

일본의 고무관련 연구 동향

한국신발피혁연구원
배종우

디엔계 고무의 가황 시스템

기본적으로 촉진제 및 유허의 조합이 디엔계 고무의 경화에 사용된다. 산화 아연 또는 스테아린산 및 지연제 등의 활성제가 시스템에 추가된다. 이런 재료를 사용하는 방법은 가공 및 고무 제품의 물리적 특성을 모두 제어하는 것이다. 우리는 특히 천연 고무 화합물을 위한 경화제, 촉진제, 활성제와 유허를 포함하여 고무의 생산에서의 다양한 요구를 충족시키는 방법에 대해 설명한다.

직교 배열 시험 디자인을 이용한 트레이드-오프 문제 해결 방법

직교 배열을 이용한 실험의 디자인들을 통해 실험 수를 줄이지 않고 러닝 오프 문제를 해결할 수 있다. 본고에서는 고무 화합물의 모델 실험을 이용하여 장단점을 해결하기 위한 DoE의 유형을 사용하는 방법을 설명한다. 많은 요인이 절충의 문제를 해결하기 위해 필요하기 때문에 먼저 실험은 직교 배열(L8, L9, L12, L16 등)에 따라 설계되어야 한다. 그리고 각 요소의 모든 속성을 위한 공헌 %가 중요하다. 많은 요인이 기여하는 높은 %의 특성을 가지는 경우에 트레이드-오프 문제가 해결된다. 또한 다중 회귀 분석 절차에 대해 설명한다.

가황제로써 황을 사용한 컴파운딩

유허에 의한 가황이 처음 발견된 것은 170년 전이다. ZnO는 첫 번째 메이지 시대(1868 년에서 1912년) 말 사용하였으며 가황 촉진제는 1919년경 일본에서 도입되었다. 이러한 요소에는 현재 가황의 기초 과정이

기여했다. 고무 배합제 후속 다양한 종류가 증가하고 있고 혼합 비율은 점점 더 복잡해지고 있다. 이 논문에서는 황 가류에 초점을 맞추어 기술하였다.

유허제에 의한 고무 가공성 개선

본 연구에서 고무의 저온 혼합을 위해 아주 최근에 개발된 지방산 유도체의 신규 조합을 통한 유허제를 소개한다. 시판 합성 고무, EPR이 특히 이러한 조건 하에서 다른 필요한 재료와 혼합되어 있다. 따라서 이 논문에서 EPR계 화합물 처리 유허제의 효과를 비교 설명하였다.

카본블랙의 컴파운드 특성

카본블랙은 우리의 삶에 필수적인 물질이다. 이것은 특히 고무 산업에서 다양한 제품에 적용된다. 고무 물성을 기대하기 위해서는 카본블랙의 표면과 구조에 따라 구분되어야 한다. 천연 고무에 미치는 영향이 이 백서에 기재되어 있다.

고무 첨가제 탄산칼슘

일본 전역에 있는 석회석에서 생산되는 탄산칼슘은 고무, 플라스틱, 실란트, 도로 등 다양한 분야를 위한 필러로 사용되고 있다. 본 논문에서는 고무 배합에 적용되는 초미세 합성 탄산칼슘이 검토되었다. 초미세 합성 탄산칼슘은 다양한 입자 크기 및 표면 특성을 가지고 있다. 따라서 초미세 합성 탄산칼슘은 다양한 물성(예를 들어, 보강성, 분산성, 점착성, 가공성, 경도 등)을 개선시킨다.

나노 필러가 로딩된 가교 고무의 구조와 물성 상관관계: 5. 필러가 로딩된 가교 천연고무의 필러 네트워크와 점탄성 특성: 카본블랙/천연고무 상호작용에 대한 새로운 제안

본 논문에서는 동적 기계적 특성을 통해 가교 결합된 천연고무(NR)에 카본 블랙(CB), 소수성 실리카 및 친수성 실리카를 충전하여 충전제의 형태에 따른 나노 필러의 효과를 분석하였다. 3D-TEM/전자영상은 두 개의 인접한 나노 필러 응집체의 중심 간의 최소 거리 (DP)를 측정하는데 사용된다. 활성화 에너지(ΔE_J^* , ΔE_J^{**})는 저장 컴플라이언스(J')와 손실 컴플라이언스(J'')의 온도 의존성에 기초하여 계산되었다. 또 다른 에너지 수준의 점탄성으로 2개 이상의 층을 포함하는 NE 부하 중량 이상인 고무의 병렬 기계적 모델을 이용하여 CNIL 보강 효과를 확인하였다.

파단을 통해 확인되는 고무의 실제 구조와 특성

고무의 환경 분해는 방사선 조사 에너지의 강도에 따라 서로 구별된다. 산화물은 그 파괴와 수명에 영향을 주지 않고 고무의 물성을 변화시킨다. 오존과 고에너지 방사선의 자외선은 직접 균열의 개시 및 전파를 일으키므로 고무의 피로 수명에 큰 영향을 미친다. 분해 고무의 이러한 민감한 물성은 화학 구조 뿐만 아니라 가황 공정에서 형성된 그 불균질 폴리머 네트워크에도 의존한다.

천연고무의 산출 가능성(Part I)

Hevea brasiliensis 외에 많은 식물에서 고무가 생산될 수 있다는 사실이 알려져 있다. 단, Hevea brasiliensis는 적극적으로 고무를 생산하기 위해 재배되어 왔다. 고무 열매를 산출하는 식물에 대한 연구는 생물 다양성, 바이오 보안 및 천연 고무의 수요 증가 등 몇 가지 이유에 의해 다시 시작되었다. 최근의 추세는 본 보고서에서 지속가능성 관점으로 논의된다. 첫 번째 부분에서는 지속 가능한 개발을 위한 식물 다양성에 대하여 검토되었으며, 고무 생산 가능 식물의 일반적인 특징이 그 역사적 배경과 함께 기재되어 있다.

타이어 마모 연구

타이어 마모 연구는 세 가지 범주로 분류된다. 분석 학습, 실내외의 평가, 컴퓨터를 이용한 기기적용이다. 타이어 마모는 소재 질약과 관련되어 있고, 회전저항 같은 다른 환경에서는 상극이다. 이런 이유로 타이어 마모 연구는 중요해진다. 이 글에서 Schallamach와 Turner의 분석적인 마모 연구, 안과 밖의 타이어 마모 평가방법, 그리고 컴퓨터를 이용한 적용을 검토하고 있다.

타이어의 마찰과 회전저항

타이어의 회전저항은 타이어 정지마찰과 마찬가지로 타이어 개발에 있어서 가장 중요한 성질이다. 회전저항은 주로 타이어가 변형되는 동안 타이어 성분의 에너지 손실에 의해서 발생한다. 왜냐하면 타이어는 바닥 닿는 부분에서 위에서 평평한 모양으로 변한다. 이것으로 인하여 회전저항이 감소하는 것으로 알려져 있고, 약 고무의 $\tan \delta$ 가 10 Hz 정도 감소된다. 일반적으로 실리카로 채워진 고무는 카본블랙으로 채워진 고무와 비교했을 때 약 10 Hz의 낮은 $\tan \delta$ 를 보여준다. 반면에 고무 마찰력은 메인 용어 두 가지가 있다. 히스테리시스 용어와 다른 하나는 접착이다. 실리카로 채워진 고무는 카본블랙과 비교했을 때 높은 마찰의 접착 성분 때문에 높은 마찰력을 보여준다고 기록되어 있다. 그러므로 실리카로 채워진 고무는 회전저항 뿐만 아니라 타이어 정지마찰도 향상될 수 있다. X-ray 와 중성자 산란기 평가 결과는 고무 안에 실리카 입자의 분산된 구조가 카본블랙 입자와 다르다는 것을 보여준다. 실리카 고무의 회전저항과 정지마찰의 좋은 성질은 고무의 분산된 실리카 구조와 연관되어 있다는 것으로 간주되어진다.

중합재료의 마찰과 접촉계면의 합성

최근에, 중합재료의 매끄러운 표면을 사용한 마찰 연구는 연구원의 관심을 이끌어낸다. 투명한 중합재료를 사용하는 것은 재료의 신축성으로 인해 변형의 크기가 증가하고 접촉 계면에서 일어나고 있는 변화 시간이 감소되어 접촉 계면에서 발생하는 일이 어떤 것인지 잘 관찰할 수 있어 접촉 계면을 직접적으로 관찰하는 것이 가능해진다. 이 글에서 접촉계면의 합성

에 대한 연구 트렌드가 마모패턴을 포함해서 Schallmach wave와 고정된 상에서 이동하는 상의 일시적인 현상이 소개되어진다.

탄소중합체의 마찰접착 메카니즘

탄소중합체 표면에서 동적 상태의 마찰 행동이 다르다는 것을 잘 알고 있다. 이러한 마찰 특징은 점탄성 비대칭변형과 접착의 계면 손실에 의존한다. 매우 낮은 점성에서 접착은 마찰 거동 중 주요한 역할을 하기 때문에 탄소중합체의 마찰 접착에 연구가 집중이 되고 논의되어진다. 마찰접착 발생 힘의 손실 과정은 파괴의 거시적인 손실과 접합부의 치유이다. 다른 하나는 부착의 미시적인 손실과 탄소변형체의 분자 결합 변형이다. 이러한 두 가지 과정은 결합이 매우 낮은 속도 상태에서 마찰 특성을 잘 설명해줄 수 있다.

바이오 마찰

최근, 생물학적인 시스템에 의해 영감을 얻은 과학과 공학이 주목받고 있다. 이 논문에서 우리는 바이오 마찰 (도마뱀에서 영감을 얻은 전환 가능 접촉 패드)에 대해 논의한다. 마찰 접촉이란 주제를 통해 우리는 부드러운 물질의 역할과 디자인의 중요성에 대해 논의하였다.

HOCl에 의한 EPDM 분해에 대한 연구, Part 3: 카본블랙 충전된 EPDM의 인장 강도에 대한 표면변형의 영향

pH 4.5의 NaOCl용액에 카본블랙 충전된 EPDM의 인장강도 변화를 검토하였다. pH 4.5에서 Cl은 주로 EPDM안에 혼합되어 HOCl로 존재하여 점부식, 수포, 균열과 고무 입자의 침전물의 발생을 야기한다. H-NMR에 의한 횡방향의 이완 분석을 통해 고정된 고무 상이 높은 온도의 NaOCl용액에서 형태가 현저히 변화될 수 있다는 것을 확인하였다. 이것은 EPDM의 경화와 깨지기 쉬운 표면층을 형성한다. 그러나, 인장강도 감소는 취성층의 발견과는 상관없이 발생했다. Cl과 O 원자의 확산들은 전자현미분석에 의해 조사되어진다. 어느점에 가까운 낮은 온도에서는 오직 Cl원자들만 EPDM에서 확산되지만 인장강도 감소는 발견되지 않았다. EPDM의 인장강도는 O가 EPDM안에 확

산 깊어 증가에 따라 감소한다. 이러한 결과는 EPDM 시편이 신장하는 동안 EPDM시편 노치에 생긴 산화층에서 발생한 균열로 표현된다. 취성층에 형성된 균열은 EPDM안에서는 발생할 수 없다는 것을 알 수 있다.

MMA의 정밀한 음이온 중합: 분자량, 입체규칙성과 말단구조의 동시조절

MMA의 입체특이성 음이온 중합에 필요한 분자량과 분산성, 입체규칙성과 말단기 등의 고분자구조의 정밀한 조절 기술에 초점을 맞추어 기술했다. 특히, 최근에 개발된 효과적인 ω 말단기에서 α, β 불포화 에스테르 입체규칙성 고분자 공정에 영향을 주는 α -acrylate 종결반응이 논의되었다. 티올엔 클릭반응은 말단기에 기능화를 부여한다. 이 종결반응은 몇몇 첨가제가 존재하에서 단분자 반응성과 입체특이성 반응성 평가에 유용하다.

파악된 실제구조 파괴와 고무의 특징 Part 4: 마찰을 특징하는 점도와 가교 결합된 고무의 마모

가교결합된 고무의 표면은 일반적으로 끈적한 촉감을 준다. 그것의 마찰계수는 꽤 높고, 점도와 온도에 매우 민감하다. 또한 미끄럼 마찰 동안 스틱-슬립 모션과 Schallmach wave가 발생한다. 유사한 거동은 젤과 가교결합이 되지 않은 메니스커스가 재료의 표면에서 미끄럼 마찰이 발생하는 것이다. 가교 결합된 고무 표면 성분은 마찰과 마모를 다스리는 인자이다.

천연고무의 산출 가능성(Part II)

Hevea brasiliensis 외에 많은 식물에서 고무가 생산될 수 있다는 사실이 알려져 있다. 단, Hevea brasiliensis는 적극적으로 고무를 생산하기 위해 재배되어 왔다. 최근에 비Hevea고무를 산출하는 식물들이 최근 점점 더 많이 중요해지면서 연구의 초점이 맞추어지고 있다. 이 논문에서는 구아눌과 민들레에서 추출물을 포함하여 새로운 생물공학 연구에서 계능 기술에 함께 명확히 기록되어 있다. 과학적이고 산업적인 경향 분석에 기초하여 몇몇의 중성 고무 생산 가능성이 지속 가능한 방향으로 제안되어졌다.

내부혼합기의 열 전환 특징

내부 혼합기는 폭넓게 고무 혼합 장치로 1세기 넘게 사용되어 왔다. 내부 혼합기 안에서 고무를 합성하는 최적 기술이 혼합 특성과 생산성 향상을 위해 요구되어진다. 그 때 혼합공정은 높은 에너지가 요구되어지고, 동시에 그러한 혼합은 전단에 의해 발생하는 열 때문에 고무온도가 증가되는 현상이 발생한다. 그러므로 내부혼합기의 열 전환 특징은 재료 특성 저하 방지를 위해 중요하다. 이 논문은 내부 혼합기와 합성 고무 사이의 열 전환 특징에 대한 다양한 연구를 기술한다. 관련있는 회전 시스템과 관계가 없는 회전 시스템에 대한 비교도 역시 기록되어져있다. 적합한 시스템의 장점은 높은 혼합과 열 전환 성질에 관한 것이다.

내부 혼합기의 로터냉각

국제 환경 이슈를 고려하는 것이 점점 중요해진다. 자동차의 화석연료 소비를 줄이기 위해 낮은 회전 저항 타이어의 개발이 신속해졌다. 그들은 주로 실리콘으로 채워진 고무로 만들어 졌다. 이로 인해 혼합기 안에서 고무 온도 조절은 더 중요해 졌다. 왜냐하면 실리콘을 혼합하는 것은 실란 커플링 반응을 포함해서 더 나은 혼합 질을 위해 과도한 온도이하의 조절이 필요하기 때문이다. 혼합 온도는 챔버와 로터의 물냉각에 의해 조절되어진다. 혼합기 냉각에 대해 몇 가지 접근이 있었다. 하지만, 로터 냉각의 연구들은 여전히 거의 없다. 로터의 열 거동 분석, 안정한 상태와 불안정한 상태 아래 혼합기 안의 로터 냉각조사가 실행되어졌다. 불안정한 분석의 결과 주로 실험결과와 일치하고, 작동상태 중에 회전자로부터 열 발산은 꾸준한 분석에 의해 예상되어 졌다. 미래에 이 분석은 다른 종류의 로터 혹은 혼합기의 규모를 크게 하는 것의 디자인을 적용할 수 있었고, 혼합기의 흐름 분석 혹은 로터의 구조와 연결되어 진다.

고무혼합기 안의 혼합온도측정

고무 혼합과정 동안 설치된 열센서는 가장 중요한 감시요소 중의 하나를 제공한다. 그러나, 센서의 성능은 감시요구를 만족할 만큼 충분하지 않는다는 것을

확인하였다. 이 논문은 센서 반응 시간의 관점과 센서와 고무 화합물 사이에서 마찰 열 발생을 명백한 이유로 제시한다. 높은 반응 열 센서는 혼합기 안의 고무 화합물 거동을 시각화하는 것에 유용하고, 더 최상으로 혼합공정을 실시할 수 있는 잠재적인 도구가 될 것이다.

온도관점에 따른 투 롤 밀 고무 거동

가황되지 않은 화합물과 가황제의 혼합은 일반적으로 투 롤 밀로 수행되어진다. 고무와 재료의 혼합이 오직 투 롤 밀 공정에서 하는 예도 있다. 따라서 롤 밀의 온도 정리가 매우 중요하다. 롤의 온도가 다양할 때 가동시 4 구역으로 관찰되어지는 것이 발견되어졌다. 1구역에서 매우 탄성이 있는 고무는 거의 상온에서 거의 유동하지 않는 특성을 보인다. 2구역에서는 좋은 탄성이 있는 고무 밴드가 얻어진다. 3구역에서 천연고무가 부서지고, 압축과 부서짐이 발생한다. 4구역에서 녹은 액체는 투 롤 밀 중 높은 온도의 롤에 붙어진다. 이 논문에서 다양한 온도에서 투 롤 밀들에 대한 연구가 진행되어 졌다.

압출기의 스크류 안의 고무 거동과 열 조절, 사출기와 이러한 공정에서 발생하는 문제점들

열 조절 기술은 고무 압출과 높은 질의 고무 생산품을 생산하는 사출 생산 공정에서 가장 중요하다. 이 논문에서는 열 조절과 스크류에서 일어나는 고무 흐름 거동 사이의 관계를 기술하고 이러한 실질적인 생산 공정에서 발생하는 문제점들을 소개한다.

몰드를 사용하는 가황 몰딩에서 가열 효과

문제는 몰드를 통해 전달되는 열의 전달 효율과 고무 컴파운드 가열의 속도증가 및 고온가황이다. 열전달 효율은 표적 가열, 열 분배, 절연과 고속 열전달이 중요하다. 고무 컴파운드 가열을 위해 보다 효과적으로 사출 노즐로 열을 전달하는 방법이 제안되었다. 높은 온도 가황에 대해 고무 컴파운드의 흐름에서 문제가 발생하지 않는 수준에서의 몰드 가열 방법 적용이 요구되어진다.

일본고무협회의 허락을 득하여 일본고무협회지에 수록된 논문의 초록을 번역하여 수록하였습니다.