

巧克力包装隔热性能改进方案

刘劲阳, 陈景华

(上海理工大学, 上海 200093)

摘要: **目的** 提高现有巧克力包装材料的隔热降温能力。 **方法** 利用隔热降温涂料, 采用涂布形式复合在巧克力包装材料中(150 g/m² 白卡纸), 将隔热降温涂料与巧克力包装材料复合在一起, 以提高其隔热降温效果, 缓解巧克力高温易融化的问题。 **结果** 涂布后白卡纸的隔热效果优于未涂布白卡纸的隔热效果, 且前者是后者的4~5倍。附着力测试等级为1~2级, 满足实际使用。 **结论** 利用涂布复合技术将隔热降温涂料涂布在纸质材料(白卡纸)上来提高隔热降温效果是可行的。

关键词: 巧克力包装; 隔热降温包装; 隔热降温; 涂布; 材料

中图分类号: TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)19-0018-07

Improvement Scheme of Heat Insulation Properties of Chocolate Packaging

LIU Jing-yang, CHEN Jing-hua

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT: **Objective** To improve the heat insulation and cooling capacity of the existing chocolate packaging materials. **Methods** The cooling insulation coatings were composited in the chocolate packaging materials (150 g/m²) by coating to improve their insulation cooling capacity, and to relieve the problem that chocolate is easy to melt at high temperature. **Results** The insulation performance of the coated white cardboards was better than the uncoated white cardboards by 4~5 folds. The adhesion level determined in the adhesion test was 1~2, which met the requirement of actual use. **Conclusion** The results showed: it was feasible to improve the insulation cooling capacity of chocolate packaging materials (white cardboards) by composite insulation coating.

KEY WORDS: chocolate packaging; insulation packaging; cooling insulation; coating; material

近年来,气候逐渐升温导致巧克力受热易融化的问题愈发严重,给巧克力厂商造成数以亿计的损失。面对此问题,巧克力厂商曾试图从物流、包装上进行改进,但效果不理想。在高温情况下(大于最佳存储温度),巧克力很难在较长的时间内保持自身形态不变、不出现软化甚至融化的迹象^[1]。

文中利用涂布复合的形式,将隔热降温涂料复合在原有巧克力包装材料上,提升其隔热降温性能,延长巧克力在高温下的保存时间,缓解巧克力高温易融化的问题。选择包装为涂布基层,相比于内包装可以

有效降低涂料向包装内部迁移的可能性。

1 涂布材料选择

对4种常见隔热降温涂料进行导热系数的测定。通过红外光谱仪、拉曼光谱仪测试分析结果,筛选出最优涂料。

1.1 隔热降温性能的选择

根据GB/T 4272—2008,当平均温度不大于350 ℃

收稿日期: 2013-09-18

基金项目: 大学生创新活动计划项目(SH10252111)

作者简介: 刘劲阳(1990—),男,重庆人,上海理工大学硕士生,主攻方向印刷包装材料。

通讯作者: 陈景华(1972—),女,黑龙江人,博士,上海理工大学副教授,主要从事印刷包装材料教学和研究工作。

时,导热系数不大于 $0.14 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的材料称为保(降)温材料^[2]。利用热线法^[3]对4种涂料(常温隔热涂料A和B,太阳热反射涂料X和Y)进行测试,通过判断导热系数的大小,选择合适的涂料。

常温隔热涂料A与太阳热反射涂料X的导热系数均小于 $0.1 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,其隔热降温效果为最优。常温隔热涂料A、常温隔热涂料B、太阳热反射涂料X、太阳热反射涂料Y的导热系数分别为 $0.056, 0.102, 0.078, 0.107 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。

1.2 涂料成分分析

目前制作隔热降温涂料的基料主要为水性丙烯酸树脂、水性环氧树脂和聚氨酯。通过结合红外光谱和拉曼光谱,测定分析所选涂料。

1.2.1 设备及材料

实验设备:400/400F,色散型激光拉曼显微镜光谱,Spectrum 100型傅里叶变换红外光谱。

实验材料:常温隔热涂料A,太阳热反射涂料X。

1.2.2 步骤

根据GB/T 21186—2007和ASTM E 1683—2002(2007),分别对常温隔热涂料A、太阳热反射涂料X进行红外光谱、拉曼光谱测试。

1.2.3 分析

1.2.3.1 常温隔热涂料A成分分析

常温隔热涂料A的红外光谱见图1,从图1可知,波数为 $3480\sim 3420 \text{ cm}^{-1}$ 处存在吸收峰,说明存在一个 $[-\text{OH}]$ 或者是仲胺基 $[-\text{NH}]$ 的伸缩振动。在 1742 cm^{-1} 附近有一个吸收峰,说明有酯羰基 $[\text{A}-\text{CO}-\text{OB}]$ 的伸缩振动。在常温隔热涂料中存在氨基甲酸酯基团 $[-\text{NHCOO}-]$ ^[4],不存在环氧树脂和丙烯酸树脂,因为环

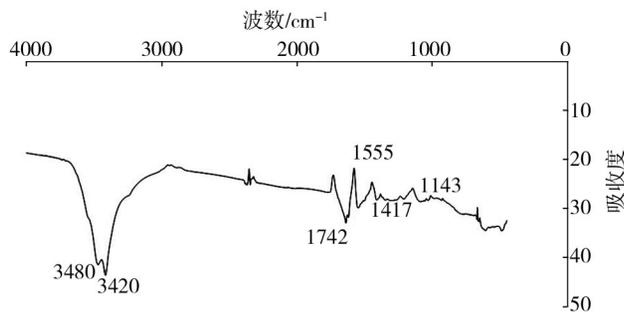


图1 常温隔热涂料A的红外光谱

Fig.1 The IR spectra of normal temperature insulation coating A

氧树脂和丙烯酸树脂没有氨基甲酸酯 $[-\text{NHCOO}-]$,但在聚氨酯主链上却含有重复的氨基甲酸酯基团。此外, 1555 cm^{-1} 附近的吸收峰属于苯环的骨架振动,在 1143 cm^{-1} 处存在吸收峰说明含有反对称脂肪醚。在常温隔热涂料中存在氨基甲酸酯 $[-\text{NHCOO}-]$ 基团和醚 $[\text{R}-\text{O}-\text{R}]$ 基团,其涂料的主要成分为聚氨基甲酸酯,即聚氨酯。

常温隔热涂料A的拉曼光谱见图2。由图2可知,在金属配合物中,金属与配位体键的振动频率一般为 $100\sim 700 \text{ cm}^{-1}$ 。由图谱前4个峰值推测涂料有金属离子存在,即涂料中存在一定的金属氧化物。在 3309 cm^{-1} 附近的中强峰证实存在胺基 $[-\text{NH}]$ 伸缩振动,在 1832 cm^{-1} 附近存在一个弱峰,证明存在羰基 $[-\text{C}=\text{O}-]$ 的伸缩振动^[4],说明常温隔热涂料可能存在脲基 $[-\text{CONH}_2]$ 。在生成氨基甲酸酯的过程中,多余反应物异氰酸酯可进一步与氨基甲酸酯反应,使涂料成分中含有脲基。通过排除法可知,环氧树脂和丙烯酸树脂没有这种基团,由此常温隔热涂料中的主要成分为聚氨酯。

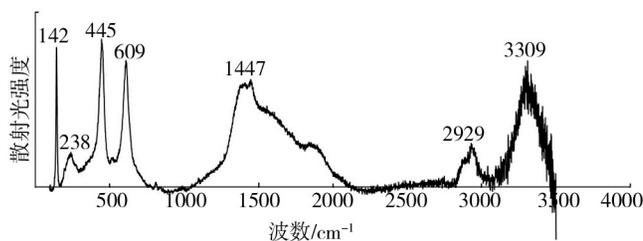


图2 常温隔热涂料A的拉曼光谱

Fig.2 The Raman spectra of normal temperature insulation coating A

由于聚氨酯属于非晶体聚合物,光照后吸收能量所产生的热振动较小,传递给相邻原子和分子的能量较小,所以其导热能力较差(导热系数 $0.0628 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)^[5]。

1.2.3.2 太阳热反射涂料X成分分析

太阳热反射涂料X的红外光谱见图3。由图3可知,波数为 $1624\sim 1575 \text{ cm}^{-1}$ 处存在吸收峰,证明此处有 $\text{C}=\text{C}$ 的伸缩振动。在羧酸盐中的羧酸根 $-\text{COO}-$ 无 $\text{C}=\text{O}$ 伸缩振动,羧酸根 $-\text{COO}-$ 是多电子共轭体系,因此存在2个 $\text{C}=\text{O}$ (其中一个共轭键)的振动,所以在 1624 cm^{-1} 和 1575 cm^{-1} 附近出现强吸收峰,其中 1624 cm^{-1} 处为反式对称振动, 1575 cm^{-1} 处为对称振动,且 1624 cm^{-1} 附近的峰值高于 1575 cm^{-1} 附近的峰值,表明

存在羧酸根 -COO- 。由此可以判断涂料基料不是环氧树脂,因为在环氧树脂中无羧酸根。此外,波数在 $3000\sim 2500\text{ cm}^{-1}$ 范围内无宽吸收带存在,说明此处无铵盐成分,即可排除聚氨酯和环氧树脂,推测可能是丙烯酸类涂料^[6-7]。

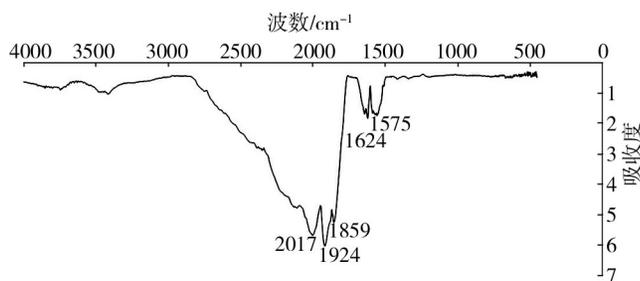


图3 太阳热反射涂料X的红外光谱

Fig.3 The IR spectra of solar heat reflective coating X

90%以上的太阳热辐射能量集中在可见光和红外光区域($0.4\sim 2.5\ \mu\text{m}$)^[8-9]。由图3可知,2500 cm^{-1} 之后没有出现明显的吸收带,可以推测当波长小于 $4\ \mu\text{m}$ 时,该涂料都具有较好的反射能力。

太阳热反射涂料X的拉曼光谱见图4。由图4可知,金属配位键的振动频率范围为 $100\sim 700\text{ cm}^{-1}$,前4个峰值表明存在金属离子,即涂料中含有金属氧化物。其中,在 447 cm^{-1} 处是 $[\text{Si-O-Si}]$ 的对称伸缩振动,在 1002 cm^{-1} 处是 $[\text{Si-O-Si}]$ 的不对称振动,由此可知,涂料中含有硅酸盐。在 2934 cm^{-1} 附近有较弱的波峰,则此处有 $[\text{C-H-}]$ 的伸缩振动。在 1446 cm^{-1} 处有吸收峰,说明有饱和 $[\text{C-H}_2]$ 的变形振动。在 1714 cm^{-1} 附近有较弱的波峰存在,则此处是 $[\text{C=O}]$ 的伸缩振动。在 3052 cm^{-1} 附近存在一个较弱的吸收峰,表明是 $[\text{-O-H}]$ 伸缩振动。综上所述,涂料中含有丙烯酸 $[\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2]$ 成分。

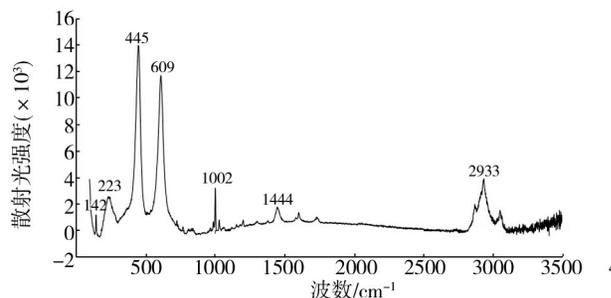


图4 太阳热反射涂料X的拉曼光谱

Fig.4 The Raman spectra of solar heat reflective coating X

与聚氨酯涂料类似,光照后吸收能量所产生的

热振动较小,难以进行热传导,其导热系数为 $0.117\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,比其他高分子材料的导热系数低。结合红外图谱和拉曼图谱可以判断在太阳热反射涂料中含有丙烯酸成分,从红外光谱分析可知,丙烯酸树脂具有较高的太阳热反射能力。

2 涂布实验

2.1 器材及材料

实验材料:常温隔热涂料A、太阳热反射涂料X、丙酮、酒精、白卡纸。

实验器材: $3, 5, 9\ \mu\text{m}$ 等3种不同厚度的湿膜制备器,CCI-1000型涂布机。

2.2 步骤

选用 $150\text{ g}/\text{m}^2$ 白卡纸作为涂布基层,尺寸为 $150\text{ mm}\times 260\text{ mm}$ 。对太阳热反射涂料X分别进行稀释,利用丙酮和酒精配制5种不同质量比(5:5, 3:7, 7:3, 10:0, 0:10)的不同稀释剂a, b, c, d, e,并与太阳热反射涂料以质量比为1:10进行稀释。对于常温隔热型涂料A,加入少量蒸馏水稀释,加水量分别设置为总质量的10%, 20%, 25%, 30%, 35%。将白卡纸试样分为3组A, B, C。室温($25\text{ }^\circ\text{C}$)下,利用涂布机在相同涂布压力(300 N)和涂布速度($0.1\text{ m}/\text{s}$)的条件下,在3组白卡纸表面进行不同厚度($3, 5, 9\ \mu\text{m}$)的涂层涂布。A组只涂布太阳热反射涂料X, B组只涂布常温隔热涂料A, C组先将隔热涂料A涂布待涂布层完全干燥之后,再将反射型涂料X进行二次涂布,最后将3组涂布好的试样置于通风良好的环境下,自然干燥至涂料完全固化。

2.3 涂布结果

2.3.1 太阳热反射型涂料X涂布效果比较

在室温($25\text{ }^\circ\text{C}$),压力为300 N,速度为 $0.1\text{ m}/\text{s}$ 的条件下,稀释剂与反射涂料的质量比为1:10,在白卡纸上进行涂布,涂布厚度为 $9\ \mu\text{m}$,涂布结果图5。

2.3.2 常温隔热涂料A涂布效果比较

在室温($25\text{ }^\circ\text{C}$),压力为300 N,速度为 $0.1\text{ m}/\text{s}$ 的条件下,在白卡纸上进行涂布,涂布厚度为 $9\ \mu\text{m}$,结果见图6。图6中a, b, c, d, e分别表示在稀释质量分

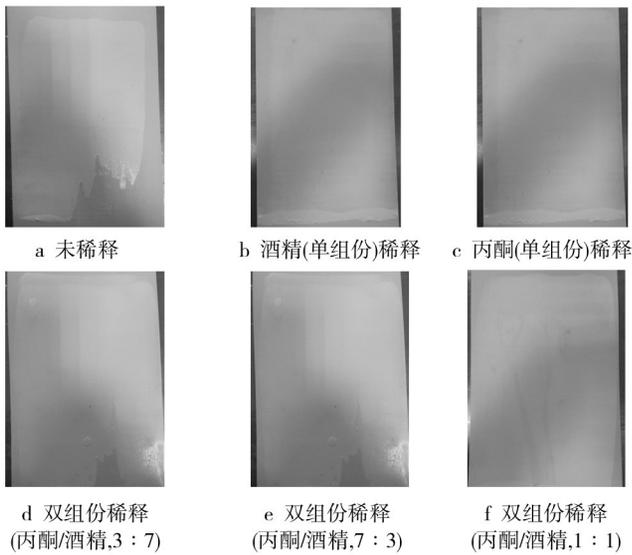


图5 稀释剂/太阳热反射涂料X(1:10)的涂布样

Fig.5 The dilution of solar reflective coating X samples in 9 μm

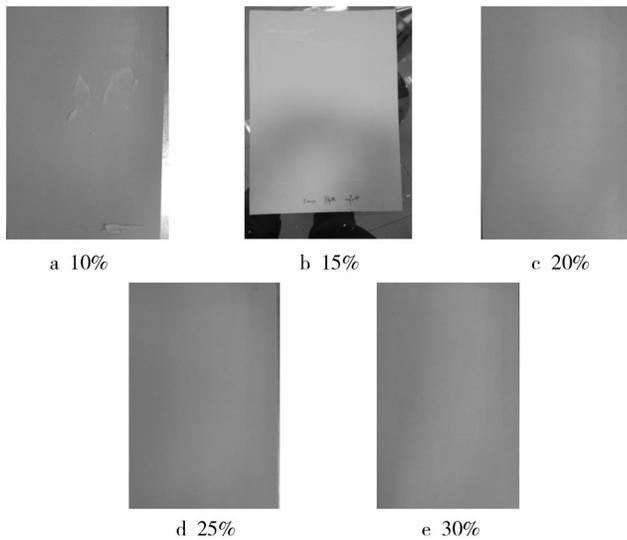


图6 9 μm常温隔热涂料A稀释后的涂布样

Fig.6 The dilution of the room temperature heat insulation coating A samples in 9 μm

数为10%,15%,20%,25%,30%下的涂布效果。

2.3.3 二次涂布的涂布效果比较(厚度比较)

在室温(25℃),压力为300 N,速度为0.1 m/s的条件下,采用二次涂布的形式以不同厚度(3,5,9 μm)进行涂布,涂布效果见图7。

2.4 结果分析

由图5—6可知,经过稀释后的涂料比未经稀释的涂料能更加有效地涂布在白卡纸上,实现涂料在涂布

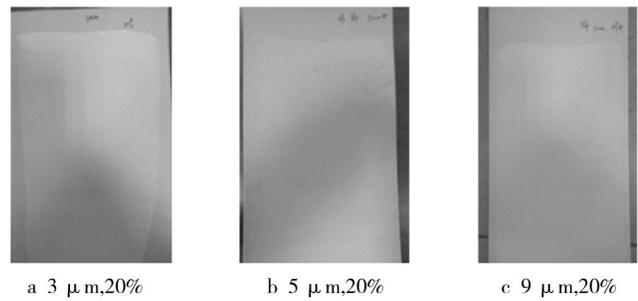


图7 不同厚度的涂布效果

Fig.7 The effect of different thickness of the coating

基层上的均匀分布。从图7可知,在相同情况下(同样的涂布压力和涂布速度),2种不同类型的涂料依次涂布,可有效形成一层均匀涂层。

3 隔热效果测试

3.1 器材及材料

实验材料:涂布实验3组试样A,B,C。

实验器材:酒精温度计(0~50℃)、秒表、电热恒温鼓风干燥箱DHG-9010AS。

3.2 步骤

1) 选定3组试样。A组为以太阳热反射涂料涂布的试样,B组为常温隔热涂料涂布的试样,C组为以二次涂布方式涂布的试样。将3组试样分别裁成开口袋,尺寸为50 mm×60 mm。

2) 用冷水冲洗温度计的玻璃泡,保持温度计温度低于18℃(巧克力的最佳储存温度),放入开口袋进行密封。

3) 电热恒温鼓风干燥箱的温度调至50℃(模拟夏天的气候环境),待干燥箱内温度稳定之后,将带有温度计的试样放入其中。

4) 分别记录温度上升至24℃(巧克力开始软化的温度)和上升至34℃(巧克力融化为浆体的温度)所用时间,将所测得时间取平均值并记录。通过比较各组试样所用时间的快慢,来确定隔热效果。

3.3 结果及分析

3.3.1 太阳热反射涂料X隔热效果比较

太阳热反射涂料X在不同稀释剂的隔热效果见

表1。由表1可知使用稀释剂会降低涂料浓度,降低反射隔热效果。未稀释的涂料涂布的试样隔热效果优于其他5种稀释的,温度为18~24℃最明显,其温度上升时间比其余试样长5~10s左右。

表1 太阳热反射涂料X在不同稀释剂的隔热效果(9 μm厚度)
Tab.1 Solar heat reflective coatings X at different dilution ratio insulation effect (9 μm)

温度 范围/℃	上升时间/s					
	未稀释	稀释剂a	稀释剂b	稀释剂c	稀释剂d	稀释剂e
18~24	43.1	30.1	44.7	38.5	40.5	33.4
24~34	109.8	110.2	144.5	130.2	134.5	124.3

从涂布试验中可看出,在未稀释情况下容易导致涂布效果不佳、涂布层不均匀、表面粗糙。干燥之后,空心微珠难以均匀分布形成中空微珠层,导致最后整体材料的反射隔热效果不佳。从表2可以看出,稀释剂b(即以酒精单组份与涂料以质量比1:10进行稀释)相较其他试样,所需的上升时间更长。由此可知,稀释剂中酒精含量对涂料整体反射隔热性能影响较小。

3.3.2 常温隔热涂料隔热效果比较

常温隔热涂料A在不同稀释条件下的隔热效果见表2。与反射涂料类似,在没有稀释的情况下,涂料难以在白卡纸上均匀涂布,无法附着在涂布基层上面,见图6。随着稀释程度的增加,涂布效果逐步上升。稀释程度的上升会造成两方面问题:一方面由表2可知,稀释程度增加,导致温度上升时间缩短,涂料浓度稀释程度的增加会导致隔热效果降低;另一方面蒸馏水会造成纸张出现“荷叶边”,不利于其包装成盒,因此需要限制蒸馏水的添加量。综上所述,添加蒸馏水的质量分数约为20%,既可较好地进行均匀涂布,也不会产生上述2个问题。

表2 常温隔热涂料A在不同稀释条件下的隔热效果(9 μm厚度,50℃)

Tab.2 Normal temperature insulation coating A at different dilution ratio insulation effect (9 μm, 50℃)

温度 范围/℃	上升时间/s					
	未加水	10%	15%	20%	25%	30%
18~24	未能均匀涂布	118.6	84.9	83.9	81.9	65.4
24~34	未能均匀涂布	297.6	274.7	273.6	241.6	222.8

3.3.3 不同涂布厚度的隔热效果比较

相同涂料不同涂布厚度的隔热效果比较见表3。由表3可知,外界温度为50℃时,经过涂布的试样上

升时间明显长于未涂布的试样。根据厚度的不同,隔热效果明显不同。涂布厚度的增加,隔热效果更加明显,其中厚度为9 μm时的隔热效果是未经涂布隔热效果的4~5倍。

表3 相同涂料不同涂布厚度的隔热效果比较(50℃)

Tab.3 Paint coating thickness of the same insulating effect of different comparison (50℃)

温度 范围/℃	上升时间/s			
	未涂布	3 μm	5 μm	9 μm
18~24	27	73.4	80.4	90.7
24~34	83.2	262.8	280.2	303.0

4 附着力测试

采用二次涂布工艺后,所得试样的隔热降温效果明显优于单一涂料涂布的试样。针对经过二次涂布后的不同厚度试样,采用划格法进行涂层附着力的测试^[10-12]。按照GB/T 9286—1998《色漆和清漆、漆膜的划格规范》检测涂层的附着力。

4.1 器材及材料

实验器材:小刀、软毛刷、直尺、铅笔、透明胶带。

实验材料:隔热实验中的C组试样。

4.2 步骤

将试样平放在桌面上,用胶带将四角固定好;检查刀具,保持刀刃的锋利。用直尺在试样上用铅笔轻画出一一定数量、间距(2~3 mm)相同的平行线,然后在垂直于平行线画出相同数量、间距(2~3 mm)相同的平行线,以形成网格图形。使用刀具时,注意保持刀与试样表面垂直,在试样涂层上匀速切割,使用直尺在已画好的网格线上进行切割,要求切割深度都应该划透至涂布层。使用软毛刷将已切割好的网格沿网格对角线往返扫数次。将透明胶带拉开,然后将最前面的一段剪掉,再将透明胶带粘在网格区域上,然后用直尺将透明胶带压实,已确保透明胶带完全与网格胶粘。放置5 min后,在温度为60°左右的条件下,在0.1~0.5 s内将胶带平稳地撕离涂布试样。

4.3 结果与分析

在涂布厚度为3,5 μm的双层涂布试样中,多数

边缘平滑,涂层少有脱落,见图8a,b。偶尔在切口交叉处出现少许的涂层脱落,但是脱落面积不超过总面积的5%,说明涂布内层与涂布基层结合良好。根据GB/T 9286—1998,其附着力等级可划归为0—1级。在涂布厚度为9 μm 的试样中,从图8c中推之,受影响的交叉切割面积大于前两者,小于总面积的15%。就涂布内层与白卡纸基层的结合而言,其附着效果优良,附着力等级为1—2级。

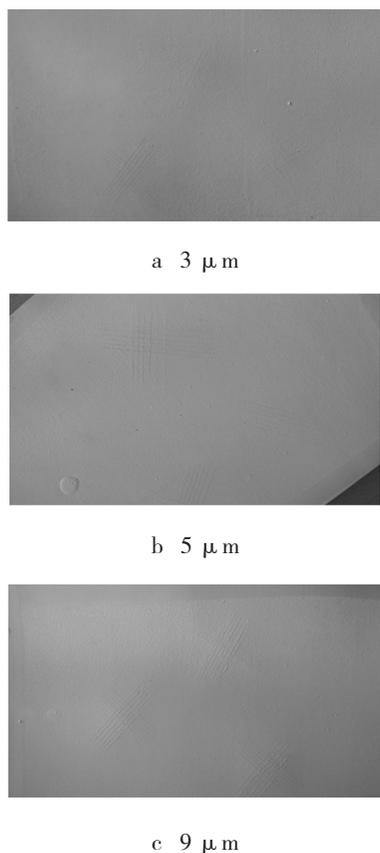


图8 涂布厚度试样的附着力测试

Fig.8 Coating adhesion test

对于一般性用途而言,前三级涂层附着力均符合一般使用要求。通过实验测试表明,上述3种隔热降温涂层试样均能满足实际使用要求,为制作成相应的包装结构提供数据支持。

5 结语

不同质量配比稀释剂的选用对太阳热反射涂料X隔热效果存在一定影响,丙酮用量的增减对涂料的反射隔热性能影响较大。酒精用量的增减对涂料的反射隔热性能影响较小。未稀释的试样涂布,易造

成涂布层不均匀,影响材料整体的隔热降温效果。稀释程度的增加会影响常温隔热涂料的涂布效果和隔热效果。稀释程度为20%时,效果最优。相比于单一涂料涂布后的隔热效果,在相同条件下2次涂布的隔热降温效果更佳。相同情况下,涂布厚度与隔热效果存在明显关系,随着涂布厚度的增加,隔热降温效果增加。

实验确定了以白卡纸为涂布基层情况下的最佳涂布厚度(9 μm)、涂料稀释比、涂布方式。即室温(25 $^{\circ}\text{C}$)下,涂布压力为300 N,速度为0.1 m/s,先将隔热涂料(加20%蒸馏水进行稀释)在白卡纸上以9 μm 进行涂布待干燥固化之后,进行二次涂布将太阳热反射型涂料(酒精为单组分稀释剂与反射涂料以1:10的质量比进行稀释)进行涂布,得到最佳隔热降温包装材料(在外界温度为50 $^{\circ}\text{C}$ 时,可以在原有基础上提高其隔热降温效果4~5倍)。此外,在附着力实验中得出:虽然9 μm 的涂布试样附着力等级不如3 μm ,5 μm 的涂布试样,但就一般性用途而言,其附着力情况可以满足实际使用要求。

该方案验证了利用涂布复合技术将隔热降温涂料涂布在纸质材料(白卡纸)上,增加其隔热降温效果的方式是可行的。

在冷链运输需求日益扩大,导致物流成本急剧增长的今天,使用该种隔热降温包装材料无疑是降低物流成本的有效方式之一。它不仅可以运用到巧克力包装运输中,对于初级农产品(蔬菜,肉,水产品等)、加工产品(速冻食品、冰淇淋和奶制品等)需要进行冷链物流的产品^[13-15]而言,也可采用这种模式以满足物流要求。相比于冷链物流的高成本,这种模式更加节省成本,提高产品的经济效益。

参考文献:

- [1] 陈景华,刘劲阳,刘刚.热敏性巧克力食品防护包装现状及发展[J].包装工程,2012,33(7):37—39.
CHEN Jing-hua, LIU Jing-yang, LIU Gang. Present Situation and Developing Trend of Heat-sensitive Chocolate Food's Productive Packaging[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(7):37—39.
- [2] 伍林,杨贺,易德莲.保温材料的技术现状和发展[J].山西建筑,2005,19:1—2.
WU Lin, YANG He, YI De-lian. Present Situations and De-

- velopment Trend of Techniques of Thermal Insulation Materials[J]. Shanxi Architecture, 2005, 19: 1—2.
- [3] 刘顺华, 耿兆祥, 李长茂. 热线法的应用[J]. 计量与测试技术, 2002(2): 21—22.
LIU Shun-hua, GENG Zhao-xiang, LI Chang-mao. Application of Hot-wire Method[J]. Metrology and Measurement Technique, 2002(2): 21—22.
- [4] 常建华, 董绮功. 波谱原理及解析(第3版)[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
CHANG Jian-hua, DONG Qi-gong. Spectral Theory and Analyses(Third Edition)[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [5] 马德柱. 聚合物结构与性能(结构篇)[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
MA De-zhu. Polymer Structure and Properties(Structural Articles)[M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [6] 徐永祥, 李运德, 师华, 等. 太阳热反射隔热涂料研究进展[J]. 涂料工业, 2010(1): 71—73.
XU Yong-xiang, LI Yun-de, SHI Hua, et al. The Present Situation and Progress of Solar Heat Reflective Thermal Insulating Coating[J]. Coating Industry, 2010(1): 71—73.
- [7] 刘杰, 李翔, 魏刚. 水性太阳反射隔热涂料的研究[J]. 北京化工大学学报(自然科学版), 2009(1): 45—49.
LIU Jie, LI Xiang, WEI Gang. The Research of Waterborne Solar Heat Reflective Insulation Coating[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology (Natural Science Edition), 2009(1): 45—49.
- [8] 王晓丽, 董洲, 杨胜. 反射隔热涂料的配方对比研究[J]. 涂料工业, 2010(7): 76—78.
WANG Xiao-li, DONG Zhou, YANG Sheng. Comparison Study Among Different Formulas of Reflective Thermal Insulation Coating[J]. Paint and Coating Industry, 2010(7): 76—78.
- [9] 王科林, 徐娜. 太阳热反射隔热涂层及其发展趋势[J]. 现代涂料与涂装, 2009(2): 19—22.
WANG Ke-lin, XU Na. Solar-reflective Heat-Insulating Coating and Its Development[J]. Modern Paint and Finishing, 2009(2): 19—22.
- [10] 许君. 涂层附着力测试方法比较及影响因素探讨[J]. 现代涂料与涂装, 2012(10): 18—27.
XU Jun. Coating Adhesion Test Method Comparison and Discussion of Influence Factor[J]. Modern Paint and Finishing, 2012(10): 18—27.
- [11] 王宗田. 附着力测定方法及其影响因素[J]. 现代涂料涂装, 2010(8): 23—24.
WANG Zong-tian. Determination Method and Influence Factors of Adhesion[J]. Modern Paint and Finishing, 2010(8): 23—24.
- [12] 翟兰兰, 凌国平. 高分子涂层与金属的附着力及其研究进展[J]. 材料导报, 2005(7): 79—81.
ZHAI Lan-lan, LING Guo-ping. The Adhesion between Polymer Coating and Metal and Its Research Progress[J]. Materials Reviews, 2005(7): 79—81.
- [13] 缪小红, 周新年, 巫志龙. 生鲜食品冷链物流研究进展探讨[J]. 物流技术, 2009(2): 24—28.
MIAO Xiao-hong, ZHOU Xin-nian, WU Zhi-long. Research on Cold Chain Logistics of Fresh Food[J]. Logistics Technology, 2009(2): 24—28.
- [14] 向丹, 李洪军. 中国易腐食品冷链物流现状分析及优化研究[J]. 食品工业科技, 2008(12): 195—197.
XIANG Dan, LI Hong-jun. Research on Status and Optimization of the Cold chain logistics of perishable food in china[J]. Food Science and Technology, 2008(12): 195—197.
- [15] 冯华, 王振红. 生鲜食品物流存在的问题及解决方案—冷链物流[J]. 物流技术, 2009(6): 43—45.
FENG Hua, WANG Zhen-hong. Problems & Solutions in Raw, Fresh Food Logistics: Cold Chain Logistics[J]. Logistics Technology, 2009(6): 43—45.

—————
(上接第6页)

- Hydrocolloids, 2012, 26(1): 167—174.
- [18] HUANG L, ZHAO J W. Nondestructive Measurement of Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) in Pork Meat by Integrating Near Infrared Spectroscopy, Computer Vision and Electronic Nose Techniques[J]. Food Chemistry, 2014, 145: 228—236.
- [19] 孙媛媛, 张蕾. 猪肉新鲜度指示卡的研究[J]. 包装工程, 2013, 34(5): 29—33.
SUN Yuan-yuan, ZHANG Lei. Development of Pork Freshness Indicator Card[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5): 29—33.
- [20] G MEZ-ESTACA J, L PEZ de L A, L PEZ-CABALLERO M E, et al. Biodegradable Gelatin-chitosan Films Incorporated with Essential Oils as Antimicrobial Agents for Fish Preservation[J]. Food Microbiology, 2010, 27(7): 889—896.