



分散研磨效率的优化

How to optimize dispersion and grinding

德国VMA-GETZMANN GmbH
翁开尔公司 H.J.UNKEL
0757-83808016



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





VMA-GETZMANN GmbH

公司简介

- Hermann Getzmann 于1972年建立
- 家族企业
- 55位员工，设计部门6位
- 专业制造实验室、试生产和生产用分散机、砂磨机和篮式研磨分散机。
- 专注分散技术超过35年
- 100% 德国制造，100% 德国品质
- 全球超过36000个用户



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





VMA-GETZMANN GmbH

公司简介

产品证书

- ISO
- ATEX (防爆) 认证
- Gost
- CE
- 若干专利



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





VMA-GETZMANN GmbH

公司简介

实验室、生产实验



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





分散过程



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik

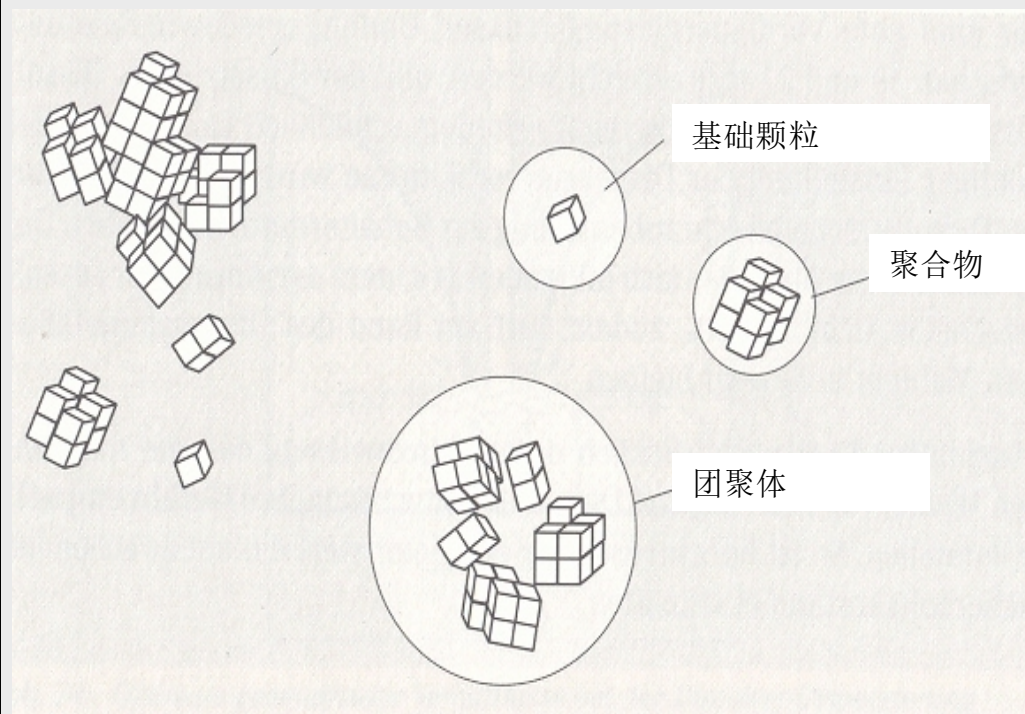


佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





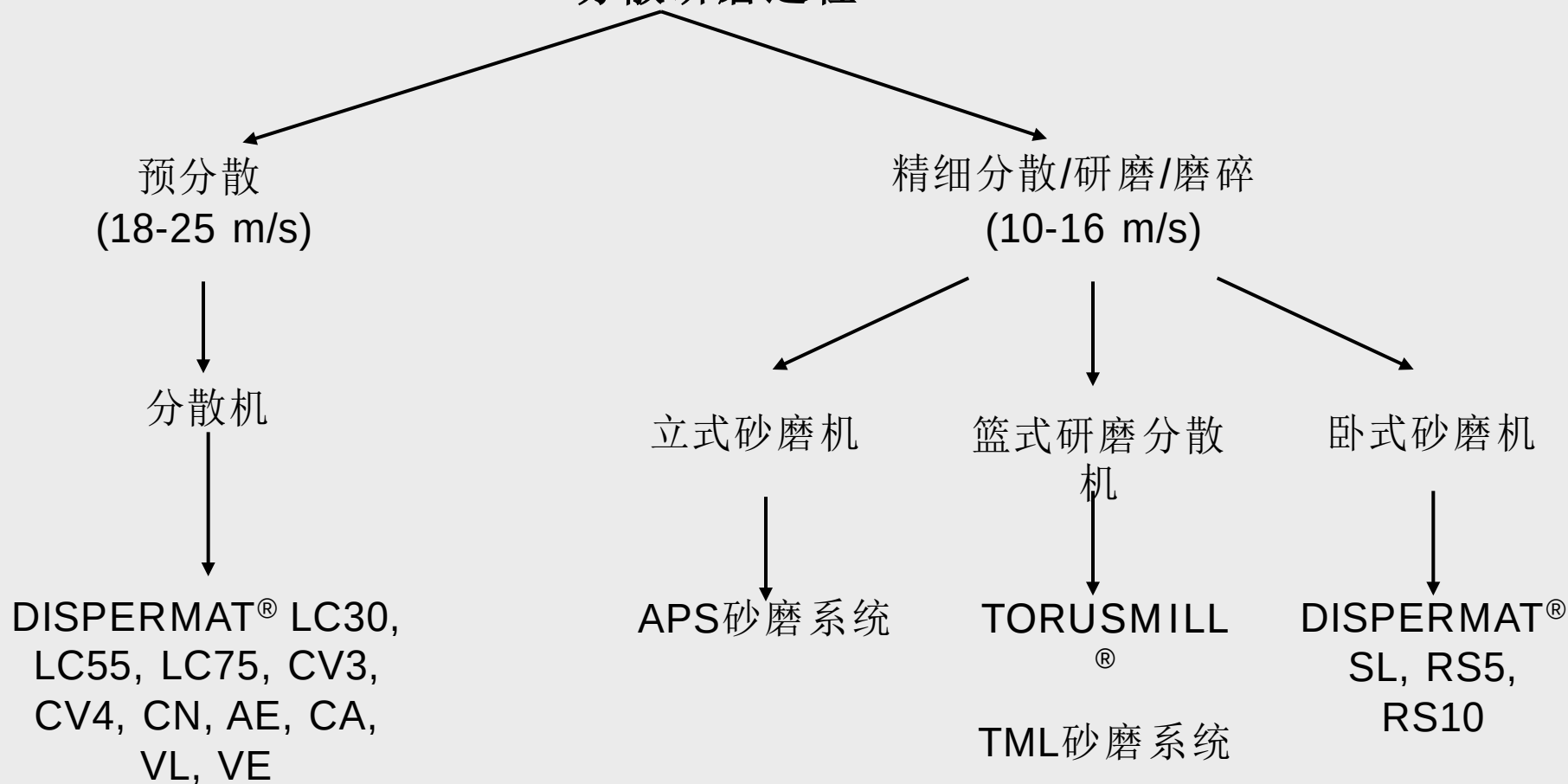
分散过程



- 润湿固体颗粒表面（低速搅拌）
- 机械打散聚合颗粒（打破约束力）
- 稳定小的颗粒，避免再次絮结



分散研磨过程





分散技术



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik

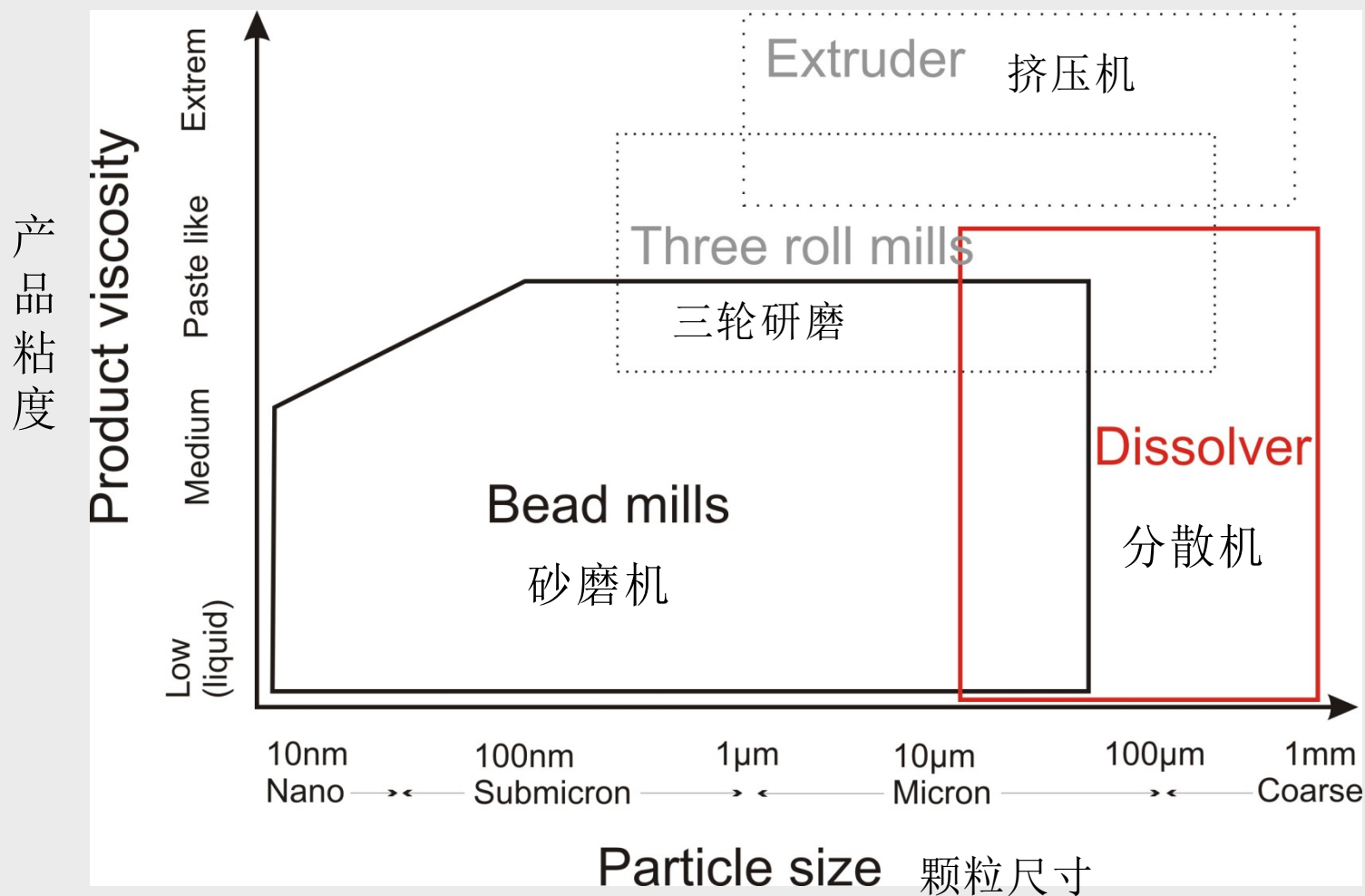


佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





分散技术



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





实验室分散机

- 遵守欧洲机器指令98/37/EC
- 完善的安全装置
- 速度可调（变频器）
- 最大转速20000 rpm
- 大量的选配件适用于各个应用
- 防爆设计



通用的分散主机，可更换相应工具

均质器

用均质器来做均质：把固体颗粒物混合（搅合）到可溶解液体，平衡浓度和温度的
差异工具：螺旋桨，蝶形盘（搅拌盘）

乳化器

混合乳化：如利用高剪切力把一种液体混合到另一种不相溶的液体中
工具：转子-定子系统（SR系统）

分散机

分散：在溶液中机械分解，将固体颗粒打散成液体->工具：分散盘、研磨盘、研磨
篮



分散技术

一个基础的分散机主机和多种不同功能选择！

SR



APS



ASC



TML



CDS



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





分散技术

Dissolver

分散机



Vacuumdissolver

真空分散机



Vertical Bead Mill

立式砂磨机



Rotor-Stator

转子-定子



Mixer

搅拌器



Basket Mill

篮式研磨分散机



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



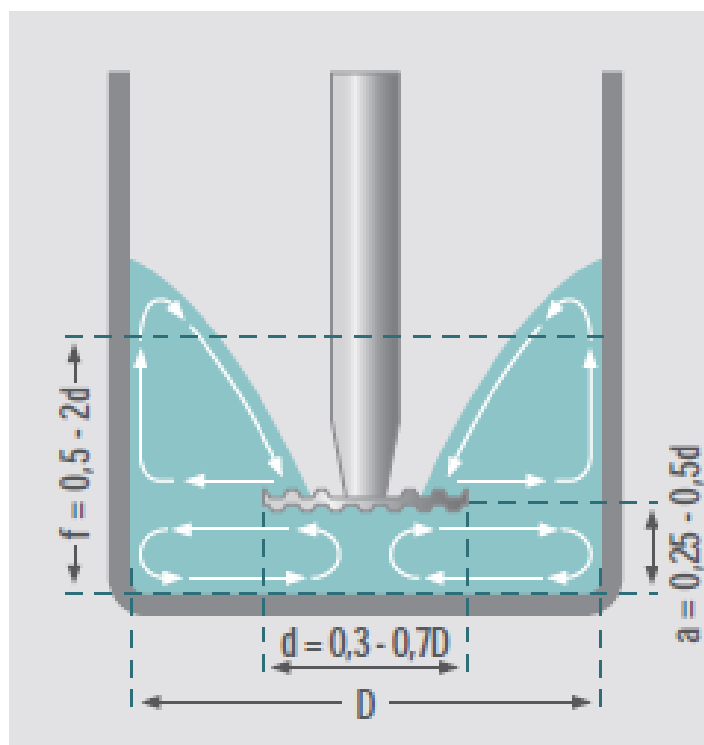
佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





分散盘--分散容杯的关系

分散容器内部几何结构



D = 分散容器直径

d = 分散盘直径

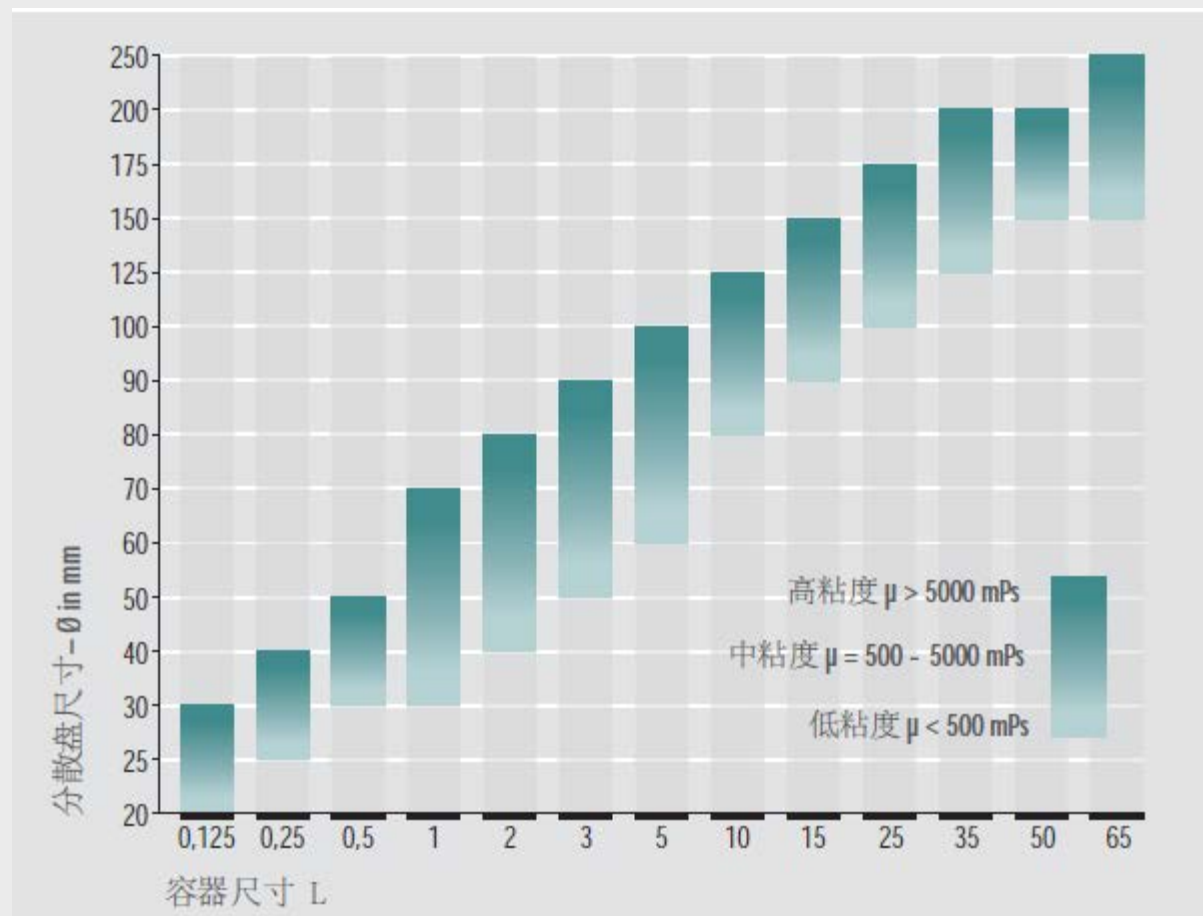
a = 分散盘与分散容器底部的距离

f = 物料添加量





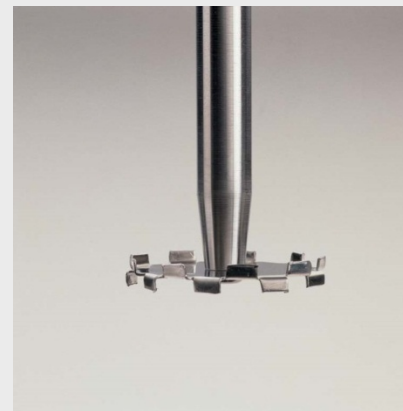
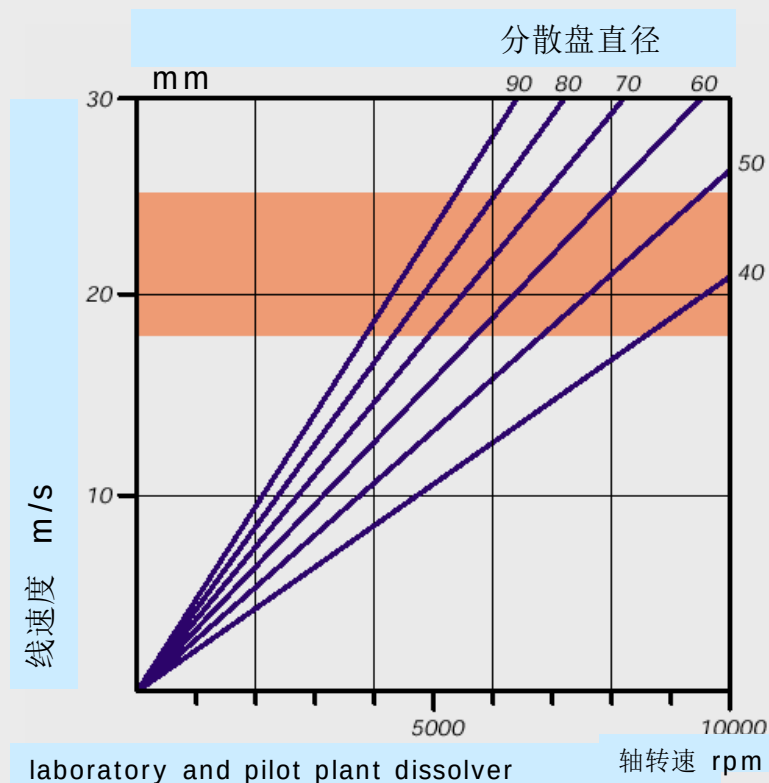
分散盘 - 容杯尺寸-样品粘度三者间的关系





分散盘圆周速度(线速度)

分散最佳线速度范围：18--25 m/s



$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

v = circumference velocity m/s

$\pi = 3,141...$

d = diameter of the dissolver disc in m

n = revolutions of shaft in rpm

v = 线速度 (桨叶速度) (m/s)

$\pi = 3.141.....$

d = 分散盘直径 (m)

n = 轴转速 (rpm)



分散盘的线速度

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

v = circumference velocity m/s

$\pi = 3,141...$

d = diameter of the dissolver disc in m

n = revolutions of shaft in rpm

v = 线速度（桨叶速度）（m/s）

$\pi = 3.141.....$

d = 分散盘直径（m）

n = 轴转速（rpm）

生产参数：

- 1、分散盘直径：450mm；
- 2、转速：800rpm

实验室：

- 1、样品量：250ml左右；
- 2、粘度：6000mpa·s；

1. 根据已知的生产上分散盘的直径及转速，计算线速度

$$v = 3.14 \cdot 0.45 \cdot 800 / 60 = 18.8 \text{ m/s}$$

2. 选定样品罐：500ml；

3. 选定分散盘直径：50mm；

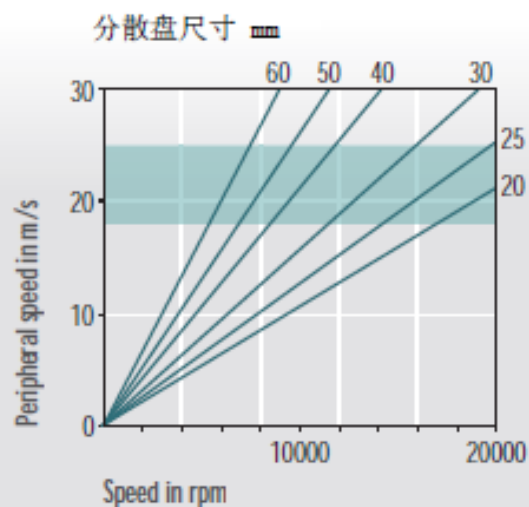
4. 根据已知计算实验室用分散盘的转速

$$n = 60 \cdot v / (\pi \cdot d) = 60 \cdot 18.8 / (3.14 \cdot 0.05) = 7200 \text{ rpm};$$

以下是线速度与轴转速和分散盘尺寸之间的关系例子

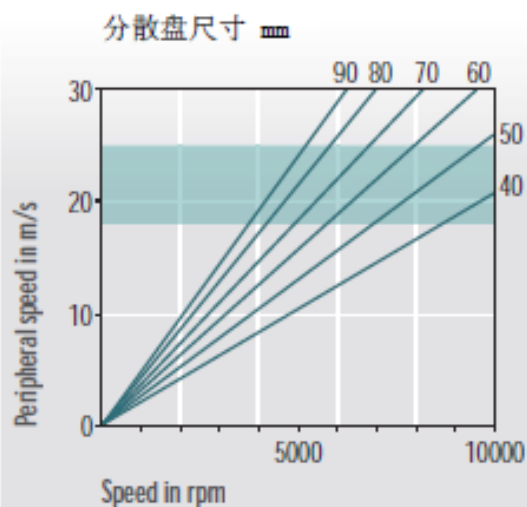
颜色区域表示线速度的最佳范围 18-25m/s

物料体积
100 ml



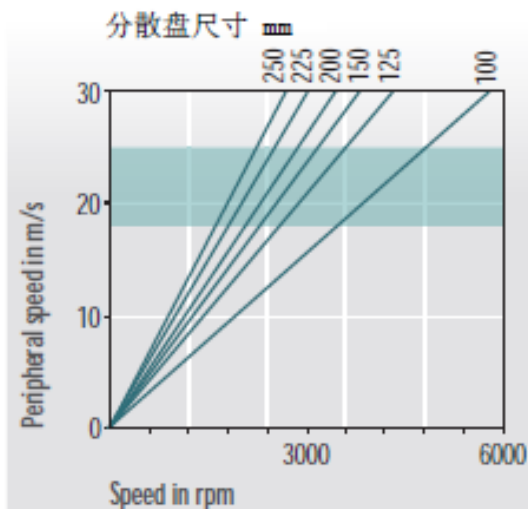
容器体积	250ml
容器内径	65mm
容器高度	85mm
分散盘直径	30mm
轴转速	11500-16000rpm
分散盘线速度	18-25m/s

物料体积
2500 ml



容器体积	500ml
容器内径	180mm
容器高度	200mm
分散盘直径	80mm
轴转速	4300-6000rpm
分散盘线速度	18-25m/s

物料体积
30 litres



容器体积	30 litre
容器内径	440mm
容器高度	440mm
分散盘直径	200mm
轴转速	1700-2400rpm
分散盘线速度	18-25m/s



Dissolver technology

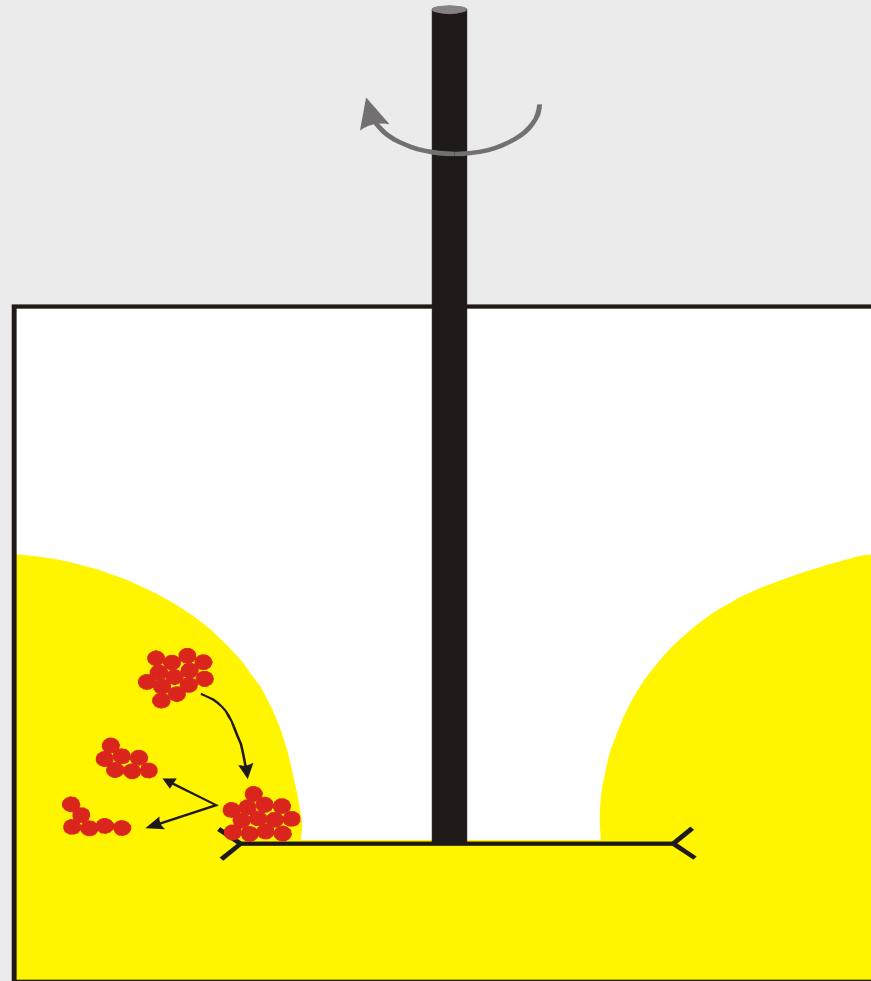
甜甜圈效果





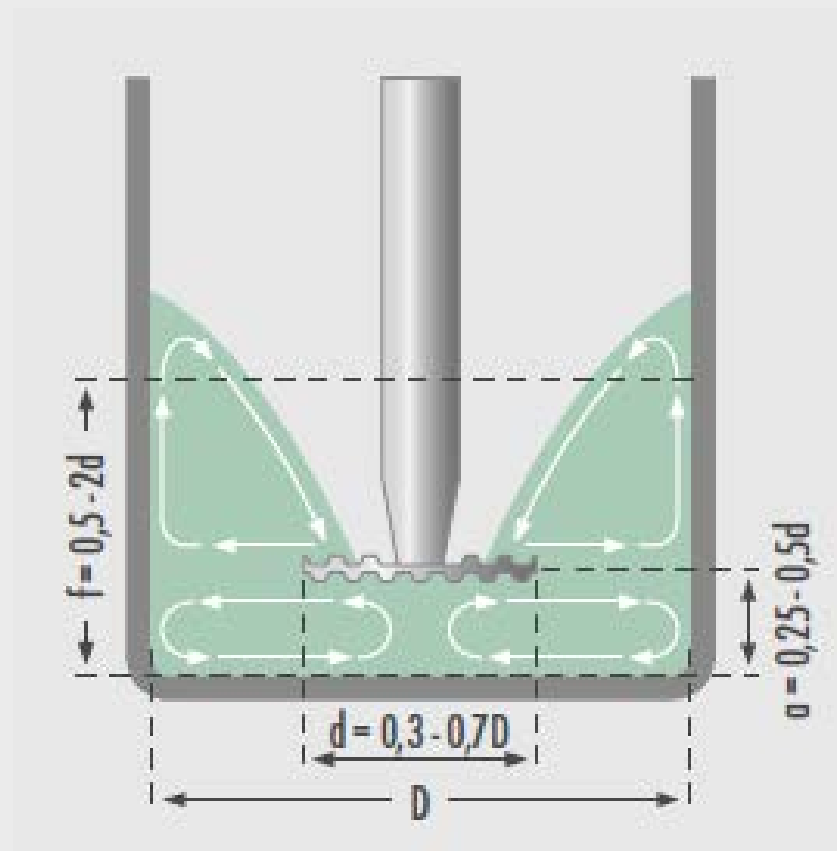
Dissolver technology

甜甜圈效果





甜甜圈效果





分散技术

最佳的预分散效果,甜甜圈效果

$v=21 \text{ m/s}$

$P=850 \text{ W}$



效果差的预分散

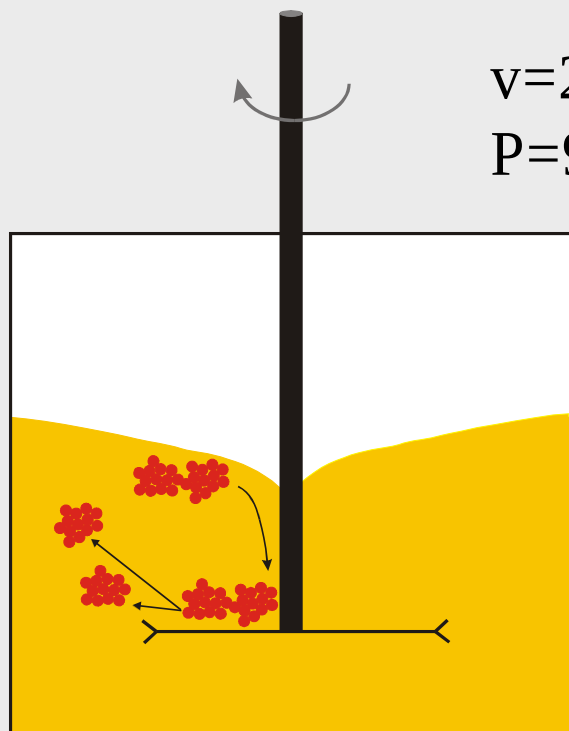
$v=21 \text{ m/s}$

$P=320 \text{ W}$

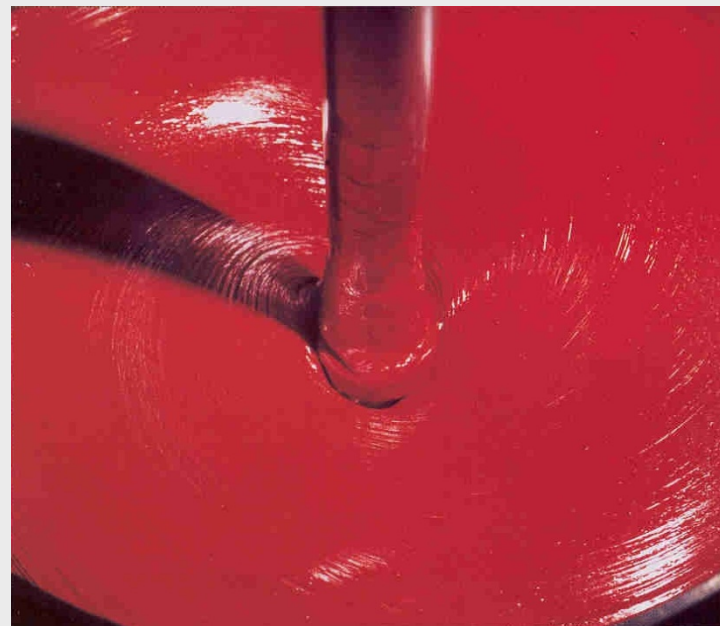




没有甜甜圈效果



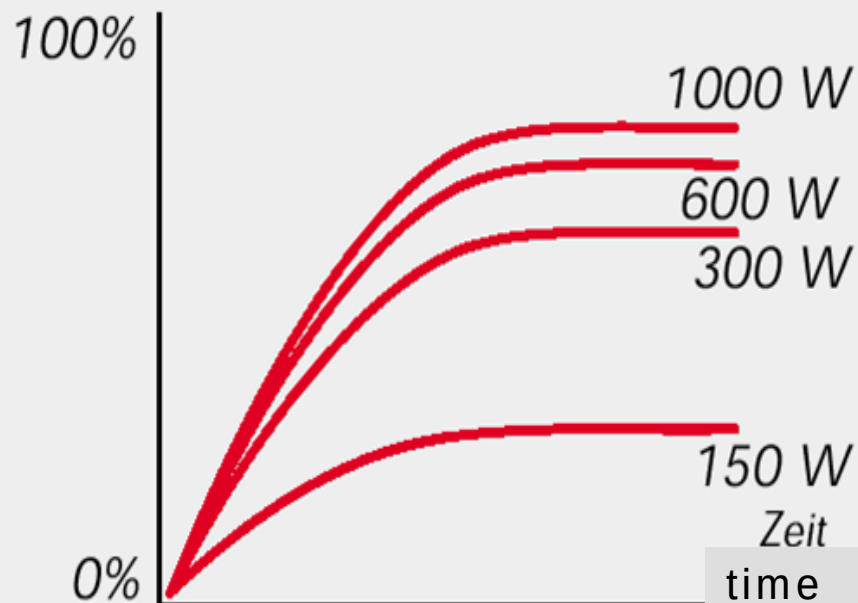
$v=21 \text{ m/s}$,
 $P=900 \text{ W}$





分散效果与机械功率相关

Constant mechanical power
机械功率保持恒定



$$P = 2\pi n M$$

- P = 机械功率
- $\pi = 3,141 \dots$
- n = 转速
- M = 扭矩 (产品粘度)



优化分散效果方法

- 分散时间(15-30min.)
- 甜甜圈效果
- 线速度 18-25m/s
- 几何结构
- 选择合适的分散盘（粘度）
- 物料（样品）量
- 颜料和填料的浓度
- 尽可能低温
- 使用助剂，更好的润湿和分散效果，没有絮凝-> 砂磨分散



砂磨技术



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik

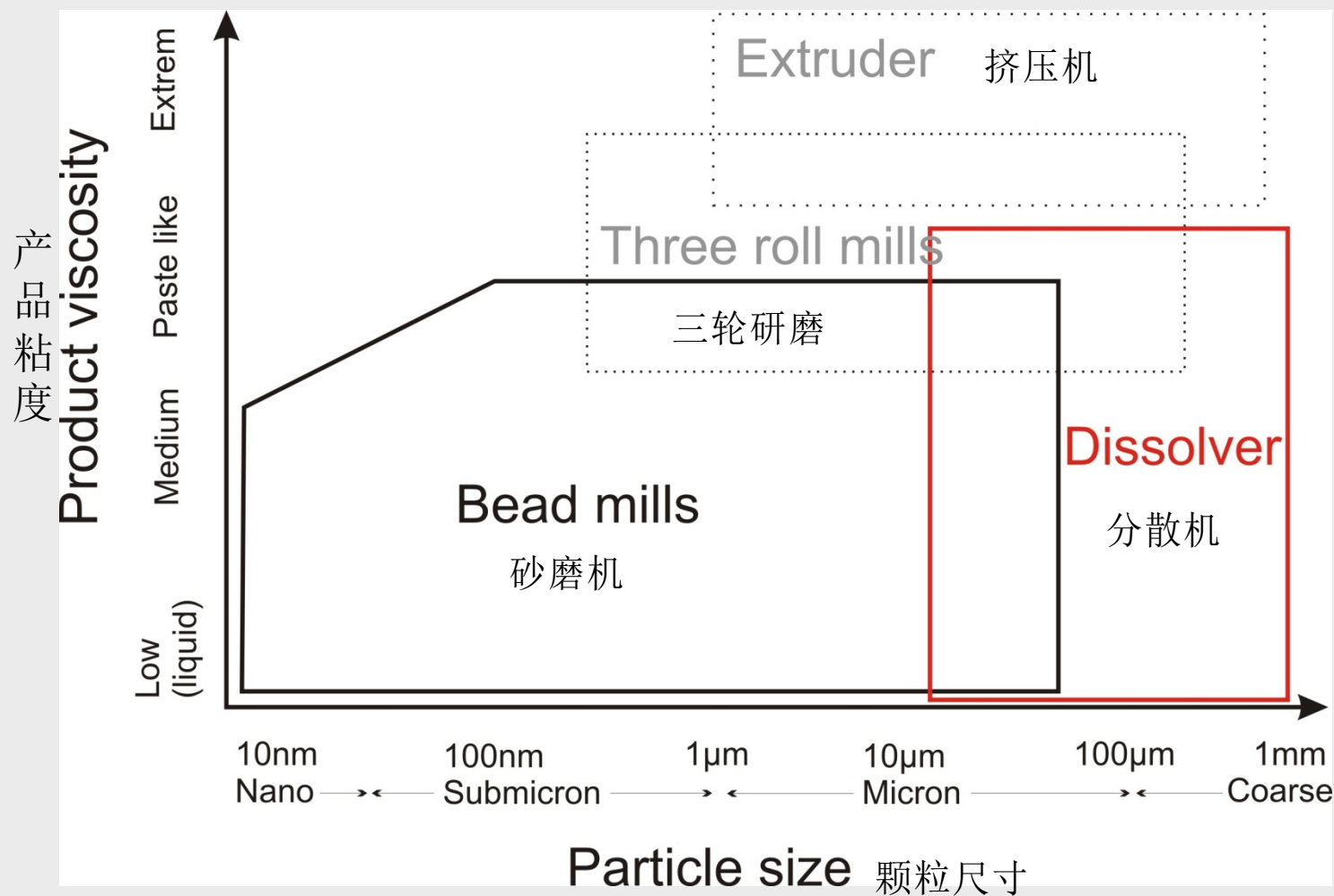


佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





砂磨技术



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





砂磨机的优势

分散机

- 有限的能量输入
- 有限的剪切力度
- 只能做到聚合态分解
- 不能真正的研磨至原始粒子或基础颗粒
- 是各种分散的必需步骤
- 研磨后的色度变化有限

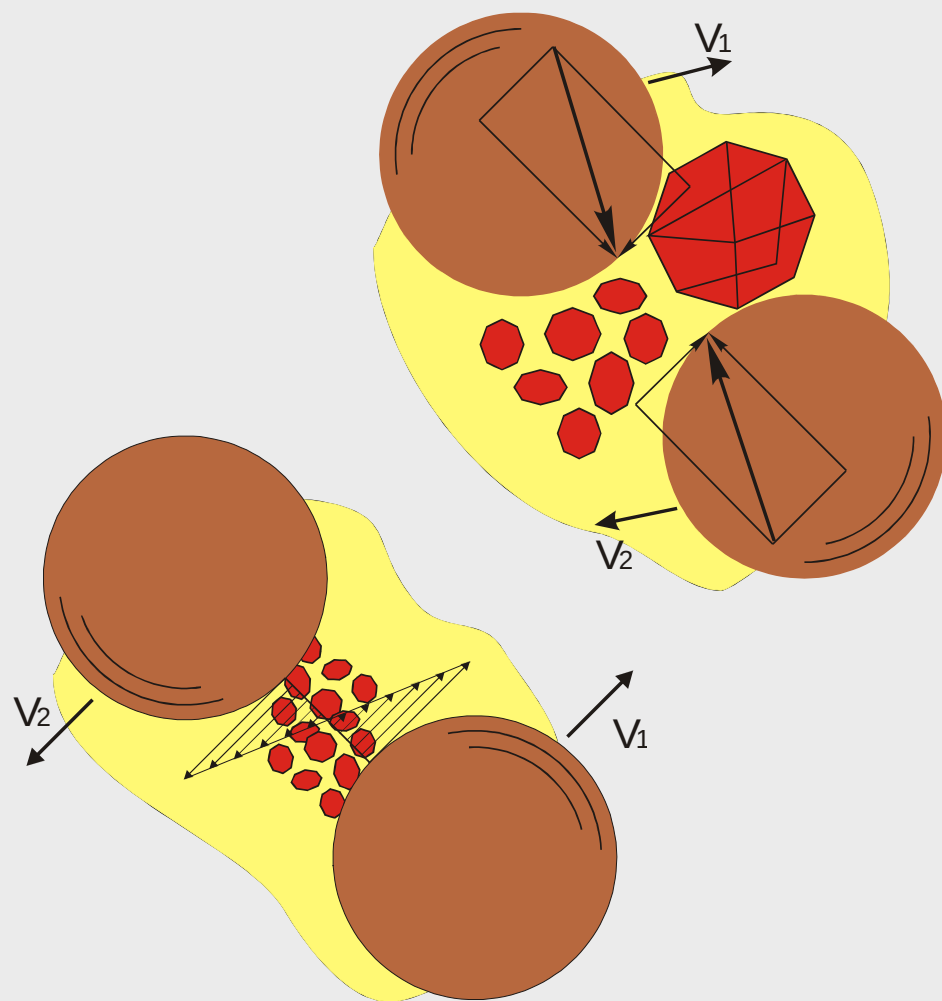
砂磨机

- 高能量输入
- 更进一步解聚（可到纳米级别）
- 能够真正的研磨到基础颗粒
- 改进产品的性能，比如颗粒大小（细度）、色度、透明度、颗粒分布...



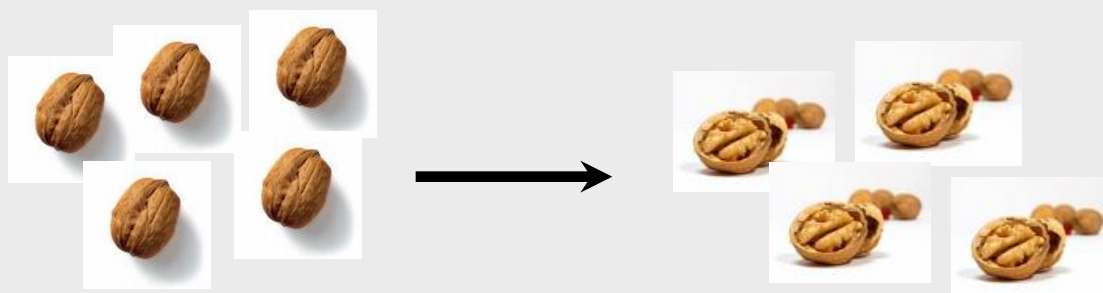
砂磨机中发生了什么？

- 撞击/挤压和剪切力度
- 解聚
- 润湿
- 稳定
- 真正分解成初始颗粒



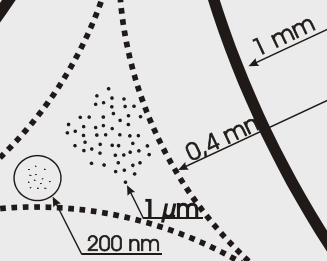


研磨珠比重的影响





研磨机技术



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik

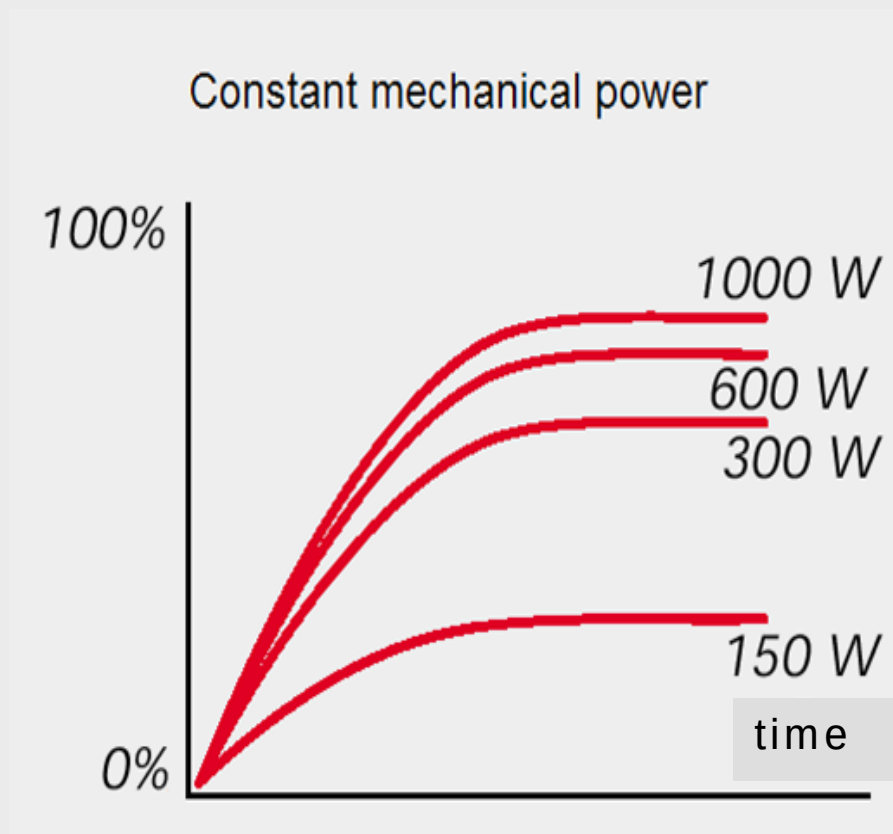


佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com/>





分散效果与机械功率相关



$$P = 2\pi n M$$

- P = 机械功率
- $\pi = 3,141 \dots$
- n = 轴转速
- M = 扭矩（产品粘度）



影响砂磨过程的参数

- 分散机预分散后的颗粒尺寸
- 研磨珠尺寸
- 研磨珠的比重
- 研磨珠数量
- 研磨珠形状（圆的最好）
- (10-16m/s)研磨速度10-16m/s)
- 样品温度
- 循环次数
- （腔内的）研磨时间
- 产品在研磨腔内的平均停留时间
- 基料的粘度
- 砂磨机的类型.....



Bead mill equipments

砂磨设备



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





砂磨设备

VMA 砂磨机

立式砂磨机：
APS 系统



卧式砂磨机：
DISPERMAT® SL, RS



篮式砂磨机：
(TML / TM / SK)



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





Vertical bead mill – APS

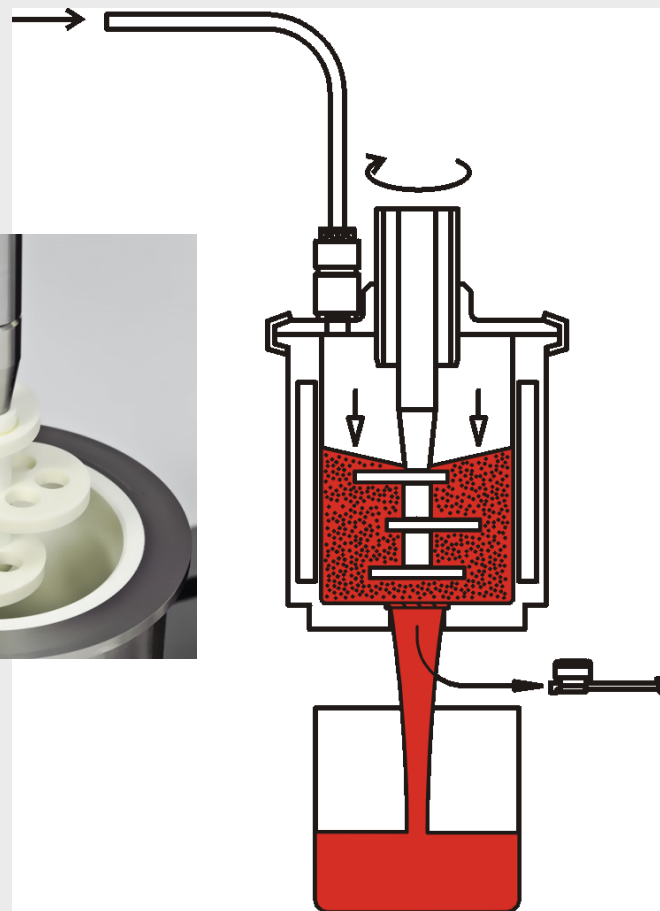
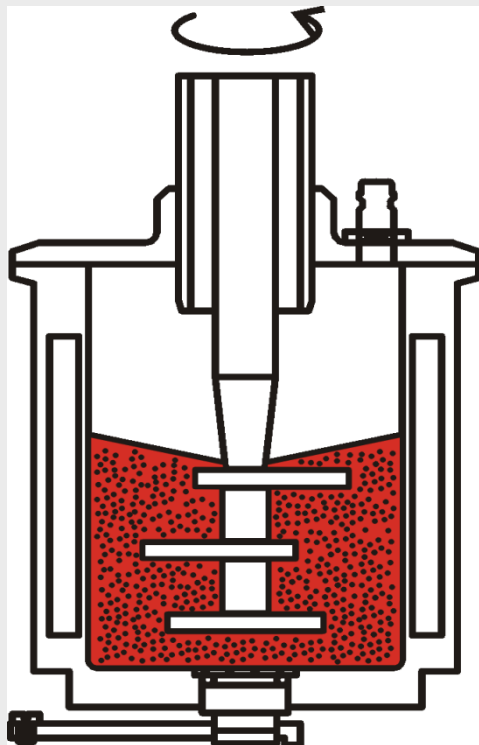
立式砂磨机-APS





Bead mill equipments

立式砂磨系统- APS





Bead mill equipments

立式砂磨系统的特点

- 立式砂磨系统适用于DISPERMAT分散机主机
- 可以研磨最少**12**毫升的样品
- 快速的测试
- 容易清洗
- 适用于高粘度样品
- 易处理
- 分散效率比较局限



砂磨设备

Horizontal bead mills 卧式砂磨机

DISPERMAT® SL



DISPERMAT® RS



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik

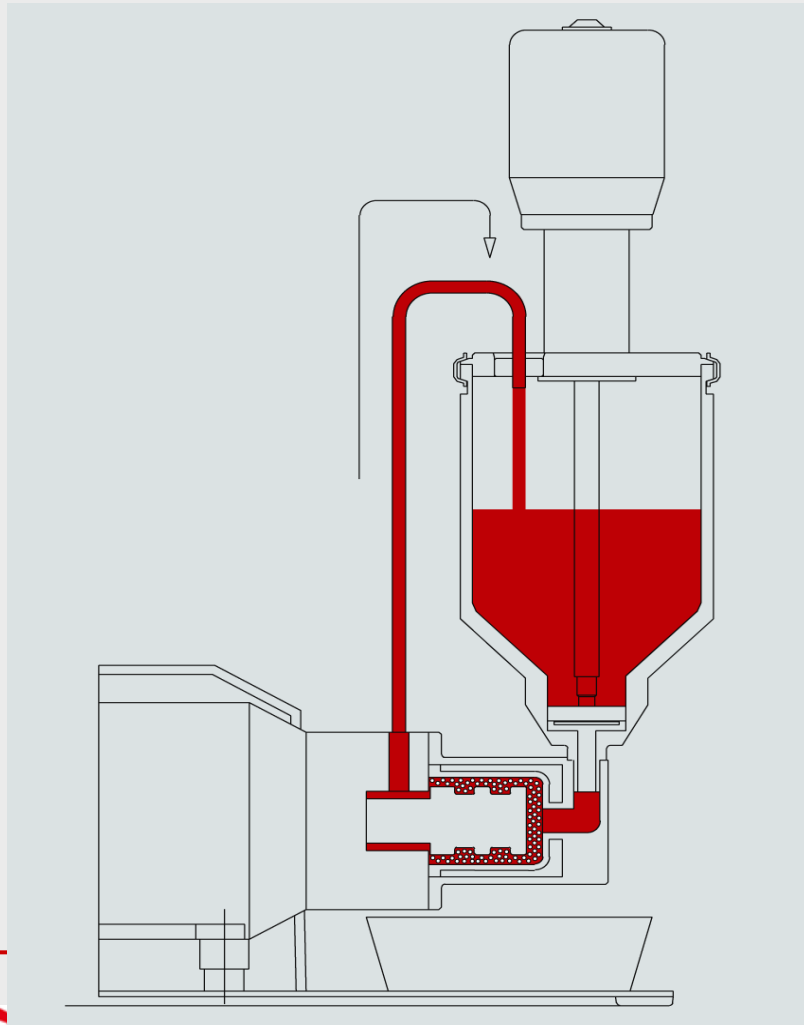


佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





Schematic view of a DISPERMAT® SL





篮式砂磨机TML0.5 / 1 / 5 / 10 / 50



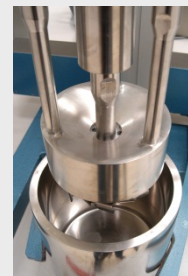
- 适用于VMA不同型号的分散机
- 操作简易
- 分散杯尺寸1L--65L
- 研磨珠填充率 50-80%
- 样品量，250ml样品用0.5L的分散杯
- 可处理粘度高达10000 cps或20000 cps(使用刮刀系统)



砂磨设备

TML系统的特点

- 设计简单, 操作简易
- 批量系统
- DL轴, 研磨分散一体化
- 有真空系统可供选择
- 更换样品简便
- 最小的容杯为0.5L
- 最小的研磨珠尺寸, 1.0mm 带微型设备, 0.2mm
- 除TML0.5之外其他都是双壁篮
- 可与VMA的其他设备扩大或减少生产



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



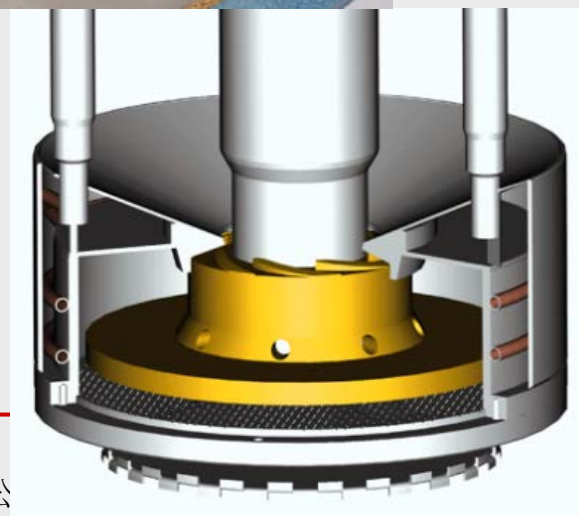
佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





篮式砂磨机 TORUSMILL® 与普通砂磨机比较

- 批量生产过程
- 机械功率大（高达80%研磨珠填充率）->相类似的分散效率
- 粒径分布窄
- 最少的磨基量为250ml
- 清洗快速-> 简单批量处理，颜色可变
- 重复性的操作简单
- 不会压迫研磨珠
- 封闭的分散系统（也可以真空操作）
- 不需要外接泵或管子
- 设计简单（无口密封，无机械密封）





Questions?



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





Production equipments 生产设备



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



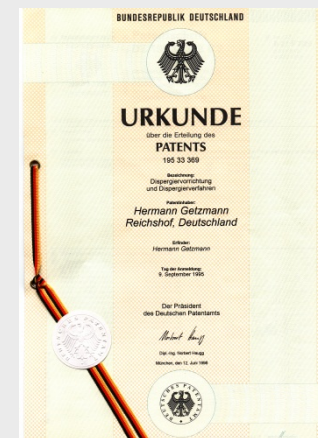
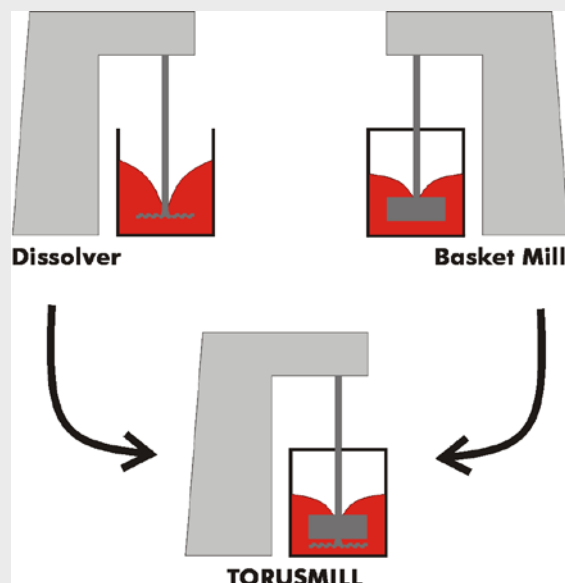
佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





生产设备

TORUSMILL® TM



torusmill film.exe



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





生产设备

TORUSMILL® SK



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





扩大生产

- 产品:

汽车漆, 白色, 预分散至 $30\mu\text{m}$

汽车漆, 灰色, 预分散至 $95\mu\text{m}$

- 设备: 实验室TML, 生产 SK100

Product	Equipment	Container size (L)	Batch size (L)	Product filling ratio (%)	Beads filling ratio (%)	Bead size (mm)	Shaft speed (rpm)	Tip speed (m/sec)	Product temp. (°C)	Milling time (min)	Particle size	Remarks
Grey	TML 1	2	1	50	60	1,0-1,2	4250	12,00	28	75	$< 5\mu\text{m}$	
	TML 1	2	1	50	70	1,0-1,2	4250	12,00	30	45	$< 5\mu\text{m}$	
	TML 1	2	1	50	80	1,0-1,2	4250	12,00	31	30	$< 5\mu\text{m}$	40% higher product filling ratio caused
	SK 100	100	70	70	70	1,0-1,2	850	12,00	35	70	$< 5\mu\text{m}$	nearly a 50% longer milling time
	SK 100	100	70	70	80	1,0-1,2	1185	16,50	39	45	$< 5\mu\text{m}$	
White	TML 1	2	1	50	60	1,0-1,2	3550	10,00	49	10	$< 5\mu\text{m}$	
	TML 1	2	1	50	60	1,0-1,2	4250	12,00	49	8	$< 5\mu\text{m}$	80% higher product filling ratio caused
	SK 100	100	90	90	70	1,0-1,2	850	12,00	50	17	$< 5\mu\text{m}$	nearly a 100% longer milling time

结论: 从实验室扩增到工业生产, 可以达到近似1:1的结果



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>





Questions?



VMA-GETZMANN GMBH
Verfahrenstechnik



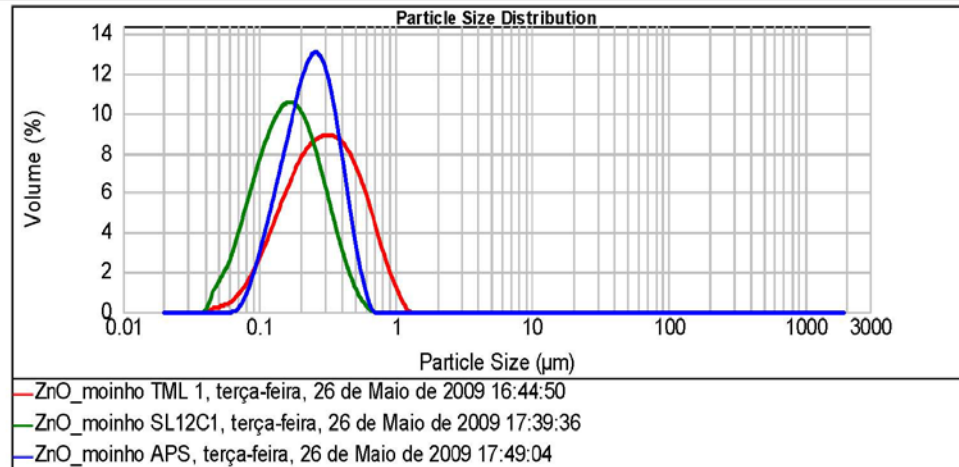
佛山市翁开尔贸易有限公司
<http://www.hjunkel.com>



COMPARISON TEST



Grinding of ZnO, pre-dispersed 30µm



Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %	Size (µm)	Vol Under %
0.010	0.00	0.105	3.92	1.096	100.00	11.482	100.00	120.226	100.00	1258.925	100.00
0.011	0.00	0.120	7.73	1.259	100.00	13.183	100.00	138.038	100.00	1445.440	100.00
0.013	0.00	0.138	13.08	1.445	100.00	15.136	100.00	158.489	100.00	1659.587	100.00
0.015	0.00	0.158	20.00	1.660	100.00	17.378	100.00	181.970	100.00	1905.461	100.00
0.017	0.00	0.182	28.51	1.905	100.00	19.953	100.00	208.930	100.00	2187.762	100.00
0.020	0.00	0.209	38.53	2.188	100.00	22.909	100.00	239.883	100.00	2511.886	100.00
0.023	0.00	0.240	49.75	2.512	100.00	26.303	100.00	275.423	100.00	2884.032	100.00
0.026	0.00	0.275	61.52	2.884	100.00	30.200	100.00	316.228	100.00	3311.311	100.00
0.030	0.00	0.316	72.87	3.311	100.00	34.674	100.00	363.078	100.00	3801.894	100.00
0.035	0.00	0.363	82.81	3.802	100.00	39.811	100.00	416.869	100.00	4365.158	100.00
0.040	0.00	0.417	90.60	4.365	100.00	45.709	100.00	478.630	100.00	5011.872	100.00
0.046	0.00	0.479	95.85	5.012	100.00	52.481	100.00	549.541	100.00	5754.399	100.00
0.052	0.00	0.550	98.78	5.754	100.00	60.256	100.00	630.957	100.00	6606.834	100.00
0.060	0.00	0.631	99.93	6.607	100.00	69.183	100.00	724.436	100.00	7585.776	100.00
0.069	0.01	0.724	100.00	7.589	100.00	79.433	100.00	831.764	100.00	8709.636	100.00
0.079	0.33	0.832	100.00	8.710	100.00	91.201	100.00	954.863	100.00	10000.000	100.00
0.091	1.53	0.955	100.00	10.000	100.00	104.713	100.00	1086.478	100.00		

lab equipments:

- APS 250 with 120ml millbase
- TML1 with 730ml millbase
- SL12C1 with 1000ml millbase

parameters:

- 0,3-0,4mm ZrO₂ beads
- milling time 3h
- tip speed 13m/s

COMPARISON TEST



The basic idea was:

The higher the quotient „i“ between the volume of milling beads and the volume of millbase, the better the dispersing result!

APS250

$$i = 100\text{ml}/120\text{ml} \times 100 = 83,3$$

TML1

$$i = 40\text{ml}/730\text{ml} \times 100 = 5,5$$

SL12C1

$$i = 100\text{ml}/1000\text{ml} \times 100 = 10,0$$

Conclusion:

Even with a small amount of beads it's possible to get excellent results. It depends on the design of the milling system (vertical, horizontal or basket)!

