



# 发泡性能的有效对比

## —— 含表面活性剂的溶液（包括洗涤剂、身体护理产品等）

### 介绍：

在工业和日常生活中的许多领域中，水性泡沫起着非常重要的作用。根据应用流程，泡沫的产生可能是需要的，也要可能是不需要的。因此，起泡性能的分析成为开发和生产高质量产品的一项重要质量指标。

在沐浴、剃须、洗涤和其他运用到表面活性剂的时候，是需要泡沫的产生的。这些不同的泡沫都有它们不同的特征；剃须泡沫要起泡快且稳定，相比较而言，清洁剂的泡沫要起泡慢且是有规定的。泡沫在许多技术工艺流程中出现，使得流程不好控制和不可控制，因此在这个时候泡沫又不得不消除。根据不同的应用需要配液和测液，就可以对泡沫的生成，稳定和消褪进行相应的选择和组合。

要使液体发泡就要引进空气并降低液体的表面张力。表面张力通常是靠表面活性剂来降低的，如果气泡升到液体表面，泡沫就形成了。一个泡沫由两层的气液两相和附带的表面活性剂组成。因为重力的作用，泡沫中的液体慢慢排出从而泡沫消褪。以下的泡沫特性是一般研究开发人员关注的：

- 泡沫发泡期间起泡规律
- 起泡能力（最大泡沫体积）
- 泡沫稳定性
- 泡沫密度

当发展新产品时需要准确地区别这些特性，这篇报告的焦点是针对泡沫应用对液体发泡规律进行的调查。这可通过两部获得，1. 制造泡沫；2. 测量泡沫体积。

为了能把含有表面活性剂的水溶液的起泡性能作比较，前提是需要确定泡沫的产生形式，测量出泡沫体积。泡沫发生装置应近似模拟在实际应用中的泡沫发生状态。

为了达到这个目标，SITA Messtechnik GmbH 开发出了一项新的泡沫测试系统——SITA 泡沫仪-R2000，通过以下的技术创新，使泡沫测试有可靠的高重现性的结果：

- 带有一个搅拌器的特定泡沫发生器装置，搅拌器的转速和搅拌时间是可以调节的。
- 运用一个验针器的传感器，精准自动地测量从泡沫产生到消失这段时间的泡沫体积



- 仪器程序通过用户选定参数自动控制测试过程



图 1

## 1. 现代泡沫测试技术

起泡性能不能直接用一个值来表达，因为没有物理的方法定义这些值，所以不能用同一种测试值作比较。一个可测的泡沫值就是泡沫体积，这个体积取决于外界环境条件和泡沫发生器。为了对比不同溶液的发泡性能（制泡率），需要将泡沫发生器和泡沫测量系统结合到泡沫测试系统中。这就意味着泡沫性能不是测量出来的，而是通过特定的实验反应出来的，如下：

### 泡沫测试

测试泡沫是结合制泡、在固定的间隔时间测量泡沫体积、得出起泡能的比较值、最终需要的起泡能。参数和环境因素影响泡沫的产生和消退，比如样品温度，测试过程需要保持恒定并记录数值。泡沫测试的准确度取决于泡沫体积测量的准确性和泡沫发生器的再现性能。



Procedure of Foam Testing	Current Approach	SITA Foam Tester R-2000
Filling with Sample Liquid	manually fill the measuring container	automatic filling of the sample container from a reservoir
Temperature Control	heating / cooling by thermostat without direct temperature control in the sample liquid	temperature-controlled
Conditioning		integrated stirring program conditions the sample
Foam Generation	various techniques	highly repeatable by patented rotor system
Measuring Foam Generation/Decay	reading the foam level and time-elapased or using sensors to determine the level	microcomputer controlled scanning of the foam volume with a new kind of sensing technique
Sample Discharge	manually empty the measuring container	automatic, controlled by the instrument
Cleaning	manual	integrated cleaning procedure
Processing the Result	protocols	a test protocol is automatically generated, processed and plotted by software

图 2

图 2 显示了泡沫测试过程的步骤和技术实现。一般的制泡方法是以机械方法为主，例如以水滴、气流或喷淋方式通入溶液中使之震动和搅拌[1]。还有很多方法在标准里有定义[2]。

每个使用者可以从这么多不同的步骤选择自己发泡形式，这样就可以制造符合实际应用的泡沫。步骤的差异主要在于空气进入液体的方式以及强度大小。

泡沫体积是通过测量泡沫的顶点的高度和容器直径来决定的。泡沫高度的测量方法通常按以下步骤方法：

**目测：** 在一个干净经校准的的容器中每隔一个规定时间检查泡沫高度。这要求非常细致，因为泡沫不在同一个水平高度，且很容易发生主观判断失误。

**间接地：** 使用一个发光箱体测量泡沫高度。从这发出的光到达一个接收器，通过对比接收到的光量从而测出泡沫高度。这个读数可能被容器中的污染物和对泡沫不规则表面的忽视而产生误差。



为了检查一个以起泡能力为基础的产品的质量,对起泡后泡沫的细微差别来说必须实现可测量(比如说体积差)。这需要使用高精度的测量系统,然而泡沫表面不是一个规则的平面,而是有高峰和低谷。如果泡沫高度测量仅仅以上面所说的表面某个小细节测量作为整个过程的依据,那么,就可能测不出泡沫体积的真实值。因此,区别两个样品的起泡能力差异性就不能保证。传统测试是由人操作测出来的。在读取泡沫高度、控制时间和确定其他参数的时候,这些主观因素会局限测试过程的精确度。

## 2. 自动测试泡沫仪的技术解决方案

一项创新的泡沫测试系统被 SITA Messtechnik GmbH 开发,能使测试过程完全自动化(见图 2)。图 3 显示的是仪器的功能结构。

那个申请了专利的电机以可控方式让空气进入样品溶液并充分混合。这个可以让产生泡沫得到重现,而且与实际应用非常接近[3]。在测试开始时,可能有个缓冲,搅拌样品溶液时不会产生泡沫。

测量系统是一个带有矩阵竖形针模型的感应探头。一个精准的驱动器控制感应探头升降。当降低感应探头,每根针接触到泡沫,这时的位置就被记录测量。通过这些信息,可描绘出表面轮廓并计算出泡沫体积。

从而这个测试系统是自动工作,消除了使用者的所有主观影响。甚至容器壁上的脏物(如残余泡沫),这些会导致光学上错误的因素也不会影响测试结果。这个测试系统确保了制泡的可重复性,这样就可以测试并优化产品,并且为得到最优质量提供了先决条件。



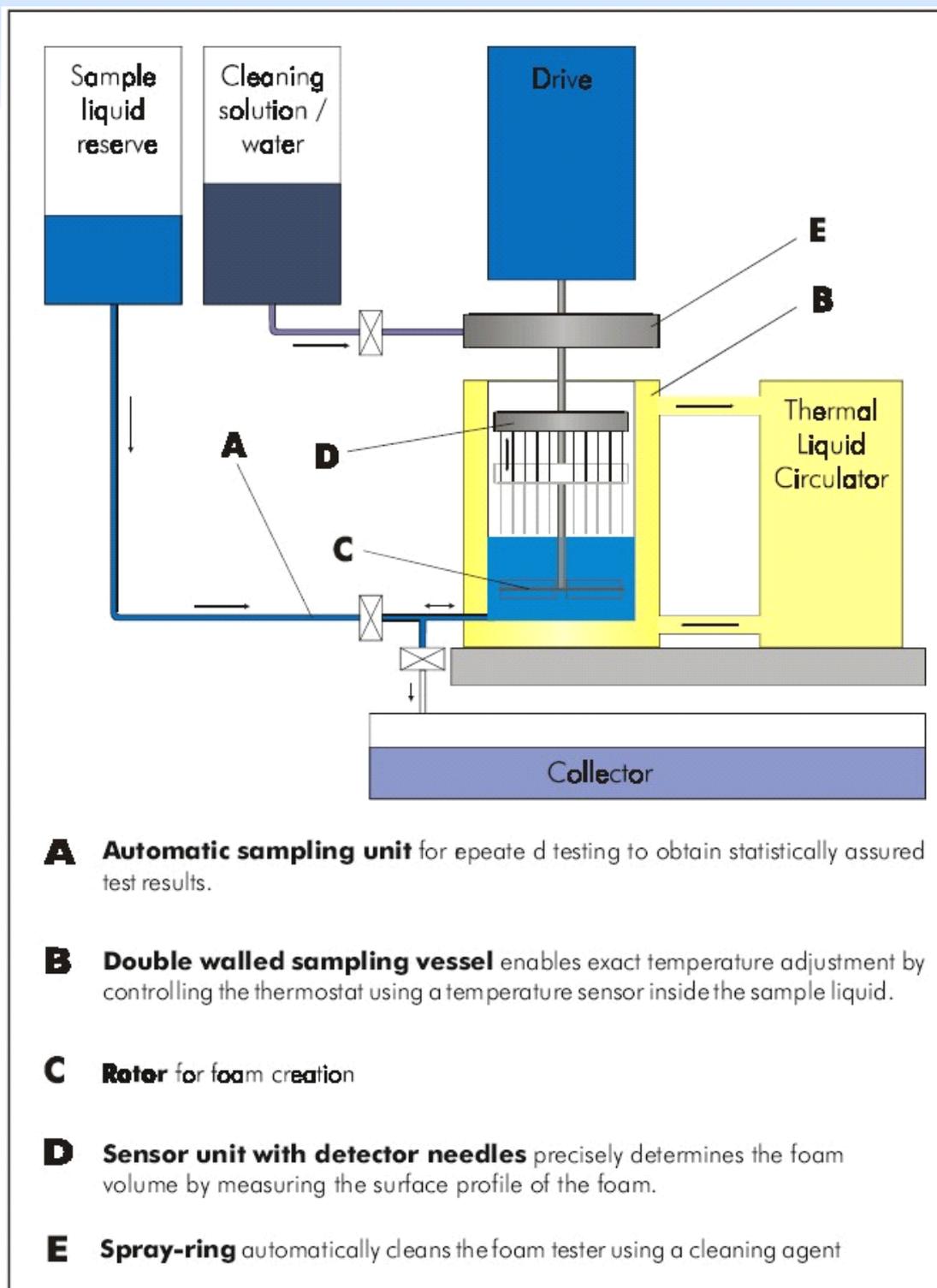


图 3

### 3. 发泡性能自动分析系统的优势

自动泡沫测试仪为研究含表面活性剂溶液的发泡性能提供多种潜在价值

- 起泡能力（最大泡沫体积）
- 泡沫发泡期间起泡规律



- 泡沫稳定性
- 泡沫发生过程中温度的影响
- 搅拌器的影响

以下的技术比非自动测试系统更能有效可靠的研究泡沫性能:

- 自动重复测量, 可获得经验证的满意结果
- 通过使用特定的实验环境和可重复的步骤, 实现极高重现性
- 自动化节省了时间和费用
- 参数设置灵活
- 通过使用者独立操作使错误最小化

下面的例子证明了这些优势并且说明了应用领域的宽广

### 起泡能力

每次测试得到一个发泡能值, 在特定参数下测量出来的泡沫体积, 用于反映泡沫的特性。由于泡沫发生方式的限制, 许多测试过程中, 溶液都不能充分起泡。使用自动测试程序, 能量的输入参数例如搅拌速度, 搅拌时间和搅拌次数均可调整。这样可以加强溶液发泡, 溶液发泡完全, 因此, 在起泡完全时测出来的泡沫体积就是溶液的起泡能力。图 4 是两种身体护理产品的起泡能力对比。

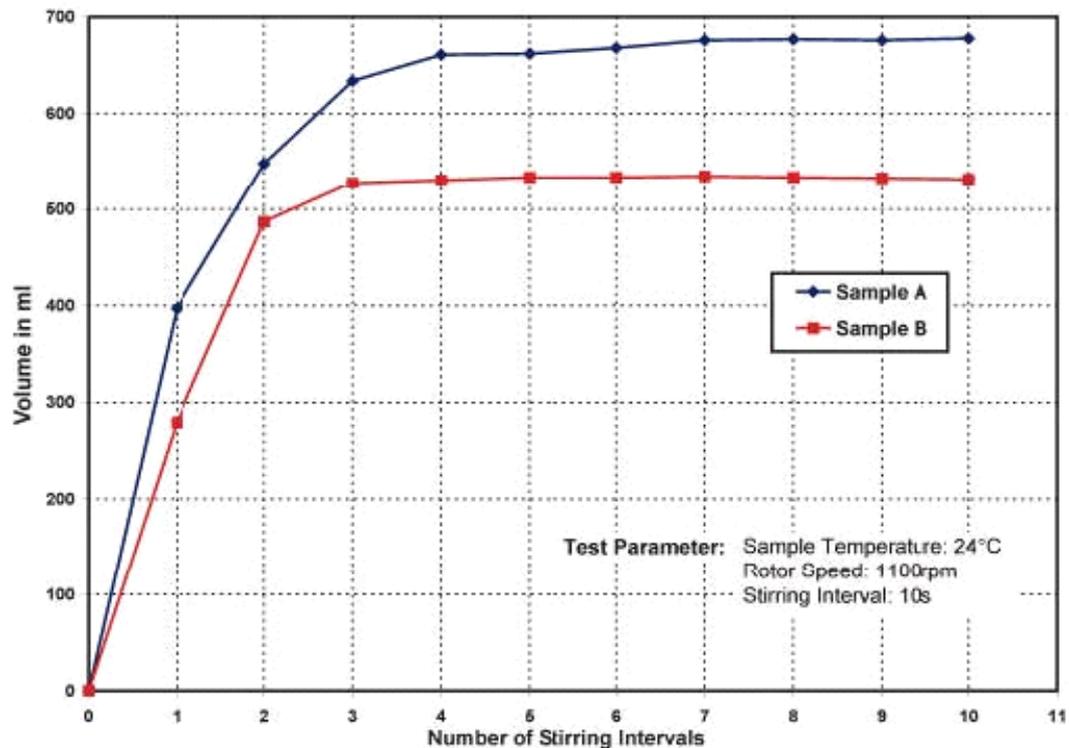


图 4



## 溶液发泡期间起泡规律

因为在多种应用下，单单测试起泡的能力是不足够的。在这些应用中，需研究溶液发泡的速度和泡沫达到最大体积的时间。这可以通过设定时间间隔间断搅拌发泡和测量相应的泡沫体积来观察起泡规律，这个间隔时间可以在测试系统中调节。图 5 就显示了这个测试特性。我们可以看到两种溶液有相同的发泡能，在不同的搅拌方式产生不同的机械能下，最终都达到了最大的泡沫体积。但过程中很明显的两个产品的差异，样品 A 比样品 B 发泡速度快。

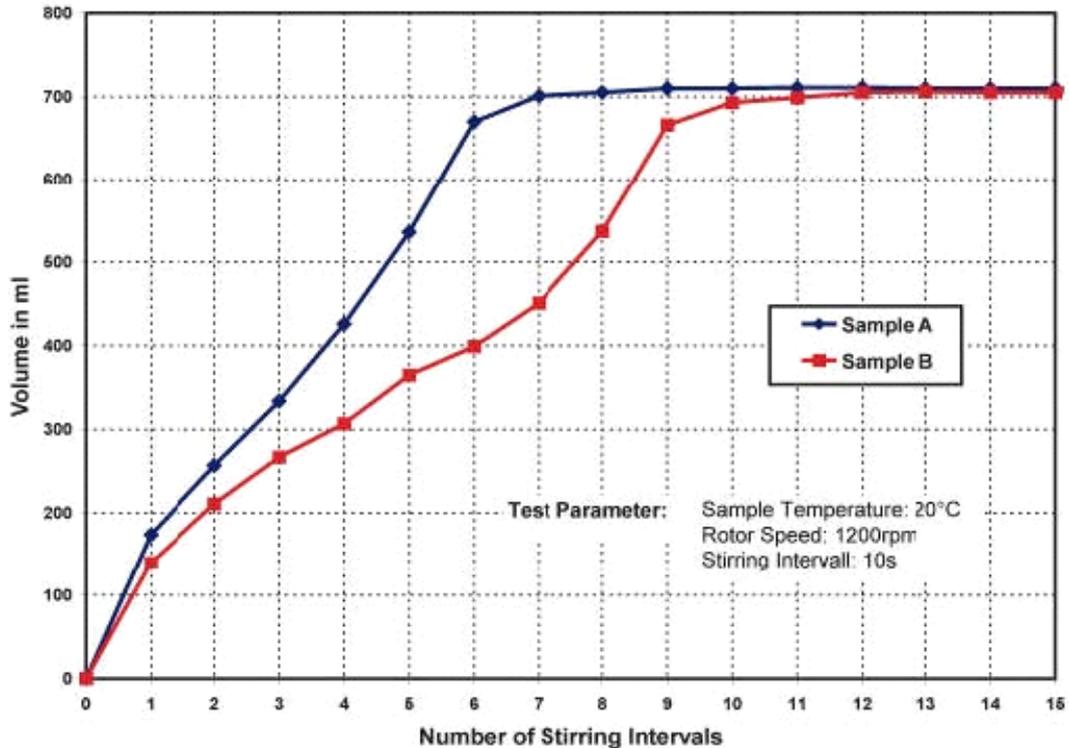


图 5

## 泡沫稳定性

另一个泡沫性能就是发泡的稳定性。根据不同的应用来，泡沫稳定性带来的可能是正面影响，也可能是负面影响。我们一般会希望身体护理品的泡沫能持续时间长，而希望清洁剂的泡沫能快速消退。泡沫稳定性是通过设定一个较长时间间隔，待溶液完全发泡并经过这个较长时间后，测量泡沫体积来得出结论的。这样的测试，可以判断出产品泡沫消退的特性。通常，消泡完成的过程可以由自动系统完成，而不需要操作者现场观察。我们用纸浆悬浮液来做了稳定性的测试，结果如图 6 所示。



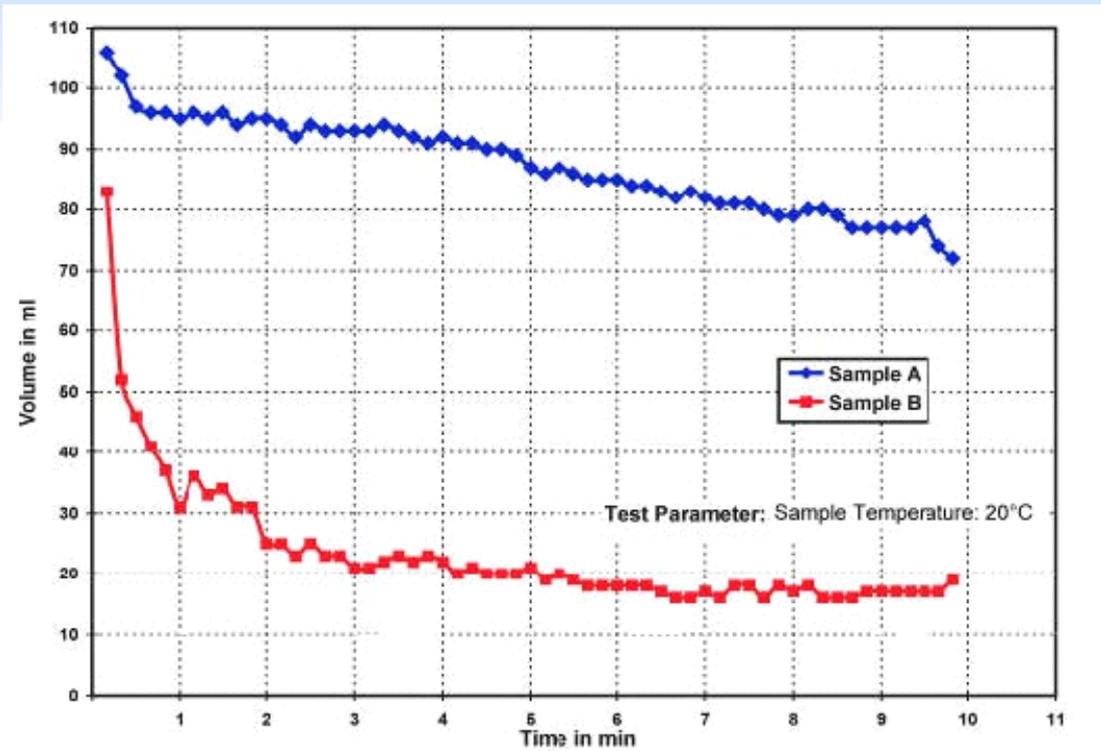


图 6

### 温度的影响

温度会影响溶液的起泡性能。因此，在描述发泡过程中溶液的起泡能力和发泡规律时，是要结合实际的应用环境，这一点非常重要。我们用一个外流循环系统加热或冷却来控制样品的温度。这个系统可以满足样品温度要达 80°C 的测试。图 7 是比较含有发泡剂的精油在不同温度下的发泡规律。

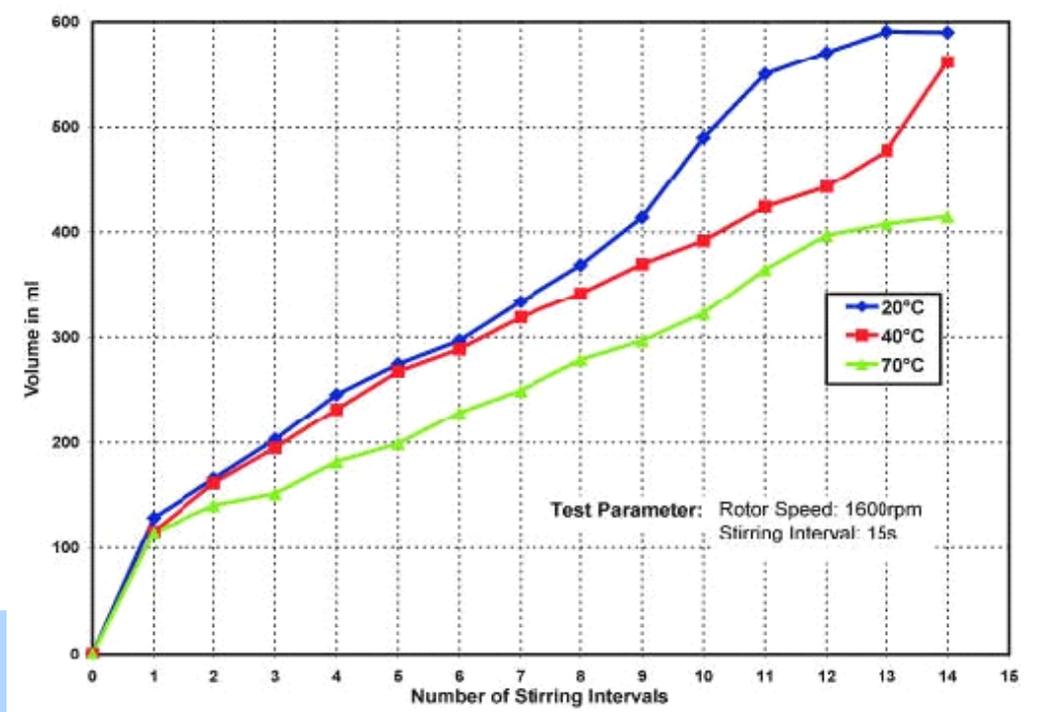


图 7



## 搅拌器对发泡的影响

搅拌能量和搅拌引进空气的量影响发泡速率。发泡过程的机械能需要接近实际应用环境下的机械能。图 8 显示的是不同转速产生的不同功率对发泡的影响。要尽可能调节搅拌器参数使之模拟出实际应用中最真实的效果

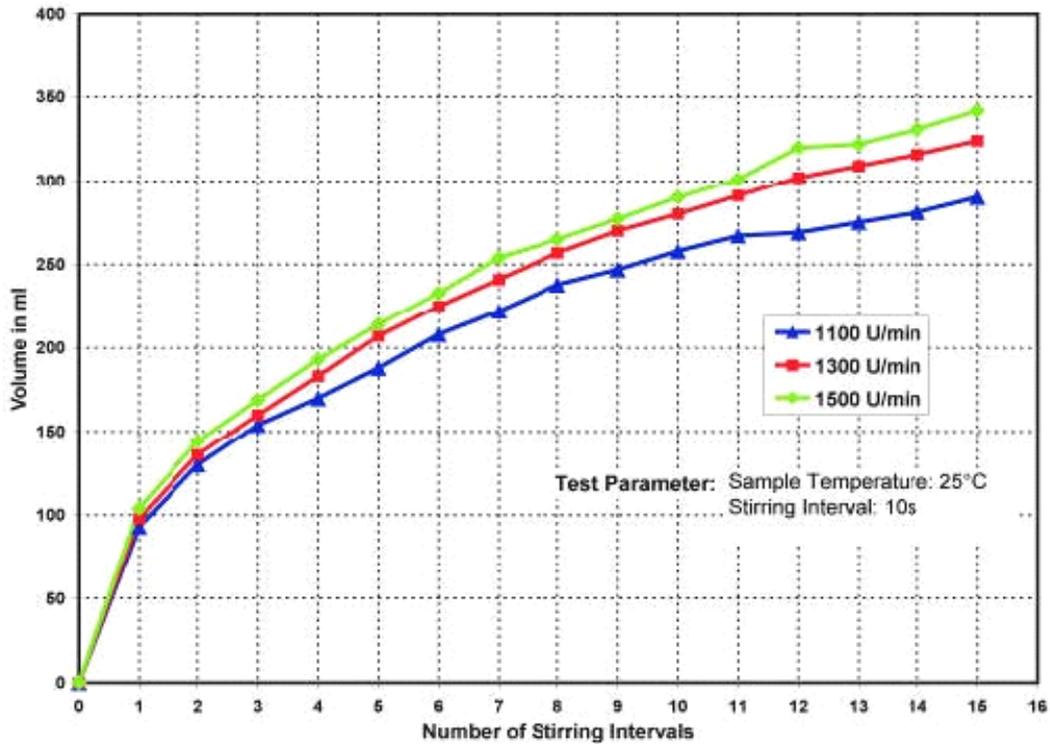


图 8

## 搅拌器对发泡的影响

### 4. 结论

这项精准的泡沫性能分析的根据是不同应用者的特定条件和他们的预期参数,并且为实现应用者的最佳配比编写完整重要的先决条件。这个全自动系统包括自动进样、发泡、泡沫体积测量和测试后的清洁,使得测试的效率高,结果可再现性好。这个仪器特别有利于那些需要客观的比较各产品和各参数的对比。这篇报道里所举的例子说明了这项创新技术的优点所在。如果使用者要在控制发泡技术上选定和设计最佳参数,需要与化工和仪器行业的专家合作。

