ETH zürich

ETH Library

Ueber die Verdunstung von Lösungsmitteln aus Lackschichten

Doctoral Thesis

Author(s):
Jülke, Elias Kristoffer

Publication date:
1962

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-000088709

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Prom. Nr. 3242

Über die Verdunstung von Lösungsmitteln aus Lackschichten

VON DER

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH

ZUR ERLANGUNG

DER WÜRDE EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

GENEHMIGTE

PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

Elias Kristoffer Jülke
dipl. Ingenieur-Chemiker
norwegischer Staatsangehöriger

Referent: Herr Prof. Dr. A. Guyer
Korreferent: Herr Prof. Dr. E. Brandenberger

Zürich 1962
Offsetdruck: Schmidberger & Müller

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die physikalische Lacktrocknung lässt sich in drei Teilvorgänge gliedern, nämlich die Verdunstung aus der flüssigen Phase, die Gelierung und die Resttrocknung der festen Lackschicht.

Es wurden die Einflüsse der Temperatur und der Luftströmung auf die Trocknung von Lacken verschiedener Zusammensetzung untersucht. Besondere Beachtung wurde dabei den Wechselwirkungen zwischen Lösungsmitteln und Feststoffkomponenten geschenkt. Weiter waren die physikalische Struktur von Lackschichten wie von Kunststoffen im allgemeinen, sodann der stereochemische Aufbau und die Abmessungen der Lösungsmittelmoleküle zu beachten.

Hieraus ergab sich eine Reihe neuer Erkenntnisse über die komplexen Vorgänge bei der Verdunstung von Lösungsmitteln wie bei der Trocknung von Lackschichten.

A. Die Verdunstung aus der flüssigen Lackschicht

1. Die Verdunstungsgeschwindigkeiten von Lösungsmitteln aus einem Lack betragen ca. 60-80% der Geschwindigkeiten des entsprechenden, lackfreien Lösungsmittelgemisches. Die auf Bildung von Wasserstoff-Brücken beruhenden Wechselwirkungen zwischen Lackharzen und Lösungsmittelmolekülen machen sich dadurch bemerkbar, dass die Lackharze die Verdunstungsgeschwindigkeiten derjenigen Lösungsmittelkomponenten am stärksten herabsetzen, in denen sie sich am besten lösen.

2. Die Verdunstungsgeschwindigkeit einer Lösungsmittelkomponente aus der Lackschicht in Funktion der Temperatur unterscheidet sich vom entsprechenden Dampfdruck des reinen Lösungsmittels lediglich um einen konstanten Faktor. Mit sinkender Temperatur ist die Abnahme der Verdunstungsgeschwindigkeiten polarer Lösungsmittelkomponenten grösser als für unpolare Komponenten. Diese Erscheinung beruht auf der stärkeren Assoziation polarer Substanzen bei tieferen Temperaturen. Im Temperaturgebiet von 20 bis ca. 100°C bewirkt eine Temperaturerhöhung um 20°C ungefähr eine Verdoppelung der Verdunstungsgeschwindigkeit.

3. Es zeigt sich, dass die Verdunstungsgeschwindigkeiten der leichtflüchtigen Lösungsmittelkomponenten während der Verdunstung dauernd abnehmen. Demgegenüber kann bei den schwererflüchtigen Komponenten zufolge der relativen Konzentrationszunahme ein deutlich ausgeprägtes Geschwindigkeitsmaximum beobachtet werden.

4. Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit im Bereich von 0,2-1,0 cm/sec steigt die maximale Verdunstungsgeschwindigkeit mit dem Exponent 0,41 der Luftströmung an.

Die graphische Darstellung der Verdunstungsgeschwindigkeit in Funktion der Zeit auf log-log Papier gibt Kurven mit einem Wendepunkt, der als Gelierungspunkt definiert wird. Die Zeit bis zum Gelierungspunkt ist bei Luftgeschwindigkeiten unter ca. 0,5 cm/sec umgekehrt proportional der Luftgeschwindigkeit in der 0,4.Potenz. Bei höheren Luftgeschwindigkeiten steigt dieser Exponent etwas an, was mit der Inhomogenität der Lackschicht bei der Gelierung erklärt werden kann.

B. Die Resttrocknung der festen Lackschicht

1. Der zeitliche Verlauf der Resttrocknung, welche auf einem Verdunsten der Lösungsmittelkomponenten aus der festen Phase besteht, kann mit folgender Gleichung umschrieben werden:

$$(C_x) = A' \cdot t^{-B'}$$

Dabei bedeutet (C_x) den Partialgehalt einer flüchtigen Komponente, (t) die Trocknungszeit, (A') den Partialgehalt der Lösungsmittelkomponente, wenn die Lackschicht durchgeliert ist, und (B') einen von den sterischen Abmessungen, Länge und Querschnitt des Lösungsmittelmoleküls abhängigen Inklusionsexponenten.

2. Es konnte gezeigt werden, dass alle Lösungsmittel in eine Inklusionsreihenfolge geordnet werden können, welche unabhängig vom Lackharz, vom Lösungsmittelgemisch wie auch von Temperatur und Luftströmung ist. Diese Reihenfolge geht bei leichtflüchtigen Lösungsmitteln parallel mit der Reihenfolge der Wirkungsdurchmesser. Kleine Moleküle mit kleinen Wirkungsdurchmessern haben grosse Verdunstungsgeschwindigkeiten aus der festen Lackschicht und demzufolge auch grosse Inklusionsexponenten. Mit steigender Länge oder steigendem Querschnitt nimmt die Verdunstungsgeschwindigkeit aus der festen Lackschicht ab. Bei den n-Alkoholen, C_1-C_6, ist log (B') in Funktion des Molekulargewichtes eine Gerade.

3. Die durchgelierte Lackschicht kann als einen mit Lösungsmittel gefüllten Filz aufgefasst werden, dessen Mikroporen Durchmesser besitzen, welche in der Grössenordnung des Durchmessers der Lösungsmittelmoleküle liegen. Der Wirkungsdurchmesser der in grösster Menge vorhandenen Lösungsmittelmoleküle beeinflusst den mittleren Mikroporendurchmesser in der Lackschicht. Befindet sich zum Beispiel in einem engporigen Lackharz viel kleinmolekulares Lösungsmittel und wenig grössere Moleküle, so bleiben die grossen Moleküle quantitativ, analog einem nichtflüchtigen Weichmachungsmittel in der Lackschicht eingeschlossen.

4. Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit nimmt infolge der schnelleren Bildung einer filzartigen, filtrierenden Haut an der Oberfläche der prozentuale Anteil an grösseren

Lösungsmittelmolekülen in der Lackschicht zu; die Trocknung wird demzufolge verlangsamt.

5. Mit steigender Temperatur nimmt der Inklusionsexponent zu, und zwar bei grossen Lösungsmittelmolekülen mehr als bei kleinen. Dieser Temperatureffekt wird mit der Brown'schen Temperaturbewegung der Segmente fadenförmiger Makromoleküle der Lackharze und der kinetischen Energie der diffundierenden Lösungsmittelmoleküle in Beziehung gesetzt.