

如今，测量表面清洁度的方法多种多样，例如：基于荧光分析法或基于 X 射线的方法，然而这些方法的缺点也很明显，包括限制对某些类型的污染的验证、传感器的距离对结果产生的结果较大、器昂贵及测量成本高。

相比之下，接触角测量法在测量表面清洁度方面提供了理想的解决方案，接触角测量法是一种即使在最小污染方面也能实现高灵敏度方法。根据 Young 方程，液滴在固体表面的形状取决于液体的表面张力和样品表面的表面能（图 1 A）。不溶性污染（油脂、油等）会形成低表面能的表面，从而产生更大的接触角（图 1 B）。有界面活性的污染物（表面活性剂等）会溶解在液滴中，导致表面张力下降，从而接触角也会随时间降低（图 1 C）。

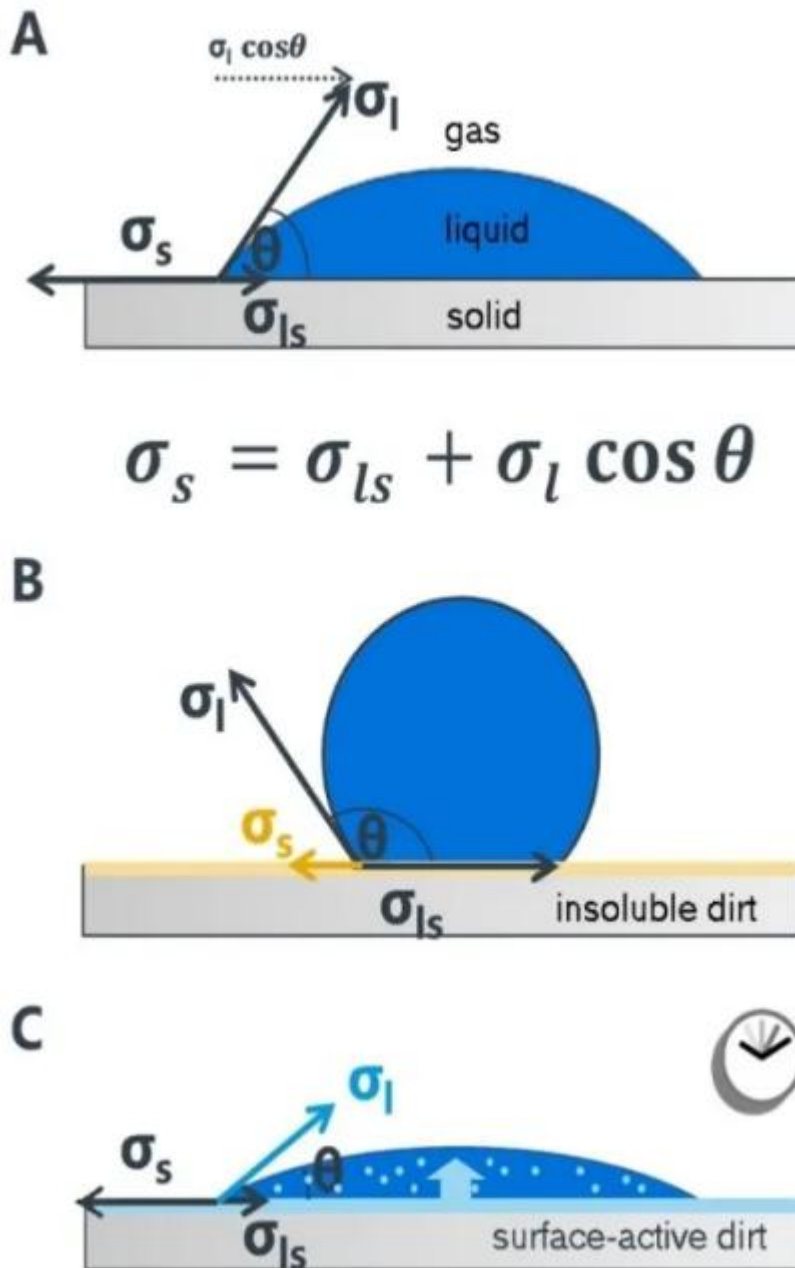


图1：不溶性污染物和表面活性污染物对接触角的影响

该方法的优点是为您提供有关杂质（可溶性/不溶性）类型和位置的相关信息，并且易于应用。它是非破坏式的，可以使用移动式测量设备在任何地方执行。

实验部分

钢板（见图 2）在超声波浴（由 Elma，ElmaS10H 制造，频率 50/60 kHz，填充 3%的 Mucosol®溶液）中清洗不同时间。清洁后，使用便携式表面能分析仪 MSA [1]、[2]、[3]，根据 OWRK 计算方法确定钢板的 SFE。根据处理时间，检查了 4 个钢板，5 滴 2 μ L 的测试液体。清洁和测量均在 30°C 环境下进行。液体参数列在表 1 中。

Test liquid	σ^d [mN/m]	σ^p [mN/m]
Water	21.8	51.0
Diiodmethane	50.8	0.0

表 1: 测试所使用的液体及其表面张力
——根据 OWRK 考虑分散 (d) 和极性部分 (p)

结果部分

图 2 显示了超声波浴中延长清洁持续时间后钢板样品的示例。在视觉上，只有在长时间的清洁后才能看到效果。



图 2: 从左向右清洁后钢板的照片，清洁时间逐步延长

在所检查的样品中，样品的水接触角度从原来的 90°下降到 13°。这是因为脏污并不溶于水。

图 3 显示了所检查的钢板样品的表面能结果。在这里，即使仅仅经过 10 秒的清洁，表面能也显著增加，尤其是极性部分。清洁时间达到 120 秒后，达到

最大表面能，并且额外增加清洁持续时间不会带来额外的效果。基于此，120 秒的时间可以定义为最佳清洁持续时间。

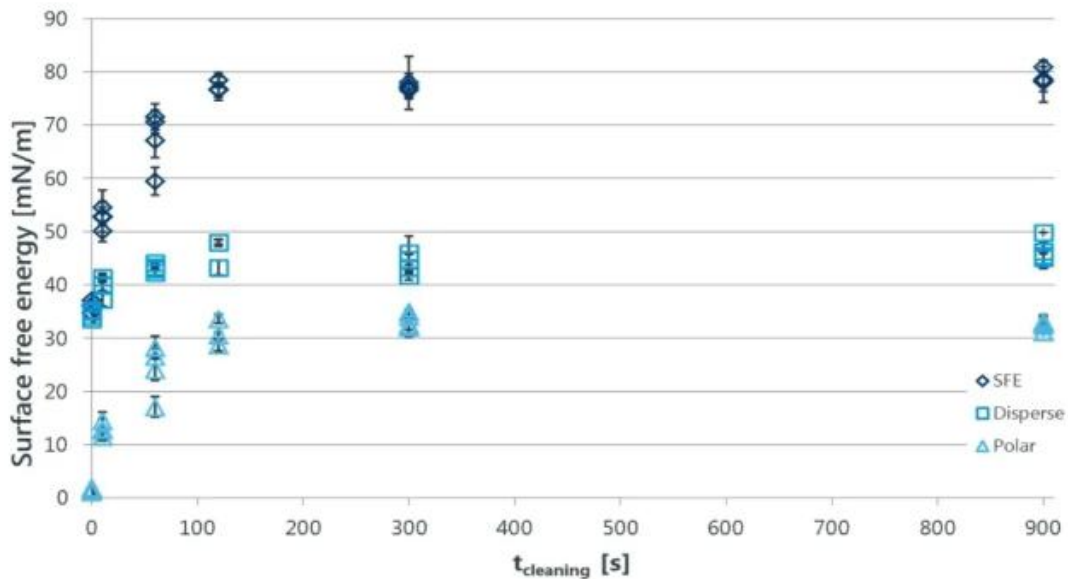


图3：根据 OWRK 计算的 SFE 及其极性、非极性部分的清洁在 0、10、60、120、300 和 600 秒的清洁持续时间下，每个清洗持续时间为 4 个钢板样品。误差条对应于每个测试液和样品 5 次测量的标准偏差。

总结

在钢板样品的示例中，我们展示了然后采用迅速简单并且便携的接触角测量如何来优化清洁浴的处理时间。肉眼看不见的污染可以根据表面自由能量的测量参数在样品上进行验证，并可确定为水不溶性污染（例如油）。在设置好优化过的清洁时长条件后，我们只需轻点一下 **MSA**，即可轻松判定清洁是否成功。

- 文献引用
- [1] D. H. Kaelble, Dispersion-Polar Surface Tension Properties of Organic Solids. In: J. Adhesion 2 (1970), P. 66-81.
 - [2] D. Owens; R. Wendt, Estimation of the Surface Free Energy of Polymers. In: J. Appl. Polym. Sci. 13 (1969), P. 1741-1747.
 - [3] W. Rabel, Einige Aspekte der Benetzungstheorie und ihre Anwendung auf die Untersuchung und Veränderung der Oberflächeneigenschaften von Polymeren. In: Farbe und Lack 77, 10 (1971), P. 997- 1005.