界和工业界对固—液分离和气—固分离操作的重要性有了更加深刻的认识。单就过滤而言,它已深入国民经济、日常生活及环保的各个领域。

在这一背景下,各种新颖先进的过滤和分离机械不断问世。但是,由于过滤和分离的对象非常多歧,而且有微细化的倾向,所以对过滤介质的研发工作绝不能滞后。现在人们已切实认识到:如果不配备合适的过滤介质,那么即使是最精巧的过滤机也是无效的,进而有了“过滤介质是所有过滤机的核心”的共识。

据笔者初步统计,迄今国内外有关过滤的专著大都是综合性的,有关过滤介质的内容充其量只占一章的篇幅,这显然与过滤介质的重要性极不相符。有鉴于此,我们决定专门编写一本关于过滤介质的成书来全面介绍过滤介质的产品性能、发展及应用状况,借以推动国内过滤介质和过滤机产业的发展。在编写本书的过程中,笔者坚持传统和新颖并举,兼顾实用的原则,力求使读者在短时间内得到需要的信息和资料,从而为过滤介质生产厂家改善原有产品和开发新产品提供指南,也为过滤介质用户和过滤机生产厂商选用合适的介质提供依据。

本书的内容包括:合成纤维、织造布和非织造布及其多层和涂层产品等过滤用布、滤纸和滤片、筛网、烧结金属介质(金属纤维、金属粉末、多层金属网、金属泡沫)、烧结塑料、陶瓷、刻蚀金属板、预敷层粉末、砂子和活性炭、木屑和无烟煤、膜(MF、UF、RO膜)、滤芯组件、过滤介质性能的测试标准和试验装置、各种类型过滤机的技术性能和所用的过滤介质、常用和新型彗星式纤维滤料过滤介质在工业领域的应用。此外,书后附录给出了部分过滤介质和过滤机生产厂家名录。

本书编写人员:王维一(第一章、第二章、第三章、第六章、第八章、第九章);丁启圣(第七章、第十章、附录、彩页);庞挺(第四章);王可成(第五章);宋显洪、宋志黎(第十一章第一节);顾临(第十一章第二节);李振瑜、刘沫(第十一章第三节);Inge Sc Ir Hildermans(第十一章第四节);鲁捷(第十一章第五节);天津科建科技发展有限公司(第十一章第六节);任晓君(第十一章第七节);戴天翼(第十一章第八节);曾凡辉(第十一章第九节);孙乐久、王社桥、丁启圣、王姝、郑晓刚(第十一章第十节)。全书由丁启圣统稿。

本书从策划到编写始终得到我国固—液分离学术领域享有盛誉的金鼎五教授的热情帮助

和指导,为此我们表示衷心地感谢!此外,还要感谢于志华、关太平、薛晓彤、鲁捷、梁为民、姜桂廷、宋志骥、贺仲宪、李秀英、李建军、马红、张士良、张文华、林晓东、王德珠、吴荫曾等诸位友人的帮助。

给予本书出版支持和帮助的国内外厂商有:大连华隆滤布有限公司、厦门怡洋过滤材料工业有限公司、沈阳博联滤布厂、浙江省天台县工业滤布厂、安泰科技有限公司、上海达德滤机电设备有限公司、比利时贝卡特纤维技术公司、清华大学环境科学与工程系、河北省景津压滤机集团有限公司、温州市东瓯微孔过滤有限公司、杭州防腐设备有限公司、江苏省新宏大集团有限公司、石家庄新生机械厂、自贡高精过滤机制造有限公司、合肥世杰膜工程有限责任公司、湖州核华机械有限公司、海门东风过滤设备厂、伊顿工业过滤(上海)有限公司、武穴市精华轻纺机械有限公司、江苏省宜兴非金属化工机械厂、沈阳市浆体输送设备制造厂、杭州兴源过滤机有限公司、唐山市丰南区连成过滤设备厂、莱芜市环宇材料科技有限公司、珠海利骐发展有限公司、汕头三辉无纺机械厂有限公司、北京利飞尔特过滤技术有限公司、上海菲瑞工业设备有限公司、江苏隆达机械设备有限公司、北京中农元粮油技术发展有限公司、浙江轻机实业有限公司、沈阳新机数控机床有限公司、国家工业用布产品质量监督检验中心、唐山化工机械有限公司、重庆江北机械有限责任公司、湘潭离心机有限公司。

由于笔者的知识面有限,书中难免有不当之处,甚至谬误,敬请读者不吝赐教。

王雅一 丁启堂

2008年1月

第一章 概论	1
第一节 过滤的基础知识	1
一、过滤的基本类型	1
二、过滤的预处理和后处理	7
第二节 粒子、液体、悬浮液的性质	11
一、粒子的性质	11
二、液体和悬浮液的性质	17
第三节 过滤介质	17
一、过滤介质的分类	18
二、过滤介质的特性	18
参考文献	23
第二章 滤布用合成纤维	24
第一节 纤维的分类	24
第二节 合成纤维的物理和化学性质	24
一、合成纤维的物理性质	25
二、合成纤维的化学性质	26
第三节 合成纤维的制备方法	26
一、熔融纺丝法	27
二、溶液纺丝法	27
三、拉伸和热处理	29
四、纺丝和拉伸的结合	29
五、纱线的类型	29
第四节 聚酯纤维	31
一、涤纶的结构	31
二、涤纶的特性和用途	32

2 过滤介质及其选用

第五节 聚丙烯纤维	33
一、丙纶的结构	33
二、丙纶的特性	33
三、丙纶的用途	34
第六节 高性能纤维	35
一、高模量—高强度合成纤维	35
二、高耐化学性合成纤维	36
三、高耐热性合成纤维	37
参考文献	39
第三章 滤布	40
第一节 机织物	40
一、机织物的基本组织	40
二、机织物的织造原理	41
三、机织物的精加工	42
第二节 非织造布	45
一、非织造布基础知识	45
二、非织造布的分类	45
三、非织造布常用纤维	45
四、非织造布的成网方法	49
五、非织造布的黏合加固方法	50
六、非织造布的后整理	51
第三节 复合织物	53
一、涂层织物	53
二、叠层织物	54
三、多层的织造介质	55
第四节 滤布的特性	56
一、滤布的渗透性	56
二、粒子在滤布孔上的架桥	59
三、过滤布的流阻	61
第五节 过滤中遇到的问题和对策	64
一、纱线的固体粒子负荷和粒子的分级	64
二、霉菌和来自溶液的沉淀物	64
三、滤布的排水	65

四、临界的浓度和压力	65
五、气泡和液相的汽化	65
参考文献	66
第四章 滤纸、滤片、滤筛和滤网	67
第一节 滤纸	67
一、纤维素纸	67
二、玻璃纸	72
三、合成聚合物纸和金属纤维纸	75
四、矿物和陶瓷纤维纸	76
第二节 滤片	76
一、石棉和纤维素滤片	76
二、无石棉滤片	77
第三节 滤筛和滤网	79
一、金属丝布	79
二、打孔的金属片	82
三、楔形金属丝筛	84
四、塑料筛和塑料网	85
参考文献	85
第五章 滤芯组件	86
第一节 概述	86
一、滤芯的定义	86
二、滤芯的分类	87
第二节 各种主要滤芯介绍	89
一、传统介质制成的滤芯组件	89
二、纱线滤芯	92
三、黏结纤维滤芯	93
四、金属材质的边缘过滤滤芯	95
五、叠环式滤芯	97
参考文献	98
第六章 松散粉末、纤维、颗粒状介质	99

4 过滤介质及其选用	
第一节 绪言	99
一、松散介质的应用方式	99
二、助滤剂介绍	100
第二节 硅藻土助滤剂	101
一、硅藻土的来源	101
二、硅藻土助滤剂的组成和性质	101
三、硅藻土助滤剂商品	103
四、硅藻土助滤剂的用法	104
五、特殊加工的硅藻土助滤剂	105
第三节 珍珠岩助滤剂	106
一、珍珠岩原料	106
二、膨胀珍珠岩助滤剂	106
三、膨胀珍珠岩与硅藻土的比较	108
第四节 纤维素纤维助滤剂	108
一、纤维素纤维助滤剂的制法	108
二、纤维素助滤剂的性质	109
三、纤维素助滤剂商品和应用	109
第五节 其他粉末介质	112
一、木粉	112
二、钝性炭	113
三、合成材料	114
四、稻壳灰	114
第六节 深层过滤用的颗粒状介质	114
一、颗粒状过滤介质的物理特性	114
二、惰性颗粒状深层过滤介质	115
三、活性颗粒状深层过滤介质	118
第七节 深层过滤用的纤维介质	118
参考文献	119
第七章 膜和膜组件	120
第一节 膜的定义和分类	120
一、膜的定义	120
二、膜的分类	120
三、膜过滤技术	122

第二节 膜的材料和发展	124
一、常用膜的材料	124
二、膜材料的发展	125
第三节 膜组件的形式	125
一、板框式膜组件	126
二、圆管式膜组件	127
三、螺旋卷式膜组件	127
四、中空纤维式膜组件	128
第四节 微滤膜	130
一、微滤膜的截留机理	130
二、微滤膜的形态结构、制法	131
三、微滤膜组件	133
第五节 超滤膜	136
一、超滤膜的分离原理	136
二、超滤膜的形态结构和制法	137
三、超滤膜组件	138
第六节 反渗透和纳滤	142
一、反渗透和纳滤的工作原理	142
二、反渗透膜和纳滤膜的形态	143
三、反渗透膜和纳滤膜组件	143
第七节 膜组件的选择	146
一、膜组件的性能比较	146
二、膜组件选择的考虑因素	147
三、膜组件的选用	148
参考文献	150
第八章 多孔片和多孔管	151
第一节 烧结粉末介质	151
一、烧结金属粉末介质	151
二、烧结塑料粉末介质	154
第二节 非织造金属纤维网和烧结金属纤维介质	155
一、非织造金属纤维网	155
二、烧结金属纤维介质	155
第三节 烧结合造金属网	157

6 过滤介质及其选用	
一、烧结的织造金属网	157
二、混成的烧结金属介质	158
第四节 陶瓷介质	160
一、高密度硬陶瓷介质	160
二、低密度软陶瓷介质	161
第五节 泡沫介质	162
一、陶瓷泡沫介质	162
二、塑料泡沫介质	163
三、金属泡沫介质	165
第六节 多孔碳和玻璃纤维管介质	165
一、多孔碳介质	165
二、玻璃纤维管	165
参考文献	166
第九章 过滤介质的测试方法	167
第一节 引言	167
一、过滤介质试验标准的制订	167
二、过滤介质标准的简介	169
三、介质过滤特性的试验测定概要	171
四、过滤介质机械性能的测定	171
第二节 国家标准:织物和土工布透气性的试验测定	172
一、土工布透气性的试验方法	172
二、织物透气性的试验方法	173
第三节 国外标准:过滤介质透气性的试验方法	174
一、透气性及其测量的概况	174
二、ASTM:硬质多孔介质透气性的试验方法	176
三、ASTM:纺织品透气性的试验方法	176
第四节 过滤介质的气流阻力试验方法	177
第五节 土工布透水性的测量方法	180
第六节 织造布透水性的测量方法	182
一、过滤介质透水性的相关方程式	182
二、织造布透水性的测量方法	183
第七节 确定过滤介质特性的试验方法	188
一、单次通过恒速液体试验方法	188

二、多次通过恒速液体试验方法	194
第八节 织物的等效孔尺寸及其分布的测定法	196
一、概述	196
二、简易的鼓泡压试验法	201
三、空气流量速度试验法	205
第九节 刚性多孔过滤介质孔径的测试方法	209
第十节 介质过滤特性测试装置的新发展	212
一、毛细流孔率计	212
二、造纸用滤毡的渗透性测定装置	214
三、多功能过滤试验装置	217
参考文献	231

第十章 过滤介质在过滤机中的选择 232

第一节 滤饼过滤	232
一、真空过滤	233
二、加压过滤	243
三、离心过滤	253
四、滤布的选型	260
第二节 深层过滤	279
一、砂滤	280
二、预敷过滤	280
三、滤芯过滤	280
第三节 表面过滤	282
一、十字流动态过滤	282
二、振动式、进动式离心过滤	284
第四节 过滤介质的选择	284
一、滤布的选择	284
二、过滤介质的选用	287
三、干式过滤用纺织品的选用指南	289
四、液体过滤用纺织品的选用指南	292
参考文献	297

第十一章 过滤介质在工业中的应用 298

第一节 刚性高分子精密微孔过滤技术及应用	298
----------------------	-----

8 过滤介质及其选用

一、概述	298
二、刚性高分子烧结微孔过滤介质	298
三、精密微孔过滤机	301
四、高分子精密微孔过滤技术的主要计算	303
五、高分子精密微孔过滤技术在工业生产中的应用	305
第二节 金属微孔滤材及应用	307
一、金属微孔滤材介绍	307
二、典型烧结金属多孔滤材性能综述	308
三、烧结金属粉末元件	310
四、编织类金属丝网有效孔径计算详述	310
五、金属多孔材料的应用	314
第三节 彗星式纤维滤料的性能及应用	315
一、彗星式纤维滤料	316
二、过滤装置的性能参数及描述方法	316
三、彗星式纤维滤料过滤器的性能	320
四、彗星式纤维滤料滤池的性能	323
五、过滤装置的选型	325
六、应用实例	328
第四节 烧结金属纤维滤毡的应用	331
一、金属纤维滤毡的性能	332
二、过滤元件	333
三、烧结金属纤维滤毡的应用	333
第五节 机织过滤材料的特性及应用	335
一、机织过滤布的材料特性和选用	335
二、机织过滤布的组织分类及对过滤的影响	336
三、机织过滤布的重要物理性能指标	338
第六节 陶瓷膜在工业生产中的应用	339
一、陶瓷膜过滤器的性能及规格	339
二、陶瓷梯度膜	340
三、陶瓷膜在食品工业生产中的应用	343
四、陶瓷膜在生物工程及医药工业生产中的应用	343
五、陶瓷膜在石化、化工中的应用	344
六、陶瓷膜在环保工业生产中的应用	345
七、陶瓷膜存在的问题和研发方向	345

第七节 板框压滤机过滤介质的选用	346
一、概述	346
二、适合板框压滤机选用的过滤介质	346
三、板框压滤机滤布的选配原则和方法	347
第八节 油过滤介质的应用	347
一、油过滤介质的种类	347
二、油过滤介质的应用	349
三、油过滤材料的性能立项及测试方法	356
四、滤材主要性能中的常规试验——冒泡试验法	359
第九节 滤芯的试制	362
一、滤芯试制的必要性	362
二、滤芯试制的步骤	363
三、滤芯试制的程序和要求	364
第十节 过滤介质应用举例	365
一、大连华隆滤布有限公司过滤布的应用	365
二、瑞典丝凡尔特过滤布/带的应用	367
三、厦门怡洋过滤材料工业有限公司过滤网带的应用	373
四、合肥世杰膜工程有限责任公司膜过滤的应用	378
五、美国伊顿公司过滤介质的应用	381
参考文献	384
附录 过滤介质及过滤机生产厂商名录	385

第一章 概论



第一节 过滤的基础知识

图 1-1 过滤的基本类型

一、过滤的基本类型

过滤分为筛滤、深层过滤及滤饼过滤等几种基本类型,如图 1-1 所示。

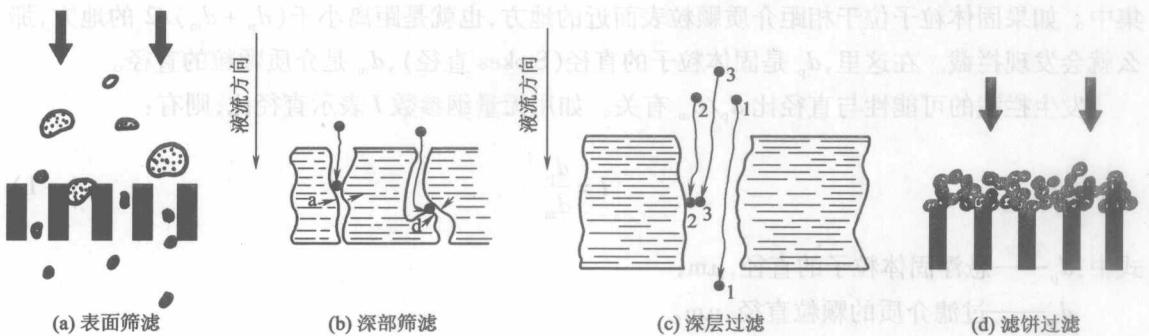


图 1-1 过滤的基本类型

1. 筛滤 (Straining)

如图 1-1(a) 所示,过滤介质有大的孔隙,只要固体粒子的尺寸大于该孔隙,它们就会沉淀在过滤介质上,而尺寸小于孔隙的粒子,则随滤液一起通过介质。此种过滤机理在杆筛、平纹编织网及膜上都起着主要作用。由于粒子是沉淀在介质的表面上,所以此种过滤现象也称为表面筛滤(Filtration by Surface Straining)。

如果筛滤机理出现在介质的深处——流道窄小到比固体粒子尺寸还小的地方,那么此种筛滤称为深部筛滤(Filtration by Depth Straining)。例如毡子、非织造布及膜等介质,都具有深部筛滤机理[图 1-1(b)]。

2. 深层过滤 (Depth Filtration)

如图 1-1(c) 所示,其过滤介质具有立体的孔隙结构,能捕集小于孔隙的固体粒子,甚至远小于孔隙(流道)的固体粒子,也能在介质的深部被捕集。

2 过滤介质及其选用

深层过滤具有复杂的混合机理。固体粒子在惯性力、液压力或布朗运动(分子运动)作用下,首先同孔隙流道壁相接触,然后粒子附在孔隙流道壁上,或者粒子在范德华力或其他表面力作用下彼此附聚在一起。这些力的大小和效果取决于水溶液中离子的浓度和种类及气体的湿度。深层过滤体现在毡子和非织造布中,在高效空气过滤机和深层砂过滤机中尤其重要。

深层过滤的捕捉粒子模型如图 1-2 所示。

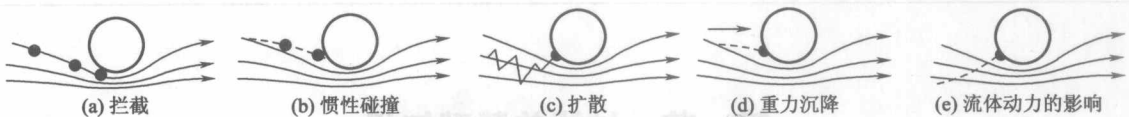


图 1-2 深层过滤捕捉粒子的模型

深层过滤的主要捕捉粒子的机理有以下几类:

(1) 拦截(Interception)。在无其他力作用的情况下,固体粒子会随着流体的流线通过介质的颗粒层。因为流体以层流状态流过颗粒层,所以流线会绕过颗粒分开流动,并在颗粒后面再集中。如果固体粒子位于相距介质颗粒表面近的地方,也就是距离小于 $(d_p + d_m)/2$ 的地方,那么就会发现拦截。在这里, d_p 是固体粒子的直径(Stokes 直径), d_m 是介质颗粒的直径。

发生拦截的可能性与直径比 d_p/d_m 有关。如用无量纲参数 I 表示直径比,则有:

$$I = \frac{d_p}{d_m} \quad (1-1)$$

式中: d_p ——悬浮固体粒子的直径, μm ;

d_m ——过滤介质的颗粒直径, μm 。

I 值越大,捕捉粒子的概率便越大。

(2) 惯性碰撞(Inertial Impaction)。如果固体粒子的密度大于它所悬浮的液体,那么粒子就会经受惯性力的作用。借助惯性碰撞捕捉粒子的机理可以这样来描述:当悬浮液通过介质颗粒之间弯弯曲曲的流道时,若固体粒子与液体之间的密度差很大,那么固体粒子将不追随流线方向的变化而改变运动方向。也就是说,粒子会因惯性而与介质颗粒相碰撞,直至被介质捕捉。

可用无量纲的斯托克数 S_t (Stokes Number)来表征惯性效果:

$$S_t = \frac{(\rho_s - \rho_f) d_p^2 \bar{u}}{18\mu d_m} \quad (1-2)$$

式中: ρ_s ——固体粒子的密度;

ρ_f ——流体的密度;

d_p ——固体粒子的直径;

d_m ——介质颗粒的直径；

\bar{u} ——流体通过介质孔隙时的平均速度；

μ ——流体的黏度。

S_i 值越大,表示惯性碰撞的机会多,惯性力对粒子的作用效果好。

(3)扩散(Diffusion)。悬浮液中含有的直径小于 $1\mu\text{m}$ 的固体粒子,会因为受到其周围作热运动的液体分子的碰撞,而获得进行布朗扩散的足够能量。连续地碰撞,使粒子有机会靠近介质的表面,直至被捕捉。

扩散系数 D_{br} 可以表示依靠扩散捕捉粒子的机会。 D_{br} 值越大,捕捉粒子的机会便越大。

$$D_{br} = \frac{KT}{3\pi\mu d_p} \quad (1-3)$$

式中: K ——玻耳兹曼常数, $K = 1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$;

T ——绝对温度,K;

μ ——流体的黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

d_p ——悬浮粒子的直径, μm 。

(4)沉降(Sedimentation)。当悬浮液朝下通过介质时,固体粒子会因重力沉降作用而沉淀。直径为 $2 \sim 10\mu\text{m}$ 的粒子的重力沉降速度对快速过滤有重要影响。

如果将介质粒状层中的间隙视为微小沉淀池,则固体粒子的沉淀效果可用无量纲数 S 来表征。 S 是斯托克沉降速度 v 与粒子逼近速度 u 之比(称为沉降系数),由下式给出:

$$S = \frac{v}{u} = \frac{g(\rho_s - \rho_f)d_p^2}{18\mu u} \quad (1-4)$$

式中: u ——流体逼近速度, m/s ;

ρ_s ——固体粒子的密度, kg/m^3 ;

ρ_f ——流体的密度, kg/m^3 ;

d_p ——固体粒子的直径, m ;

μ ——流体黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

v ——固体粒子的沉降速度, m/s 。

通常, S 的范围是 $0 \sim 1.4$;当流体密度等于粒子密度时, $S = 0$ 。显然, S 的值越大,粒子越易沉淀,对过滤有利。

(5)流体动力的影响(Hydrodynamic Action)。当粒子悬浮在有剪切力梯度的液体里时,粒子就会受到引起它们横过流体流线的的作用。粒子受到不同剪切力的作用,是由于流线密度不同,引起了粒子打转,而打转导致了粒子的移动。流体在圆柱形孔隙里运动,而处于该流体中的粒子的移动是几种效应综合作用的结果。粒子上受到的净作用,有点类似于扩散。