

일본의 고무관련 연구 동향

김 학 주 · 장 영 옥 · 정 경 호

1. Applications and Future Problems of CAE Analyses for Plastics Parts

CAE를 이용한 플라스틱 사출성형기 구조해석의 적용예와 향후 발생될 문제점을 기술지원 측면에서 살펴보았다.

사출성형 CAE 해석으로 사출성형시 발생하는 다양한 문제점을 해결할 수 있으나 이러한 CAE 해석이 과연 의미 있는 해석인지에 대해서는 여전히 확인작업이 필요하다. 향후 CAE 해석 연구에서 다루어야 할 분야로는 고분자의 고차구조 (Higher-order structure) 연구와 플라스틱 물성 측정 분야 및 해석결과의 신뢰성 확인 분야등이 있다.

구조해석 연구로서 우리는 POM (polyoxymethylene)의 비선형 구조해석 연구와 플라스틱 접합부의 크리프 현상 연구를 진행하였다. 향후 보다 고차원적인 연구를 하기 위해서는 고분자의 특징 즉 비선형성, 점탄성, 재료의 배향성등이 연구영역에 포함되어야 할 것이다.

2. Kinematic Modeling of Melting Processes in Plasticating Extruders

1966년에 Tadmor에 의해 싱글스크류 압출기에 대한 용융 이론이 확립된 이후로 많은 kinematic 모델들이 그의 모델을 기초로 하여 발표되었다. 그의 이론에 따르면 뜨거운 barrel 과 녹지 않은 고분자 (solid bed) 사이의 계면에서 용융현상이 발생한다. Barrel을 통해 전달되

어진 열과 계면에서 발생된 열은 screw down channel을 따라 녹지않은 고분자의 크기를 줄인다.

한편 twin screw 압출기에서의 용융 이론은 90년대 중반 Potente에 의해 처음 제안 되었으며 현재도 꾸준히 개선되고 있다. 몇가지 관찰 결과로부터, 용융현상을 크게 Tadmor 형과 suspension형으로 구별할 수 있다. Suspension형 용융현상은 용융액위에 부유하고 있는 고체부분이 용융액으로 전달되는 열에 의해 크기가 점점 줄어드는 모습을 표현한다. 이러한 모델에 Gogos는 고체물질이 kneading block 영역에서 플라스틱 변형을 하면서 발생되는 열이 중요성에 대해 강조했다.

이 논문은 single 및 twin screw 압출기에서의 다양한 모델을 정리하고 최근의 연구 업적에 대해 살펴보았다.

3. Mesoscopic Simulation Method and Application for Polymer Materials

이 논문에서 분산된 분체 재료 해석을 위한 PSM(particle simulation method)과 연료전지에 사용되는 고분자해막의 거동을 이해하기 위하여 DPD(dissipative particle dynamics) 시뮬레이션 연구를 소개하였다. PSM에서 하나의 입자는 구의 배열로 보고 입자들의 변형성을 설명하기 위하여 인접한 구들은 세가지 종류의 스프링 즉 신축, 굽힘, 꼬임형 스프링에 의해 연결되어 있는 것으로 모델링하였다. 유동상태에서의 입자들의 움직임은 수력학적 작용을 고려

한 공간 및 회전 운동방정식을 풀어서 이해하였다. 동일한 방법으로 단섬유와 작용을 고려한 공간 및 회전 운동방정식을 풀어서 이해하였다. 동일한 방법으로 단섬유와 판상입자가 분산된 재료의 미세구조와 그 유변학적 성질 그리고 사출성형에서 filler들의 움직임은 예측하였다. 또한 DPD 시뮬레이션을 사용하여 Nafion membrane의 중시적 구조를 연구하였다. Nafion 과 물은 coarse-grained 방법을 사용하여 모델링하였으며 이러한 모델들의 Flory-Huggins 상수는 원자 시뮬레이션을 이용한 혼합에너지 계산으로부터 추정되었다. DPD 결과로부터 물입자와 친수성있는 Nafion side chain 입자가 자발적인 aggregate을 형성하여 Nafion 주쇄로 이루어진 소수성 영역내에 분산되어 존재하게 된다. 실험결과 Cluster의 크기는 물 함량에 의존하는 것으로 밝혀졌다. 물입자로 이루어진 연결체의 원자레벨 구조는 이미 얻어진 중시적 구조로부터 얻을 수 있으며 분자운동학 시뮬레이션 연구도 수행하였다.

4. Application of the Platform for Designing High Functional Materials OCTA to Elastomer Blend Materials

OCTA는 고분자 재료를 설계하기 위한 Integrated Multi Scale Computer Simulation Platform이다. OCTA는 4개의 시뮬레이션 프로그램과 하나의 공통 GUI(Graphical User Interface)로 이루어져 있다. 폴리올레핀계 탄성체를 주된 물질로 선형 동종 고분자들이 각기 다른 domain을 이루고 있는 blend 시스템을 대상으로 OCTA의 적용가능성을 살펴보았다. 항상 시뮬레이션을 위한 SUSHI는 Self Consistent Field Theory에 기반을 둔 Mean Field Simulation system을 사용하고 있는데 다양한 상을 형성하고 있는 구조 즉 2상형 PP/EPR 시스템 또는 3상형 PP/EPR/PE 고분자 blend 시스템의 morphology를 예측하는데 사용하였다. 그리고

탄성 Modulus는 SUSHI에서 계산된 탄성 블렌드의 형상을 기초로 한 유한요소해석법(FEM) Multiphase dynamics simulator의 일부인 MUFFIN/Elastica에 의해 예측되었다. 계산 모듈러스값은 탄성체 블렌드 시스템의 실험값과 매우 잘 맞았다. 연성 물질을 설계하기에는 각기 다른 크기 범위에서 작용하는 시뮬레이션 모델을 조합한 Zooming-Simulation 방법이 적합하였다.

5. Noise and Vibration Analysis for Rubber, Resinous Products

요즘 들어 우리는 자동차 메이커들로부터 생산성 향상과 품질의 신뢰성 제고를 위하여 설계나 제조공정을 개선해달라는 압력을 많이 받고 있다. 자동차를 해부해보면 수많은 부품과 조립체가 고무와 레진으로 구성되어 있는데 예를 들면 타이어나 부쉬 흡입/배기부, 튜브와 호스등이 있다.

낮은 진동주파수 특성은 엔진, 동력전달 장치, 완충장치 받침대 정도등에 특히 영향을 많이 받는다. 또한 주행중에는 타이어가 조종안정성, 승차감, 소음, 진동을 대부분 결정하게 된다.

동력학분석은 차량 주행중에 이러한 부품들의 특성을 파악하는데 있어 매우 중요하게 응용되고 있으나 실제로는 많은 부분들이 알려져 있지 않거나 모호한 비선형 특성을 보이고 있어 어려움이 있다. 이 논문은 LMS에서 개발된 기술과 시스템을 사용하여 소음/진동의 원인을 규명하는 방법과 이를 실제 타이어에 적용시켜 본 예와 차량내 고무 및 레진부품들이 어떻게 전체 차량성능에 기여하는 지를 살펴보았다.

6. Prediction of Hydroplaning and Tire Traction on Snow Using CAE

이 논문은 유체/고체 상호작용 해석을 수막 현상이나 설상 타이어 제동등의 타이어 해석에 응용한 연구에 관한 것이다. 이를 위해 3차원 예측 모델이 개발되었다. Explicit한 유한요소해

석법 (FEM)과 유한체적해석법 (FVM)이 타이어와 유체를 각각 모델링하기 위하여 사용되었다. 복잡한 유체와 타이어 트레드패턴 사이의 상호작용을 이해하기 위하여 유체의 변형을 Eulerian 공식에 의하여 풀었다.

예측모델을 개발하기 위하여 눈의 수치해석적 모델에 관한 연구도 수행되었다. 눈은 Elasto-Plastic 한 물질로 가정되어 Yield Law가 압력의 일차함수를 따르는 것으로 하였다. 예측된 수막현상과 설상 타이어 제동성을 실제 실험값과 비교할 때 비교적 정성적으로 일치하는 결과를 보였다.

7. Structural Colored Gel

최대집적 실리카 콜로이드결정을 중시적 크기의 템플레이트로 사용하여 규칙적으로 서로 연결되어 배열된 기공주로를 Hydrogel 내에 생성시킬 수 있다. 서로 연결된 기공구조는 미소한 환경변화에서 매우 빠르게 가역적으로 팽윤과 수축반응을 보일 수 있으며 규칙적으로 배열된 중시적 구조는 젤에 구조적 색채를 부여할 수 있다. 각기 다른 광학특성을 보이는 구조적 색채는 예비 젤 용액에 포함된 crosslinker의 함량을 조절함으로써 간단히 변화시킬 수 있다. 젤에 부여된 구조적 색채는 젤의 부피가 변할때마다 동시에 변하게 되며 이렇게 새롭게 발명된 기공구조의 Hydrogel은 환경변화에 매우 민감한 지능형 젤로 이용될 수 있는 광학특성을 가지게 되는 것이다.

8. Conception of the Transportation of Water Resources with Rubber MEGA-BAG for the Activation of Isolated Islands

2024에는 전세계에서 5억명에 달하는 사람들이 물부족 사태에 직면할 것으로 예측되었다. 일본의 경우는 이와 달리 풍부한 수자원이 존재하는 것으로 생각되어지고 있다. 하지만 물은

우리가 살아가는데 직접적으로 필요할 뿐만 아니라 농업 용수로도 사용되어 진다. 이러한 점을 고려할 때 일본은 현재 수요량의 반에 해당하는 물을 외국으로부터 수입하고 있는 실정이다. 그러므로, 항상 물부족에 시달리는 Sakishima, Okinawa와 같은 격리된 도서지방에서의 효율적인 수자원의 이용에 대한 연구가 수행되었다.

비교적 물의 풍부한 다른 지역에서 단섬유 보강고무로 만들어진 MEGA-BAG 안에 물을 담아 물 부족지역으로 이동한 후 지역내 물탱크에 물을 보관하였다. 이렇게 안정적으로 물이 공급된 경우 물 부족 지역내의 농업활동이 대단히 진작될 것이다. 또한 풍력에 의한 발전이나 생물체를 발효시키거나 열분해 시켜 연료 (Biomass)를 얻는 방법도 연구되었다. 이러한 연구에서 핵심적인 기술은 고무재료의 최적 설계와 제조에 있다.

9. Rheological Features of Spherical Silica Suspensions in Ethylene Glycol - Rheology of Ideal Suspensions -

이 논문에서는 구형 실리카 입자를 hard-core inter-particle potential을 유지한 채 에틸렌글리콜에 단분산시켰을 때 (이상현탁액)의 점탄성에 대해 논의하였다. Zero-shear 점도나 고진동 임계점도는 단순히 입자가 차지하는 부피분율의 함수이다. 최장이완시간은 Brown 운동으로 만들어지는 입자의 반경에 해당하는 거리를 입자가 이동할 때 걸리는 시간으로 설명된다. 따라서 이상현탁액의 점탄성은 입자의 Brown운동으로부터 기인한다. Hard-core Inter-Particle Potential이 존재하는 Bimodal 이상현탁액의 점탄성에 대해서도 논의하였는데 입자의 반경비가 3보다 작을 때는 이완곡선의 모양은 단분산 이상현탁액과 실질적으로 동일함을 알 수 있었다. 하지만 그 비가 5보다 클때는 이완곡선의 모양이 훨씬 퍼지는 모양이 되었다. 따라서, Bimodal 이상 현탁액에서 구성입자의 반경비가

3보다 작은 경우에는 두 입자의 반경의 평균에 해당하는 반경을 갖는 가상적인 입자의 운동으로 평균화 되어 질 가능성이 크다 하였다.

10. Studies on the Friction Mechanism of Silica-Filled and Carbon Black-Filled SBRs

대개 타이어에서 wet traction과 rolling resistance는 상호 상쇄적인 성질이 있는데 실리카를 Filler로 사용한 고무의 경우에는 이러한 성질이 많이 줄어드는 것으로 알려져 있다. 이란적으로 실리카 충전고무가 마찰시 Carbon black 충전고무에 비해 점착기여율이 크다는 것은 널리 알려져 있는 사실이나 실제 이러한 점착기여율에 관한 연구결과는 많지 않다.

이 논문에서는 마찰시 점착기여율과 Hysteresis 기여율을 실리카충진 고무와 Carbon Black 충전고무에 대해 살펴보았다. Friction Force와 진동수 그래프 (F-w 곡선)와 점탄성을 고려하여 다음과 같은 Friction Force 공식을 만들었다.

$$F = A_s + kE''^{-1/3} \tan \delta$$

Where A: 접촉면적, s: 고무의 Shear Strength
k:상수

위 공식의 첫 번째 항은 마찰력의 점착기여율이 되고 두 번째 항이 Hysteresis 기여항이 되겠다. 실리카 충전고무의 점착기여율이 Carbon Black 충전고무에 비해 큰 것으로 나타났다.

11. Carbon Black Reinforcement of Rubber Part4, Proposal of a New Concept for the Carbon Black Reinforcement

본 논문에서 저자는 Stress Analysis 결과를 토대로 카본블랙 충전고무에서 새로운 Interface 모델을 제시하였다. 새로운 모델은 분자운동도가 각기 틀린 내부고형체 (Inner Glassy Hard)와

외부점착체(outer sticky hard)가 카본블랙입자를 싸고 있는 이중구조의 미가류고무층으로 되어 있음을 제안한다.

충진제의 함량이 증가하거나 변형량이 증가할 경우 생기는 응력 증가는 카본블랙입자 주위에 응력이 집중되고 이것이 전체 시스템으로 전달이 되어 발생하는 현상이다. 인장응력의 급격한 증가는 높은 변형량에서 외부점착층에 응력에 의해 딱딱해진 Super Structure가 생기지 않으면 발생할 수 없는 현상이다. Super Structure는 카본블랙이 인장시 미소공극과 함께 생성된 craze 모양의 배향된 분자묶음에 의해 연결이 되어 있는 구조이다.

Mullins Effect의 대부분은 배향된 분자묶음의 접힘에 의해 발생한다. 따라서 즉각적이고도 많은 양의 응력이완이 응력제거시 일어나게 되는 것이다. 미가류상태의 외부점착층내에 늘어난 분자들은 오랜 기간동안 이완되어 다시 원래상태로 돌아가게 된다.

12. Fundamentals and Mechanical Properties of PSA Tapes 4. Morphological Analysis at Peeling PSA Tapes- Part2

본 논문에서는 저속 인장시 경화고분자 점착제가 끈적끈적한 실처럼 늘어나면서 박리되는 현상을 지배하는 인자에 대해 연구하였다. 미가류 고분자점착제의 동종파괴 (Cohesive Failure)와 접착면파괴현상에 대해서는 그동안 많은 연구가 있었다. 하지만 가볍게 경화된 고분자 점착제에 대해서는 점성유동이 없으므로 동종파괴 현상은 발생할 수 없고 대신 저속인장시 두가지 종류의 계면분리가 발생하고 이러한 현상은 기존의 점탄성이론으로는 설명이 불가능하다.

압력감지 점착제 테이프를 고정된 하중으로 Peeling시험을 했을 때 끈적끈적한 실과 같은 형상이 보이는 것(stringiness)에 대해 연구한 결과 200g/25mm부근까지는 두가지 종류의 Peeling

속도가 존재하는 것을 발견하였다. 또한 Stringiness 형상은 Peeling 속도에 대단히 많이 좌우되는 것도 알 수 있었다. 두 가지 영역에서의 Stringiness 현상은 Miyagi씨의 관찰도구를 이용하여 관찰하였으며 두가지 Peeling 속도에 의해 각각의 Peeling 영역이 발생하는 것을 알 수 있었다.

이러한 연구를 기존의 점탄성 연구결과와 병행하면 새로운 접착제 peeling 이론을 만들 수 있고 이는 곧 높은 Peel Force를 지닌 압력감지 접착제를 개발하는데 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

13. 제품·공장의 환경부하저감과 기업경영

기업은 생산 판매하는 제품의 환경적인 부하를 해결하고 최소화시킴으로써 친환경사회를 건설하는데 기여할 수 있다. 기업이 친환경적인 활동을 지속하기 위해서는 경제적 가치를 창출하기 위한 경영과의 조화가 필수적이다. 이는 1) 최고경영자의 리더십 2) 모든 고용자들이 참여하는 협동심과 친환경적 마인드 3) 낮은 비용으로도 환경보존효과를 얻을 수 있는 환경기술의 개발 등이 수반될 때 가능하다.

14. 내부혼합기에서의 가교법을 이용한 가교고무의 미분말화

가교고무를 직경이 대략 1~5 mm 되도록 분쇄하고, 분쇄된 고무입자들은 내부혼합기에서 스테아린산, 산화아연, 황, 가교촉진제 등 배합제들과 약 150도에서 혼합한다. 이를 통하여 평균크기 300~500 마이크론 정도의 미세고무분말을 얻을 수 있으며, 이러한 방법은 공장에서 발생하는 폐고무를 재활용하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

15. 자동차산업에서 환경과 접착기술

최근 자동차산업에서 환경친화적 기술개발이

이루어지고 있다. 자동차용 접착제분야의 경우 수계접착제, 무연접착제 등이 채택되어지고 있으며, 연료소비절감을 위해 접착결합방식을 채택한 경량알루미늄차체가 출현하고 있다. 본 고에서는 자동차용 친환경 접착제의 기술개발동향을 기술하였다.

16. 고무제품의 유해성 및 유해성에 대한 알림상태 - 알레르기성 접촉피부염과 라텍스알레르기를 중심으로 -

고무제품에 의한 유해성 및 고객에 대한 유해성에 대한 정보제공상태를 알레르기성 접촉피부염과 라텍스 알레르기를 중심으로 요약하였다. 첫 번째로 실제 유해성이 있는 제품과 특정 화학물질과의 관계를 규명하고 원인조사를 하는 것이 중요하다. 둘째로는 고무첨가물에 대해 재료안전데이터시트(Material Safety Data Sheet: MSDS)를 개발하고 제품의 사용 과정, 노출경로 및 농도 등을 종합적으로 고려하여 고무제품의 유해성 평가를 실시하여야 한다. 세 번째로는 고무제품제조회사가 고객들에게 제품에 MSDS를 첨부하고, 제품라벨에 표시하며, 또한, 인터넷홈페이지 등을 통하여 고객들에게 제품의 유해성에 대한 실질적이고 이해가능한 정보를 제공하여야 한다.

17. 타이어에서 친환경재료 기술

타이어의 개발에 있어 환경보호는 향후 가장 중요하게 고려되어야 한다. 일본 고무생산사협회에서 수행한 타이어의 수명평가(life cycle assessment: LCA)에 따르면 일반 타이어의 경우 실제 사용하는 동안 전체 이산화탄소발생의 85% 이상이 발생된다. 이러한 관점에서 롤링저항성(rolling resistance: RR)을 감소시키는 것이 타이어의 수명과 함께 가장 중요한 요인이다. 실리카함유 트레드 컴파운드의 개발에 따라 히스테리시스 손실의 저하기술은 실리카 분산첨가제와 고분자의 개질 등 신물질의 발견과 합

게 크게 발전하고 있다. 나아가 유한요소법을 이용한 비선형점탄성의 해석이 가능하게 됨으로써 타이어의 더욱 정밀한 RR 예측이 가능해지고 있다. 이는 타이어 설계에서 낮은 히스테리시스 손실특성을 갖는 물질의 효율적인 개발을 가능하게 하고 있다.

18. 유기화클레이/열가소성탄성체 복합체의 구조와 물성, 제2부. SBS와 스테아린산으로 처리된 유기화클레이의 복합체 제조와 기계적물성.

폴리스티렌-폴리부타디엔-폴리스티렌 삼중블럭공중합체 (SBS)를 스테아릴암모늄으로 개질된 유기화클레이(C18-Mt)를 스테아린산(SA)으로 처리한 C18-Mt(SA)와 함께 용융혼합하여 나노복합체를 제조하였다. SA로 처리된 C18-Mt를 사용한 SBS복합체의 경우 스테아린산의 양이 증가함에 따라 클레이입자가 더 미세하고 균일하게 분산되었다. SBS/C18-Mt(SA)복합체는 C18-Mt/SBS 복합체에 비해 우수한 인장탄성율, 경도 및 인열강도 값을 나타내었다. 예를 들어, 중량비로 10 %의 C18-Mt(SA)가 첨가된 C18-Mt(SA)/SBS 복합체의 경우 C18-Mt에 대해 스테아린산이 0.05 중량비로 처리하였을 때 순수한 SBS에 비해 2배 정도의 인열강도 값을 나타내었다. C18-Mt(SA)/SBS 복합체의 인장강도 및 파단신율은 C18-Mt/SBS 복합체에 비해 우수한 값을 나타내었다. 이로부터 C18-Mt를 스테아린산으로 처리함으로써 C18-Mt/SBS복합체의 기계적물성을 효과적으로 증가시킬 수 있음을 알 수 있었다.

19. 고무와 황동간의 접촉층 평가: 제2부. 여과지를 사용한 반응층 노출법에 의하여 제조된 접촉층의 SEM-EDX 분석.

우리는 여과지를 가교 중 고무와 황동 간에 삽입시킴으로써 XPS에 의해 접촉계면을 성공적으로 분석한 바 있다. 이 연구에서 접촉계면

층의 morphology와 원소분포는 SEM-EDX를 이용하여 조사하였다. 노화되지 않은 시료의 경우 계면층에 형성된 Cu₂S는 구형이었으며 Cu₂S의 결정상이 SEM분석과정에서 전자빔에 의해 점차로 허물어지는 경향이 있다는 점에서 형성된 Cu₂S는 무정형인 것으로 판단되었다. 습기조건 하에서 노화시킨 시료의 경우 Cu₂S의 morphology는 불완전한 결정형태로 바뀌는 것이 관찰되었다. SEM 사진은 Cu₂S의 결정상이 전자빔 노출과정에서 허물어지지 않았음을 나타내고 있다. 이는 습기조건에서 노화되는 과정에서 Cu₂S가 무정형에서 결정형으로 변환되는 현상이 일어남을 나타낸다. Cu₂S의 결정화는 표면적의 감소와 계면구조의 취성증가를 일으켜 접착강도를 저하시킬 수 있음을 알 수 있었다. ZnO는 뜨거운 물에서 노화된 시료의 경우 계면에서 성장하는 경향이 있다. ZnO의 성장은 뜨거운 물에서의 노화과정 중 고무매트릭스로부터의 이동과 함께 습기와 탈아연화반응(dezincification)에 의해 일어나는 것을 알 수 있었다.

20. 점착테이프의 기초와 물성 5. Tack 측정에 의한 접촉과정의 평가.

젖음성과 흐름성은 점착테이프의 물성, 특히, tack(점착)성질을 결정하는 주요한 인자이다. 일반적으로 tack는 계면화학과 레올로지특성을 관찰함으로써 조사된다. 본 논문에서는 현상론적 관점에서의 새로운 분석으로부터 tack 특성을 해석하고자 하였다. 롤링백 tack와 프로브 tack에서의 시간스펙트럼으로부터 tack 특성을 조사하였다. 이러한 연구로부터 머뭇시간 및 자체중량은 tack에 대한 서로간의 독립변수인 것을 알 수 있었다. 이로부터 다음과 같은 식이 유도되었다.

$$T = T_{\infty} + aP + T_{01}\{1 - \exp(-t/\tau_1)\} + T_{02}\{1 - \exp(-t/\tau_2)\} + T_{03}\{1 - \exp(-t/\tau_3)\}$$

21. 초임계 이산화탄소가 고분자 특성에 미치는 영향

이산화탄소가 고분자 내부에 용해되어질 때 고분자의 여러 특성들이 크게 변하게 된다. 본 논문에서는 용융상태의 열가소성 플라스틱과 고무 재료들에서 이산화탄소의 용해도와 확산 특성에 대해 논의하였다. 이와 더불어 유리전이 온도와 점도의 감소에 대해서도 소개하였다.

22. 초임계 유체를 사용한 기능성 재료들의 분리와 추출

- 천연 재료들과 고분자에 적용 -

본 논문에서는 천연 재료와 고분자의 추출 및 분리에 대해 검토하였다. 기능성 식품 첨가제의 천연원료로서 식물에서 얻을 수 있는 요소들에 대해 초점을 맞추었다. 산화방지제와 비타민과 같은 성분들을 추출하는데 초임계 이산화탄소가 사용되어 왔다. 추출공정에서 압력과 온도가 높아질수록 용해도가 상당히 증가하기 때문에 이러한 물질들의 추출 효율을 증진시킬 수 있다. 초임계 물 역시 천연재료들을 추출하기 위해 사용될 수 있는 유망한 용매이다.

다양한 고분자들을 분리하기 위해 초임계 유체가 사용될 수 있는데, 고분자를 정제하기 위한 초임계 유체로 고분자로부터 단량체와 올리고머들을 추출할 수도 있다.

23. 초임계 유체를 사용한 염색기술

염색공정에서 물과 유기용매의 사용으로 인해 환경문제를 야기시킨다. 섬유산업에서는 염색공정에서 발생하는 많은양의 폐기물을 감소시키기 위해 상당한 노력을 기울이고 있다. 이러한 환경 문제 때문에 초임계 이산화탄소를 사용하는 염색공정이 환경친화 공정으로 상당히 각광을 받고 있으며 폴리에스터, 폴리프로필렌 및 폴리에틸렌 테레프탈레이트 등과 같은 합성섬유들은 이 공정을 사용하여 성공적으로

염색될 수 있다. 최근에는 사용량이 상당히 많은 셀룰로오스 섬유도 이 공정을 이용하여 염색을 시도하고 있다. 개질된 면섬유도 성공적으로 염색이 된다고 보고되고 있지만 상당한 정도의 개질을 필요로하고 있다.

본 논문에서는 반응성 분산염료로 셀룰로오스 섬유를 염색시키기 위한 용매로써 초임계 이산화탄소를 사용하고자 하였다. 셀룰로오스는 에틸렌글리콜 유도체로 전처리하였다. 동일한 조건에서 다른 분산 염료들로 염색한 결과들과 비교하였다.

24. 초임계 이산화탄소에서의 중합

초임계 이산화탄소는 휘발성 유기용매를 대체할 수 있는 환경친화 용매로 상당한 각광을 받고 있다. 초임계 이산화탄소에 고분자 재료들의 용해도가 다소 제한되어 있음에도 불구하고 상당수의 중합들이 수행될 수 있다고 보고되고 있다. 본 논문에는 초임계 이산화탄소에서의 중합을 세가지로 나누어서 조사하였다: 1) 사슬성장 중합, 2) 단계성장 중합, 3) 초임계 이산화탄소에서 이산화탄소와의 공중합. 많은 라디칼 중합들이 계면활성제를 사용하거나 혹은 사용하지 않고서도 초임계 이산화탄소에서 수행될 수 있음이 밝혀졌다. 이산화탄소는 용매로서의 역할 뿐만아니라 일부 중합반응에서 반응성 단량체로도 작용을 한다.

25. 수돗물에 포함된 염소에 의한 NBR의 분해 메커니즘

수돗물에 포함된 잔류염소에 의해 야기되는 NBR의 분해 거동을 밝히기 위해 요코하마시에서 4-9년 동안 사용되었던 NBR막과 신제품을 FT-IR, EPMA 및 XPS를 이용하여 비교 분석하였다. NBR은 일반적으로 열이나 혹은 UV에 의해 가교도가 증가함에 따라 딱딱해지고 분해가 일어나기 시작한다. 그러나 수돗물과 접하는 환경에 사용되는 NBR은 유연해지고 염소 원자

가 NBR막의 표면층으로 침투한다. 이러한 NBR의 분해공정은 다음과 같이 설명될 수 있다: 1) NBR에 존재하는 부타디엔 이중결합의 $\alpha-H$ 는 염소에 의해 쉽게 치환된다. 2) 염소화 NBR은 다른 NBR과 반응하며 $\alpha-H$ 의 탈취는 라디칼을 발생시킨다. 3) 발생된 라디칼은 α 위치에 히드로퍼옥사이드를 생성시키며, 폴리부타디엔의 산화반응과 유사하게 분해에 의해 알데히드가 형성된다. 4) 가교점이 동시에 파괴된다. 이러한 공정들에 의해 NBR의 분자량이 감소하며, NBR의 연화와 분해를 야기시킨다.

26. 유한요소해석을 위한 고무의 응력-변형 데이터의 최적화

고무의 응력-변형 거동은 비선형이며 보통은 변형에너지 밀도 함수를 사용하여 해석한다. 유한요소해석(FEA)을 위한 입력 데이터의 관점에서 보면은 다수의 모델들이 이러한 거동을 해석하기 위해 제안되어 왔다. 따라서 이러한 모델들의 특성을 이해하는것은 필수적이다. 즉, FEA가 수행될 때 적절한 모델을 선택하는 것은 쉬운일이 아니다. 본 기술자료에서는 FEA 입력을 위한 고무의 응력-변형 데이터 최적화를 검토하였다. Ogden과 Mooney-Rivlin 모델은 충분한 데이터가 없을 경우는 효율 가치가 떨어지지만, 시험 데이터가 충분할 경우는 상당한 식의 표현이 가능케 된다.

27. 중합을 위한 유기전이 금속 촉매의 개발

1. 올레핀계 엘라스토머의 합성

유기금속 촉매를 사용한 올레핀계 중합 시스템의 디자인은 최근 상당한 관심의 대상이 되고 있다. 기존의 Ziegler-Natta 시스템과는 달리 이 촉매는 단일 활성점을 생성해서 고분자의 분자량과 분자량 분포도 조절을 더 정확하게

조절할 수 있게 한다. 특히 중합되는 고분자의 입체 규칙성의 조절이 훨씬 용이하게 된다. 엔지니어링 플라스틱을 제조할 목적으로 에틸렌과 프로필렌 중합에 적용하였던 그러한 시스템들을 최근에는 탄성체의 합성에 적용하기 시작했다. 본 논문에는 그러한 주제들을 간단히 소개하였다.

28. 카본블랙에 의한 고무의 보강: 제 5부. 미해결 카본 보강 현상의 새로운 이해

제4부에서 본 저자는 카본블랙 보강 현상을 설명하기 위한 새로운 계면 모델의 개념을 제시하였다. 본 논문에서는 카본블랙에 의한 고무 보강의 기존 현상들을 어떻게 이해해야하며 또한 필수적이지만 아직까지도 풀리지 않은 현상들을 어떻게 이해해야 하는지에 초점을 두었다.

분산된 카본블랙과 SH 층에서 배향된 분자들 사이의 결합으로 이루어진 초 네트워크 구조의 형성은 큰 신장하에서 꽤 높은 응력을 발생시켜 결국에는 고무가 높은 인장강도를 나타내게 된다. 큰 신장하에서 카본블랙이 고충전된 고무에 나타나는 거대 히스테레시스 에너지는 신장된 분자들의 비틀림에 의한 겹보기 히스테레시스 에너지(약 40%)와 점탄성 에너지(약 60%)로 구성되어 있다. 카본블랙 충전 고무의 활동적 거동은 SH 층의 활동적 특성으로부터 초래되며, 분자들 사이의 미끄러짐이 쉬워질수록 고온에서 낮은 응력을 발생시킨다.

29. PSA 테이프의 기계적 특성

감압형 접착제는 1000-2000% 정도의 거대 변형을 겪을 수 있도록 설계된 가교도가 낮은 고분자 물질이다. 이 거동은 선형 점탄성 거동과는 판이하게 다르다. 거대 변형 크리프 데이터를 분석하여 완화 스펙트럼을 얻었으며 다음의 사항들을 밝힐 수 있었다.

1) 장기(long term) 영역에서는 PSA의 가교도

가, 단기 영역에서는 PSA의 화학조성이 영향을 미쳤다.

2) 고분자/점착부여수지 PSA 시스템에서, 완화 스펙트럼 형태의 단기 영역은 점착부여수지의 화학구조에 크게 의존하는 반면 장기 영역은 연화점에 크게 의존하였다.

일본고무협회의 허락을 득하여 일본고무협회지에 수록된 논문의 초록 부분을 번역하여 수록하였습니다.