

护手霜流变性能研究

王通, 刘建秀, 王耿华, 郑禹

(郑州轻工业学院 机电工程学院, 河南 郑州 450002)

摘要:为得到护手霜的黏度评价参数,以便为改进护手霜生产工艺提供参考指标,借助 AR-2000ex 流变仪,通过黏度与剪切速率及振荡实验,研究了护手霜流变性能.实验结果表明,在低剪切速率区间护手霜黏度下降趋势明显,在高剪切速率区间黏度值较低并趋于定值;在小于 2.0% 的应变区间内,护手霜处于线性黏弹区.储能模量 G' 在整个实验过程中单调下降,耗能模量 G'' 先升高、后下降,其最大值为 308.4 Pa.

关键词:护手霜;流变性能;黏度

中图分类号:TS974.13;TQ658.2+1 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2014.01.017

Study on rheological properties of hand cream

WANG Tong, LIU Jian-xiu, WANG Geng-hua, ZHENG Yu

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to get viscosity evaluation parameters of hand cream and provide reference for its production by using AR-2000ex rheological testing machine, the rheological properties were studied based on experiments of viscosity-shear rate and oscillatory. The results showed that the viscosity of hand cream dropped significantly in low shear rate, but the viscosity was low and tended to fixed value in high shear rate. Within strain interval of less than 2.0%, hand cream was in the linear viscoelastic region. The storage modulus G' increased with the increase of strain, and the loss modulus G'' increased to a maximum value of 308.4 Pa at first, then decreased throughout the test period.

Key words: hand cream; rheological properties; viscosity

0 引言

护手霜是一种能有效预防及治疗手部粗糙干裂,愈合及抚平肌肤裂痕的常用护肤品.作为一种乳状体化妆品,黏度是衡量护手霜的重要物理性质和性能指标之一,亦影响产品的外观和消费者的实用感觉.因此,为准确了解产品的黏度,需要对其测量方法及流变性能进行研究.在工业应用方面,测

量其流变性能有助于评定产品的品质特性,如可铺展性、体质感和肤感,也可控制工艺过程流变特性^[1],对生产具有很好的指导作用.近年来关于护手霜的研究主要集中在基于特定功效的配方及物理特性等方面,而流变性对护手霜性能影响的研究却鲜有报道.本文拟针对基于某配方得到的护手霜研究其流变性能,为改进护手霜生产工艺提供参考.

收稿日期:2013-10-14

基金项目:河南省重点国际合作项目(134300510019);郑州市创新团队项目(10CXTD159)

作者简介:王通(1982—),男,河南省濮阳市人,郑州轻工业学院讲师,硕士,主要研究方向为材料性能测试.

通信作者:刘建秀(1962—),女,山西省洪洞县人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为材料成型与力学性能.

1 材料与方法

1.1 材料

去离子水,实验室自制;白矿油,化学纯,郑州超凡化工食品有限公司产;甘油,分析纯,长沙市有机试剂厂产;十六醇,分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司产;单硬质酸甘油酯,化学纯,广州佳力士食品有限公司产;二甲基硅油,化学纯,美国道康宁公司产;失水山梨醇单硬脂酸酯 (Span—60),聚氧乙烯失水单硬脂酸脂 (Tween—60),分析纯,北京益利精细化学品有限公司产;香精.

1.2 护手霜的制备

实验自制的护手霜为(O/W)^[2]型乳液,其组成为白矿油 8%,十六醇 2%,单硬质酸甘油酯 2%,二甲基硅油 4%,山梨醇酐单硬脂酸酯 3%,聚氧乙烯失水单硬脂酸脂 1.5%,香精 0.4%,甘油 6%,去离子水余量.其中白矿油作油性润肤剂,甘油作调润剂,十六醇是乳化体稳定剂.

将甘油溶于去离子水中,加热至 70 ℃,制成水相;将除香精外的其他组分混合,加热至 70 ℃,制成油相.将油相缓慢加入水相,搅拌乳化,冷却至 40 ℃ 时加入香精,停止搅拌,即可出料.

1.3 护手霜流变性能测试

采用美国 TA 仪器公司生产的 AR—2000ex 流变仪测试产品的流变性能:测试温度设为 25 ℃;所用夹具为平板型,上板直径 40 mm,上下平板间隙为 1 000 μm;剪切应力加载区间设定为 1.000 ~ 100.0 Pa,测量时间间隔 10 s.

2 结果与讨论

2.1 黏度与剪切速率关系

护手霜的加工过程是在一定的剪切速率范围内进行,测试黏度 - 剪切速率曲线对指导其加工工艺具有重要意义.图 1 为剪切速率与黏度的关系曲线,从图 1 可知,随着剪切速率的增加,黏度下降,出现剪切变稀的特性,护手霜表现出假塑性,为非牛顿流体.在剪切速率 > 1.0 s⁻¹ 时,黏度受剪切速率的影响减小,并逐渐趋于定值.

在化妆品行业,黏度与产品油性有关,它是影响产品质量的重要因素,关系到与化妆品感官质量及商品质量有密切关系的铺展性和黏性等性能.当黏度与剪切速率具备恰当的关系时化妆品才能具有良好的铺展性.应用表明^[3],自制护手霜铺展性

良好.

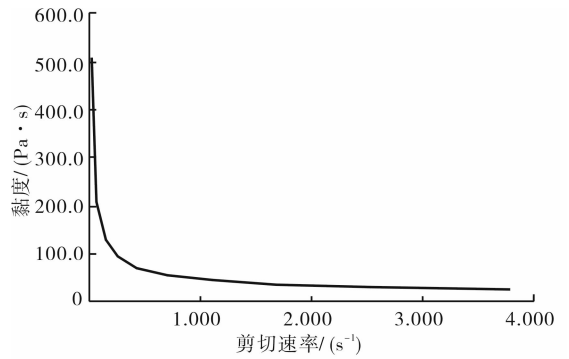


图 1 黏度与剪切速率关系曲线

2.2 剪切速率与剪切应力关系

图 2 所示为自制护手霜及市购的 2 种护手霜剪切应力与剪切速率的关系曲线.根据数据点的分布情况,可以用幂律方程对其进行回归拟和分析.幂律模型^[1]为

$$\sigma = K\dot{\gamma}^m \quad 0 < m < 1$$

或

$$\dot{\gamma} = \sigma^n / \eta$$

式中,σ 为剪切应力/Pa;K 为稠度系数;γ̇ 为剪切速率/(s⁻¹);η 为黏度/(Pa·s),并且 K = η^m; m 为流动行为指数,且 0 < m < 1.

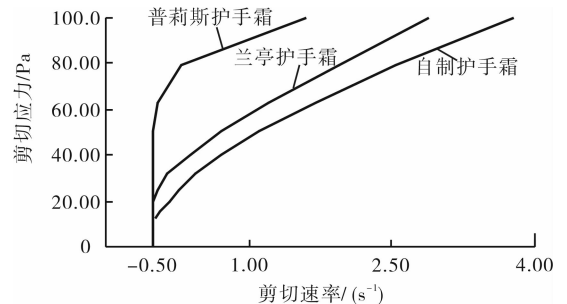


图 2 剪切速率与剪切应力关系曲线

在描述非牛顿流体时,引入表观黏度 η_a 的概念.表观黏度等于剪切应力与剪切速率之比,即 η_a = σ/γ̇,则图 2 中曲线上各点的斜率即是该剪切速率下流体的表观黏度 η_a.由图 2 可知,在同样剪切速率的作用下,自制护手霜的剪切应力低于 2 种市购护手霜,从而表现出更好的铺展性.另外,3 种护手霜剪切速率与剪切应力关系曲线表明,在高剪切速率的极限情况下,黏度值逐渐趋于定值,其值较低.根据幂律模型描述流体的表观黏度

$$\eta_a = K\dot{\gamma}^{m-1}$$

依据其中 2 种护手霜的实验数值作剪切应力与

剪切速率的双对数关系^[4]曲线图,得到如图3所示近似直线的趋势图.对于非牛顿流体,斜率小于1,即 $m < 1$ 时为假塑性流体,表观黏度 η_a 随剪切速率的 $\dot{\gamma}$ 的增大而减小.

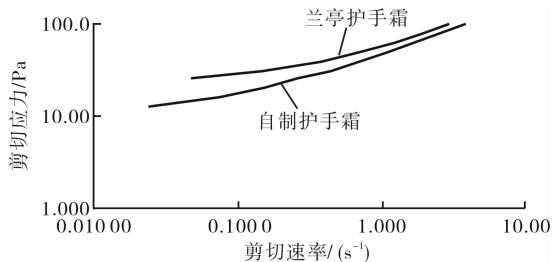


图3 剪切应力与剪切速率对数关系曲线

2.3 应变扫描

通过应变扫描研究了护手霜的黏弹性,应变扫描振荡频率设为1 Hz,图4为应变与储能模量 G' 与耗能模量 G'' 的关系曲线图.由图4可以看出,应变 $< 2.0\%$ 时,护手霜处于线性黏弹区^[5],超出这个范围表现出明显的非线性.在 $< 10.0\%$ 的应变区域, $G' > G''$,这表示体系的弹性组分占主导^[6],护手霜表现为弹性,在较小应变下其能保持外形,不易出现变稀的情况;而在应变 $> 10.0\%$ 较高区域, $G' < G''$,说明此时护手霜以黏性为主导.当应变 $< 2.0\%$ 时,损耗角基本保持不变, $> 2.0\%$ 后,损耗角增大,表明护手霜黏性效应增加,弹性效应减小,护手霜表现为黏弹性,整个区间内损耗角最大值达到 98.48° ,此时体系接近纯黏性流体.

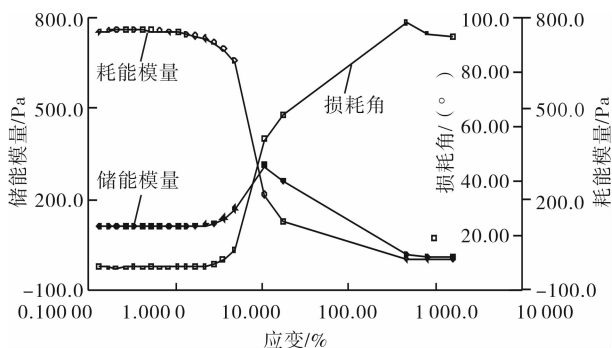


图4 动态应变扫描

此外,当应变处于 $2.0\% \sim 11.0\%$ 区间时,耗能模量 G'' 逐渐增大,最大值达到 308.4 Pa ,说明此时护手霜出现部分结构剪切变稠的现象.当耗能模量 $G'' > 308.4 \text{ Pa}$ 时,其值单调下降,符合剪切变稀的规律.

3 结论

本文借助 AR-2000ex 流变仪,通过黏度与剪切速率及振荡实验,研究了护手霜流变性能.得出如下结论:

1) 护手霜为典型的非牛顿流体.剪切速率较低时,黏度受剪切速率的影响显著;当剪切速率 $> 1.0 \text{ s}^{-1}$ 后,护手霜黏度受剪切速率的影响减小,并逐渐趋于定值,其值较低,处于第二牛顿区.

2) 当应变 $< 2.0\%$ 时,护手霜弹性组分占主导,处于线性黏弹区;储能模量 G' 在整个实验过程中单调下降,耗能模量 G'' 先升高后下降,其最大值为 308.4 Pa .

3) 影响护手霜黏度的组分为油相.通过控制油相成份的比例,采用恰当的生产工艺,利用流变性能测试方法及实际应用可得到产品最佳黏度值.

参考文献:

- [1] 裴炳毅.化妆品和洗涤用品的流变特性[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [2] 董银卯,邱显荣,刘永国,等.化妆品配方设计[M].北京:化学工业出版社,2009.
- [3] QB/T 2286—1997,润肤乳液[S].
- [4] Angelico R, Carboni M, Lampis S. Physicochemical and rheological properties of a novel monoolein-based vesicle gel[J]. Soft Matter, 2013 (9):921.
- [5] Gilbert L, Picard C, Savary G, et al. Rheological and textural characterization of cosmetic emulsions containing natural and synthetic polymers: Relationships between both data[J]. Colloids and Surfaces A, 2013, 421:150.
- [6] Ao M, Xu G, Kang W. Surface rheological behavior of gelatin/ionic liquid-type imidazolium Gemini surfactant mixed systems[J]. Soft Matter, 2010(7):1199.