

Zusammenfassung

Im Zuge des wachsenden Nachhaltigkeitsgedankens werden neue Anforderungen des Recyclings und der Materialeinsparung an Getränkeverschlüsse gestellt. Diesbezüglich wird an neuen Konzepten zur Umsetzung gearbeitet. Eine Möglichkeit besteht darin, zukünftig dünnere Kronenkorken für den Getränkeverschlussbereich einzusetzen. Die Reduzierung der Materialstärke der Weißbleche führt jedoch zu einer Abnahme der mechanischen Stabilität der Kronenkorken insgesamt, welche somit durch die Materialeigenschaften der polymeren Dichtung kompensiert werden muss. Generell muss die Dichtigkeit des Systems über die gesamte Lebensdauer gewährleistet sein. Zwischen dem metallischen Verschluss mit einer polymeren Dichtung und einer Glasflasche mit flüssigem Füllgut dürfen trotz verschiedenster Einflussgrößen wie beispielsweise thermische Wärmebehandlungsverfahren keine Undichtigkeiten auftreten, die zum Austausch mit äußeren Fremdstoffen und somit zu Geschmacksbeeinträchtigungen oder sogar zum Auslaufen des flüssigen Füllgutes führen. Im Rahmen der Arbeit wurden verschiedene TPE-basierte Polymerblends mit unterschiedlichen thermischen und mechanischen Materialeigenschaften als Dichtungsmaterialien näher untersucht. Anhand von Zug-, Druck-, Druckverformungsrestversuchen, Härtemessungen, thermisch-mechanischen Analysen und optischen Verfahren wurden zunächst die Struktur-Eigenschaftsbeziehung im Hinblick auf eine mögliche Eignung im Getränkeverschluss näher untersucht. Des Weiteren stand im Fokus der Betrachtungen, ein umfassendes Verständnis für die wesentlichen Ursache-Wirkungsprinzipien in einem Getränkeverschluss zu erarbeiten. Hierfür wurden verschiedene Einflussfaktoren – polymere Dichtung, Weißblechgüte und -dicke, Verschleißparameter, Pasteurisationstemperatur und -zeit - in anwendungstechnischen Prüfungen (SST) sowie mittels Computertomografie zur Strukturauflösung detailliert untersucht. Hierbei konnte nachgewiesen werden, dass die Materialeigenschaften der jeweiligen Polymerblends einen erheblichen Einfluss auf die Dichtigkeit eines Getränkeverschlusses ausüben. Darüber hinaus wurde gezeigt, welche Material- und Verschleißkombinationen die geeignetsten für ein optimales Verschleißbild bzw. eine hohe Innendruckfestigkeit darstellen. Zur Untersuchung des thermo-mechanischen Verhaltens der polymeren Dichtungsmaterialien und dessen Einfluss auf die Dichtigkeit in einem Getränkeverschluss wurde mittels einer neuartigen, modifizierten Zeitstandprüfmaschine ein geeignetes Modell für die Beschreibung des Dichtigkeitsverhaltens erarbeitet. Hierbei konnte anhand von anisothermen Relaxations- und Kriechrelaxationsmessungen das komplexe thermo-mechanische Materialverhalten umfassend untersucht werden. Die Kriechrelaxation stellt dabei eine Erweiterung der klassischen Relaxationsmessungen dar, da neben dem Spannungsabbau parallel auch die Dichtungshöhenabnahme der betreffenden Materialien gemessen werden konnte. Dabei wurden erfolgreich Modellansätze für die Beurteilung des thermo-mechanischen Verhaltens der TPE-basierten Dichtungsmaterialien und dessen Eignung im Getränkeverschluss, insbesondere Kronenkorken, erarbeitet.

Hierbei konnte anhand der Untersuchungsergebnisse gezeigt werden, dass für den Einsatz in dünneren Kronenkorken, die betreffenden TPE-Materialien eine kritische Elastizität überschreiten und dennoch gleichzeitig eine möglichst hohe thermische Einsatzgrenze besitzen müssen, um hohe Innendruckfestigkeiten im Getränkeverschluss zu realisieren. Mit Hilfe der neuen Erkenntnisse und des neu entwickelten Modells und dessen Variationsmöglichkeiten können mit geringen Zeitaufwand Aussagen zum Dichtverhalten und somit schließlich zur Eignung entsprechender Dichtungsmaterialien getroffen werden. Dadurch kann erheblich an Zeit bei der Materialvorauswahl und -entwicklung und dessen anwendungstechnischen Prüfung eingespart werden.

Abstract

As the idea of sustainability grows, new requirements for recycling and material savings are being placed on beverage closures. In this regard, new concepts for implementation are being worked on. One possibility is to use thinner crown corks for the beverage closure market in the future. However, the reduction in the material thickness of the tinplate leads to a reduction in the overall mechanical stability of the crown corks, which must therefore be compensated by the material properties of the polymer seal. In general, the tightness of the closure system must be guaranteed over the entire shelf life. Despite a wide range of influencing factors, such as thermal heat treatment processes, no leaks may occur between the metal closure with a polymer seal inside and a glass bottle with liquid filling good that could lead to an exchange with external foreign substances and cause off-taste or in worst case leakage of the liquid filling good. As part of the work, various TPE-based polymer blends were examined more closely as sealing materials. Using tensile, compression and compression set tests, hardness measurements, thermal-mechanical analyses and optical methods, to analyze structure-property relationships more in detail with regard to possible suitability in beverage closures. Furthermore, the focus of the considerations was to work out in detail the essential cause and effect principles in a beverage closure. For this purpose, various influencing factors - polymer seal, tinplate grade and tinplate thickness, sealing parameters, pasteurization temperature and time - were comprehensively investigated in application tests (SST) and by means of computer tomography for structure resolution. It was demonstrated that the material properties of the respective polymer blends have a significant influence on the tightness of a beverage closure. In addition, it was shown which material and capping combinations are most suitable for an optimum capping pattern and high internal pressure resistance. To investigate the thermo-mechanical behavior of the polymer sealing materials and its influence on the tightness in a beverage closure, a suitable model for describing the tightness behavior was developed using a new, modified creep testing machine. The complex thermo-mechanical material behavior was comprehensively investigated using anisothermal relaxation and creep relaxation measurements. The creep relaxation represents an extension of the classic relaxation measurements, as in addition to the reduction in stress, the reduction in sealing height of the materials could also be measured in parallel. Model approaches were successfully developed to assess the thermo-mechanical behavior of TPE-based sealing materials and their suitability for use in beverage closures, particularly crown corks. The test results showed that for use in thinner crown corks, the TPE materials in question must exceed a critical elasticity and at the same time have the highest possible heat resistance in order to achieve high internal pressure resistance in the beverage closure. With the help of the new findings and the newly developed model and its variation possibilities, statements can be made about the sealing behavior and thus ultimately about the suitability of corresponding sealing

materials in a short time. This can save a considerable amount of time in the pre-selection and development of polymer blends and their application testing.