

使用屈服应力预测分散体系的稳定性

文件编号: AN 162

简介

评估分散液或乳液的长期稳定性可能既繁琐又耗时。但是，确保产品符合质量标准至关重要。配方设计师经常通过多种手段来实现产品稳定性，例如最小化界面张力，增加分散相的空间位阻或静电排斥力，或增加连续相的粘度。对于稀分散液，这些因素的综合影响体现在零剪切粘度中，该值给出了关于在什么样的速率下液滴将聚结或分离，或分散相将沉降的相关信息。对于浓度更高的体系，通过分散相的相互作用，或粒子/液滴相互拥堵，可能会形成网络结构。在这种情况下，体系稳定性将在很大程度上与网络结构的强度有关，后者可通过屈服应力来量化。

对于稳定的体系，屈服应力必须大于分散相在重力作用下施加的应力。后者可根据以下公式估算：

$$\sigma = \frac{4}{3}(\rho_D - \rho_C)rg \quad [1]$$

ρ_D : 分散相密度;

ρ_C : 连续相密度

g : 重力加速度

r : 分散相半径

有许多可用于确定屈服应力的测试方法。最快、最简单的方法之一是执行剪切应力扫描，以粘度曲线峰值点对应的应力作为屈服应力。在此粘度峰值之前，材料经受的是弹性变形。因此，该峰值代表弹性结构破坏（屈服）和材料开始发生流动的点。

为了使系统稳定，屈服应力必须足以承受分散颗粒施加的应力，而且还必须承受例如在产品运输过程中可能遇到的其他应力。

本应用针对两种沐浴露产品的稳定性，给出了相关评价方法和数据，以评估其作为产品要求的气泡悬浮能力。

实验

- 评估了两种市售沐浴露产品：一种仅包含表面活性剂，另一种包含表面活性剂和缔合性增稠剂。
- 后一种产品经过特殊配制，在产品放在货架上时能够将气泡悬浮于瓶中（注：在测试之前，为了消除气泡对流变性能的影响，已预先通过离心法去除了样品中的气泡）。
- 在 rSpace 软件中使用粒子应力计算器，输入粒子相关属性，计算了分散的粒子对周围介质施加的应力（请参见方程 1）。
- 使用 Kinexus 旋转流变仪，配备 Peltier 板盒，锥板系统，并使用 rSpace 软件中的标准预配置序列进行测量。
- 使用标准的装样序列，以确保样品遵循一致且可控的装样方法。
- 所有流变测量均在 25°C 下进行。
- 进行剪切应力扫描实验，从峰值点获取屈服应力。
- 随后，将产品屈服应力的大小与根据分散微粒特性计算的应力进行比较，以评估系统的长期稳定性。

结果和讨论

图 1 显示了应力扫描测试获取的两个沐浴露样品的粘度-应力曲线。沐浴露 2 的曲线显示了一个清晰的粘度峰值，而沐浴露 1 的曲线则相对平坦。这意味着，沐浴露 2 表现出带有屈服应力的应变硬化，而沐浴露 1 表现为零剪切粘度的液体。

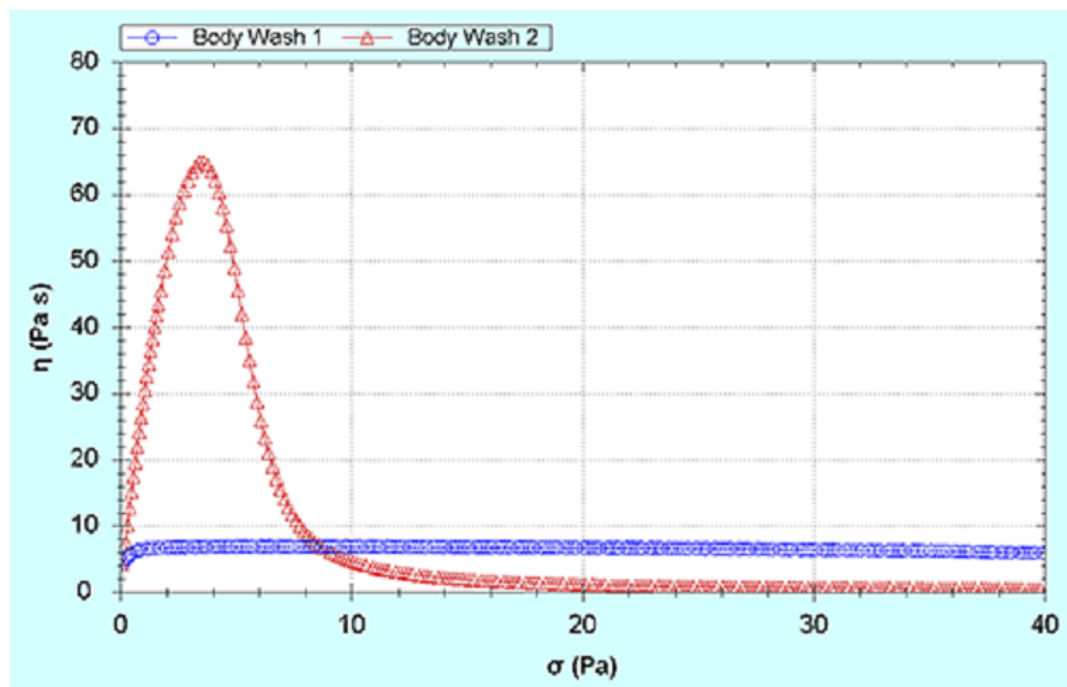


图 1 由应力扫描测试得到的含缔和增稠剂沐浴露（沐浴露 2）和不含缔和增稠剂沐浴露（沐浴露 1）的粘度对剪切应力的曲线，粘度峰值显示沐浴露 2 的屈服应力为 4Pa

在某些情况下，粘弹性液体即使没有真正的屈服应力，也可能会出现一个小的粘度峰值。在这种情况下，用户可能需要审慎对待，或者使用其他测试（例如蠕变测试或剪切速率测试）进行验证，以确认是否存在零剪切粘度。

沐浴露 2 测得的屈服应力为 4 Pa。

使用方程式 1，我们可以预测直径为 100 μ m 的气泡所施加的应力约为 0.65Pa，因此，4Pa 的屈服应力应足以使气泡相稳定悬浮，尽管在运输过程中可能会引入额外的应力，以及由温度升高可能引起的网络强度降低也需纳入考虑之中。

由于沐浴露 1 没有屈服应力，因此需要精确的零剪切粘度值来评估稳定性，例如可从蠕变测试得到该值。该测试显示零剪切粘度为 8 Pa·s，根据这一数据，对于 100 μ m 的气泡，预计气泡上升速率约为 6cm/天。这显然对于维持分散体系的长期稳定性是不可接受的。因此为了提供气泡悬浮产品所需的长期稳定性和保存期限，屈服应力的引入将是必要的。

结论

本文使用屈服应力扫描测试，比较了两种沐浴露产品。含有缔合增稠剂的沐浴露 2 具有屈服应力，能够使气泡悬浮。不含增稠剂的沐浴露 1 只有零剪切粘度，不足以保证长期稳定性。

因此，该测试为预测给定粒径和密度的悬浮液的稳定性提供了一种快速便捷的方法。

注意：也可以使用平行板夹具进行测试-对于较大粒径的分散体系和乳液，首选该种夹具。这类材料可能还需要使用表面粗糙或锯齿状的夹具，以避免由于流体在夹具表面滑移造成的测试假象。

参考文献

1. White Paper – Understanding Yield Stress Measurements, NETZSCH-Gerätebau GmbH