

Bu Kitap  
**TMMOB Kimya Mühendisleri Odası**  
tarafından yayınlanmıştır.

KASIM 2006  
İZMİR – TÜRKİYE

Hazırlık  
**Mustafa GÜL**  
E. Selahattin UMDU

**TMMOB**  
**Kimya Mühendisleri Odası**  
**Ege Bölge Şubesi**

*NOT: I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler kitabındaki bildirilerin her türlü sorumluluğu yazarlara aittir. Bu kitapta ki bildiriler Kimya Mühendisleri Odasından izin alınmaksızın çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.*



TMMOB KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI tarafından düzenlenen “I. Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi”ne katkı veren kamu kuruluşu olan TÜBİTAK, İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ve MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI İZMİR ŞUBESİ’ne

Ayrıca destek veren:

Başta HERKİM POLİMER KİMYA SANAYİ VE TİC. A.Ş. olmak üzere

CAM ELYAF SANAYİ A.Ş.

DYO BOYA FABRİKALARI SAN. VE TİC. A.Ş.

POLKAR POLYESTER ÜRÜNLERİ SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

AKG YALITIM VE İNŞAAT MALZEMELERİ SAN. VE TİC. A.Ş.

ALPİN KİMYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

ENERCON AERO RÜZGAR ENDÜSTRİSİ A.Ş.

ECE BOYA-KİMYA SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.

NUMARİNE DENİZCİLİK SAN. TİC. A.Ş.

SAZCILAR OTOMOTİV SANAYİ VE TİC. A.Ş.

SAMİ TONGÜN A.Ş.’e

Teşekkürlerimizi sunarız.

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ  
*17-19 Kasım 2006 - İZMİR*

---



# I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

## İÇİNDEKİLER

| YAZAR                                                   | KONU                                                                                                                                    | SAYFA |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| SUNUŞ                                                   |                                                                                                                                         | XI    |
| KURULLAR                                                |                                                                                                                                         | XIII  |
| ÇAĞRILI KONUŞMACILAR                                    |                                                                                                                                         | XVI   |
| BİLDİRİLER                                              |                                                                                                                                         | 1     |
| SEKTÖRE GENEL BAKIŞ                                     |                                                                                                                                         | 3     |
| Dr. Aref JAVAHERIAN                                     | CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK KOMPOZİTLER                                                                                                 | 5     |
| Dr. Metin BAŞBUDAK                                      | SMC – BMC Yİ OLUŞTURAN HAMMADDELER                                                                                                      | 17    |
| Prof. Dr. Ülkü YILMAZER,<br>Baran İNCEOGLU              | DOYMAMIŞ POLYESTER NANOKOMPOZİTLERİ                                                                                                     | 27    |
| Prof. Dr. Teoman TİNÇER                                 | KOMPOZİT MALZEME TANIMLAR, TESTLER VE KULLANIM                                                                                          | 39    |
| Prof. Dr. Sıddık İÇLİ                                   | POLİMERİK KOMPOZİTLER: GELECEĞİN TEKNOLOJİLERİ?                                                                                         | 43    |
| Prof. Dr. Ertugrul ERDİN,<br>Prof. Dr. Bernd BİLİTEWSKI | CAM ELYAF DESTEKLİ KOMPOZİT POLİMERLERİN GERİ KAZANILMASI                                                                               | 47    |
| Martin KUNZ                                             | ORGANIC PEROXIDES IN THERMOSET APPLICATIONS: A GENERAL OVERVIEW, INNOVATIVE DEVELOPMENTS CIPP (CURED IN PLACE PIPES) , LOW EMISSION SMC | 59    |
| Ramazan USTA,<br>Tijen ŞİPKA                            | POLİMERİK KOMPOZİT SEKTÖRÜNDE ÇEVRE VE İŞ SAĞLIĞI GÜVENLİĞİ                                                                             | 69    |
| Gülşen ÇELİKER,<br>Dilek YÜCEL,<br>Kadri UZUN           | NANOCOMPOSITES AND APPLICATIONS                                                                                                         | 81    |
| Banu DOĞANTEKİN                                         | REÇİNE GEÇİŞLİ KALIPLAMA YÖNTEMİ İLE YAPISAL KOMPOZİT UÇAK PARÇASI TASARIMI VE ÜRETİMİ                                                  | 91    |
| Fersen KINAYYİĞİT                                       | CAMELYAF TAKVİYELİ PLASTİK KOMPOZİTLER TANIMI/SORUNLARI VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ                                                              | 99    |

# I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

| YAZAR                                                                                                           | KONU                                                                                                                                                                                                                 | SAYFA |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ</b>                                                                                |                                                                                                                                                                                                                      | 107   |
| Gerard REESTMAN                                                                                                 | PROCESSING ADDITIVES FOR MOULDING COMPOUNDS                                                                                                                                                                          | 109   |
| Prof. Dr. Nurseli UYANIK                                                                                        | EPOKSİ NANOKOMPOZİTLER                                                                                                                                                                                               | 121   |
| Dr. Eric RİCHTER                                                                                                | ADDITIVES FOR WOOD PLASTIC COMPOSITES                                                                                                                                                                                | 133   |
| Prof. Dr. Erhan PIŞKIN                                                                                          | NANOYAPILAR: NANO BOYUT – MEGA ETKİ                                                                                                                                                                                  | 141   |
| Harry ter BEEK                                                                                                  | A TOTALLY NEW, EFFICIENT AND EFFECTIVE POLYESTER CURE SYSTEM FOR MARINE- AND SANITARY- APPLICATION                                                                                                                   | 143   |
| Banu DEMİRBOĞA ASLAN                                                                                            | DOYMAMIŞ POLYESTER REÇİNESİNİN ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEYEN MALZEMELER                                                                                                                                                   | 149   |
| <b>ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                      | 159   |
| Süleyman KÖYTEPE,<br>Prof. Dr. Turgay SEÇKİN,<br>Ayber YILDIRIM                                                 | ASBEST – POLİİMİT HİBRİT MATERYALLERİNİN HAZIRLANMASI VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI                                                                                                                         | 161   |
| Erkan BİBER,<br>Güngör GÜNDÜZ,<br>Üner ÇOLAK,<br>Bora MAVİŞ                                                     | POLY (ETİLEN – BÜTİL AKRİLİK ESTER – MALEİK ANHİDİRİT) TERPOLİMER VE POLY (KAPROLAKTAM) KARIŞIMININ POLY(KAPROLAKTAM) NANOKOMPOZİTİNDE DARBE DAYANIM İYİLEŞTİRİCİ NANO ELYAF OLARAK ELEKTRO EGİRME İLE ELDE EDİLMESİ | 171   |
| Dr. İlhan KOŞAN                                                                                                 | KARBON ELYAFI                                                                                                                                                                                                        | 175   |
| Yrd. Doç. Dr. Saadet BEYAZ ,<br>Yrd. Doç. Dr. Nalan TEKİN                                                       | NANOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR İÇİN ÇOK FONKSİYONLU SWNT/POLİMER NANOKOMPOZİTLERİ                                                                                                                                        | 185   |
| Sema VURAL,<br>Doç. Dr. Turgay SEÇKİN                                                                           | POLİMER HİBRİT CaCO <sub>3</sub> NANO MALZEMELERİN HAZIRLANMASI VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ                                                                                                                | 189   |
| M. Atill TAŞDELEN,<br>Alper NEŞE,<br>Nihan NUGAY,<br>Osman EKSİK,<br>A. Tuncer ERCİYES,<br>Prof. Dr.Yusuf YAĞCI | POLİMER/KİL VE METAL NANOKOMPOZİTLERİNİN HAZIRLANMASINDA YENİ YONTEMLER                                                                                                                                              | 199   |
| Nihan ÇETİNBAS                                                                                                  | YÜKSEK PERFORMANSLI KOMPOZİTLER                                                                                                                                                                                      | 207   |

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

| YAZAR                                                                                                                                 | KONU                                                                                                                                                                                            | SAYFA |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Miray MERT,<br>Prof. Dr. Ülkü YILMAZER                                                                                                | DARBE DİRENCİ ARTTIRILMIŞ<br>POLİAMİD 66 – ORGANİK KİL NANOKOMPOZİTLERİ                                                                                                                         | 213   |
| Elcin KAYA,<br>Emrah BOZKURT,<br>Doç. Dr. Metin TANOĞLU                                                                               | TABAKALI KİL/EPOKSİ NANOKOMPOZİTLER                                                                                                                                                             | 223   |
| Prof. Dr. Ayşe Z. AROGUZ,<br>Selcan KARAKUS,<br>Yasemin KİSMİR                                                                        | ERİYİK ARAYA KATILMA YÖNTEMİ İLE PVC / BENTONİT<br>NANOKOMPOZİTİN HAZIRLANMASI ISISAL VE YAPISAL<br>ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ                                                                  | 235   |
| <b>KALİTE KONTROL</b>                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                 | 247   |
| Elif TÜMAY ÖZER,<br>Prof. Dr. Şeref GÜÇER                                                                                             | PLASTİKLERDE METAL ANALİZLERİ                                                                                                                                                                   | 249   |
| Dr. S. A. R. HASHMİ                                                                                                                   | DYNAMIC VISCOELASTIC PROPERTIES OF FIBRE<br>REINFORCED THERMOPLASTIC COMPOSITES                                                                                                                 | 265   |
| Dr. S. A. R. HASHMİ,<br>Navin CHAND,<br>U. K. DWIVEDI                                                                                 | SLIDING WEAR AND FRICTION OF GRAPHITE AND<br>UHMWPE MODIFIED COTTON – POLYESTER<br>COMPOSITES                                                                                                   | 273   |
| Prof. Dr. Sevgi ULUTAN,<br>A. Şebnem KOCAGÜL                                                                                          | PVC/DOP – MG(OH)2 KOMPOZİTLERİNİN<br>ISIL DAVRANIŞI                                                                                                                                             | 281   |
| İbrahim KÖSE                                                                                                                          | GIDA DEPOLAMA TANKLARINDA POLYESTERİN<br>KULLANILMASI VE POLİETİLEN, ÇELİK VE AHŞAP İLE<br>KARŞILAŞTIRILMASI                                                                                    | 289   |
| Dr. Gökdeniz NEŞER,<br>Erkin ALTUN SARAY                                                                                              | KIVRIMSIZ CAM ELYAFI / POLYESTER KOMPOZİT<br>SİSTEMLE ÜRETİLMİŞ, YAPIŞTIRMALI VE CIVATALI<br>BAĞLANTILARIN DENİZEL ORTAMDAKİ YORULMA<br>PERFORMANSLARININ DENEYSEL VERİLERLE<br>KARŞILAŞTIRMASI | 297   |
| Erkan GÜNİNDİ                                                                                                                         | CAM ELYAF TAKVİYELİ POLİESTER (CTP) MATRİSLİ<br>KOMPOZİT MALZEMELERİN MEKANİK VE KİMYASAL<br>DAYANIMLARININ İNCELENMESİ                                                                         | 299   |
| F. Erinc SEZGİN,<br>Doç. Dr. Metin TANOĞLU,<br>Oğuz Özgür EĞİLMEZ,<br>Engin AKTAŞ                                                     | KOMPOZİT SANDVIÇ YAPILARIN MEKANİK<br>DAVRANIŞLARI                                                                                                                                              | 307   |
| Beyhan CANSEVER,<br>A. Tuğrul SEYHAN,<br>Yılmaz OCAK,<br>Doç. Dr. Metin TANOĞLU,<br>Prof. Dr. Devrim BALKÖSE,<br>Prof. Dr. Semra ÜLKÜ | DOĞAL ZEOLİT EPOKSİ KOMPOZİTLERİN KÜRLENME<br>KİNETİĞİ                                                                                                                                          | 319   |

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

| YAZAR                                                                                                                                                                                                                                                | KONU                                                                                                                                                                                         | SAYFA |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Işıl IŞIK,<br>Prof. Dr. Ülkü YILMAZER,<br>Doç. Dr. Gökür BAYRAM                                                                                                                                                                                      | POLİAMİD 6 BAZLI ÜÇLÜ NANOKOMPOZİTLERİN<br>MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN VE MORFOLOJİLERİNİN<br>BELİRLENMESİ                                                                                        | 331   |
| Ayşe AYTAÇ,<br>Berrin YILMAZ,<br>Prof. Dr. Veli DENİZ                                                                                                                                                                                                | LASTİK TAKVİYE MALZEMELERİ ve LASTİK KARIŞIMI<br>ARASINDAKİ YAPIŞMA MEKANİZMALARI                                                                                                            | 343   |
| Kenan YILDIRIM,<br>Nurcan AYDIN,<br>Melek KÖSTEM,<br>Prof. Dr. Şeref GÜÇER                                                                                                                                                                           | KOMPOZİT MALZEMELERDE KALİTE KONTROL:<br>MEKANİK PERFORMANS TESTLERİ                                                                                                                         | 353   |
| <b>ÖLÇME DEĞERLENDİRME</b>                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                              | 371   |
| Hatice TUĞSAVUL,<br>Canan YILMAZ,<br>Beyhan CURA,<br>Sabri YILDIRIM,<br>Bahri DIRİK,<br>Coşkun ÇAKIR,<br>Ufuk CURA,<br>Türker YILMAZ,<br>H. Cihangir TUĞSAVUL,<br>Kemal UÇAR,<br>Salih CENGİZ,<br>Tanıl BAŞKAN,<br>M. Murat ÖZMEN,<br>Ömer BÜYÜKBOĞA | PLASTİK MADDELERLER TEKNOLOJİSİ KULLANIMI<br>SONUCU MEYDANA GELEN İŞ KAZALARI VE MESLEK<br>HASTALIKLARININ EKONOMİK VE HUKUKİ<br>SONUÇLARININ İŞ GÜVENLİĞİ EĞİTİMİ İÇİN<br>DEĞERLENDİRİLMESİ | 373   |
| Onur BALKAN,<br>Prof. Dr. Ülkü YILMAZER,<br>Dr. Ayhan EZDEŞİR,<br>Halil DEMİRER,<br>Hüseyin YILDIRIM                                                                                                                                                 | PP/CAM KÜRE KOMPOZİTLERİN SEBS VE SEBS-g-MA<br>İLE MODİFİKASYONLARININ MEKANİK ÖZELLİKLER<br>ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ                                                                             | 393   |
| Prof. Dr. Sevgi ULUTAN,<br>Prof. Dr. Saadet YAPAR,<br>A. Şebnem KOCAGÜL,<br>A. Pınar Tüzüm DEMİR                                                                                                                                                     | PVC/DOP - NANOKİL KOMPOZİTLERİNİN ISIL<br>DAVRANIŞI                                                                                                                                          | 405   |
| Güralp ÖZKOÇ,<br>Gökür BAYRAM,<br>Prof. Dr. ERDAL BAYRAMLI                                                                                                                                                                                           | KISA CAM ELYAF TAKVİYELİ ABS/PA6 KARIŞIMLARININ<br>MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE MORFOLOJİLERİ                                                                                                      | 417   |
| Kıvanç IŞIK,<br>Doç. Dr. Metin TANOĞLU,<br>Doç. Dr. Funda TIHMINLIOĞLU                                                                                                                                                                               | KİL / POLİPROPİLEN (PP) NANOKOMPOZİTLER                                                                                                                                                      | 427   |
| <b>KULLANIM ve ETKİNLEŞTİRME</b>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                              | 441   |
| Alpay ŞAHİN,<br>Doç. Dr. İrfan AR,<br>Doç. Dr. Kemal ERŞAN,<br>Yrd. Doç. Dr. Muzaffer BALBAŞI                                                                                                                                                        | YAKIT HÜCRELERİNDE KOMPOZİT MEMBRAN SENTEZİ<br>VE KARAKTERİZASYONU                                                                                                                           | 443   |

**I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ**

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

| YAZAR                                                                                | KONU                                                                                                                                                     | SAYFA |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Dr. Evren Çağlım BAYRAMOĞLU,<br>Doç. Dr. Tamer SINMAZÇELİK,<br>Doç. Dr. Volkan GÜNAY | YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN<br>KOMPOZİTLER                                                                                                   | 453   |
| Doç. Dr. Nejat ARAL                                                                  | İNŞAAT SEKTÖRÜNE YÖNELİK POLİMERİK KOMPOZİT<br>MALZEMELERİN TANITIMINDA MİMARİ TASARIM<br>SÜRECİNDE KULLANILABİLECEK BİR<br>TANITIM – ENFORMASYON MODELİ | 463   |
| Tunç Serif ÜSTÜNEL                                                                   | ÇOK EKSENLİ ÇOK KATLI (MULTIAXIAL MULTILAYERED)<br>KOMPOZİT LİF TAKVİYELERİNİN POLİMERİK<br>KOMPOZİTLERDE KULLANIMI VE AVANTAJLARI                       | 469   |
| Yrd. Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU                                                       | ODUN/TERMOPLASTİK KOMPOZİTLER                                                                                                                            | 471   |
| Süreyya İNCİ                                                                         | CAM ELYAF TAKVİYELİ MÜHENDİSLİK PLASTİKLERİ                                                                                                              | 481   |
| Prof. Dr. Rengin ELTEM                                                               | BİYOPOLİMERİK KOMPOZİTLER                                                                                                                                | 491   |
| Ali AKBABA,<br>Duygu OVA,<br>Gülnaz KAZAR,<br>Prof. Dr. Sevgi ULUTAN                 | NANOTEKNOLOJİNİN GIDA AMBALAJINDA<br>UYGULANMASI                                                                                                         | 505   |
| GÜNSELİ ÖZDEMİR,<br>Saniye KOCATÜRK                                                  | POLİMER/TABAKALI SİLİKAT NANOKOMPOZİTLERİNİN<br>HAZIRLANMASI, ÖZELLİKLERİ VE BU MATERYALLERİN<br>KULLANIMI                                               | 513   |
| Fusun GÜNER                                                                          | TERMOPLASTİK KOMPOZİTLER, ÜRETİM YÖNTEMLERİ<br>VE TİCARİ UYGULAMALARI                                                                                    | 523   |
| Berk KUTER                                                                           | KOMPOZİTLERİN TAŞ SEKTÖRÜNDE KULLANIMI                                                                                                                   | 533   |
| <b>ÇEVRESEL ETKİ ve MEVZUAT</b>                                                      |                                                                                                                                                          | 539   |
| Ahmet TOKMAKÇIOĞLU                                                                   | KOMPOZİT UÇAK PARÇALARININ İMALATINDA KALİTE<br>GÜVENÇE UYGULAMALARI                                                                                     | 541   |
| Prof. Dr. Veli DENİZ                                                                 | LASTİK SANAYİSİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ:<br>RİSKLER VE MEVCUT DURUM                                                                                   | 547   |
| Bağdagül KARAAĞAÇ,<br>Prof. Dr. Veli DENİZ                                           | KULLANILMIŞ LASTİKLER VE LASTİK SANAYİ<br>ATIKLARININ GİDERİMİ                                                                                           | 561   |
| Ramazan USTA, Tijen ŞİPKA                                                            | POLİMERİK KOMPOZİT SEKTÖRÜNDE STANDARTLAR                                                                                                                | 571   |

**I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ**

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

| YAZAR                                                                                        | KONU                                                                                                                                                                | SAYFA |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tamer SINMAZÇELİK,<br>Volkan GÜNAY,<br>Dr. Evren Çağlım BAYRAMOĞLU                           | ÇEVRESEL KOŞULLARIN KOMPOZİTLERE<br>ETKİLERİNİN İNCELENMESİ                                                                                                         | 581   |
| Prof. Dr. Ertugrul ERDİN,<br>Prof. Dr. Bernd BİLİTEWSKI                                      | OTOMOBİL SEKTÖRÜNDE KULLANILAN KOMPOZİT<br>POLİMERLER VE GERİ KAZANILMASINA ÖRNEKLER                                                                                | 589   |
| <b>ÇALIŞTAY</b>                                                                              |                                                                                                                                                                     | 601   |
| Ali İhsan OTABATMAZ                                                                          | KOMPOZİT MALZEMELER - ÜRETİM YÖNTEMLERİ -<br>ÜRÜNLER - UYGULAMALARDA YAŞANAN SORUNLAR<br>VE ÇÖZÜMLER                                                                | 603   |
| <b>POSTER SUNUMLAR</b>                                                                       |                                                                                                                                                                     | 619   |
| Alpay ŞAHİN,<br>İrfan AR,<br>Kemal ERŞAN,<br>Muzaffer BALBAŞI                                | AMBERLİSİT DESTEKLİ, SÜLFONLANMIŞ POLİSTİREN<br>KOMPOZİT MEMBRAN SENTEZİ VE<br>KARAKTERİZASYONU                                                                     | 621   |
| Gülner BAŞER,<br>Dr. Ayhan EZDEŞİR,<br>Prof. Dr. Candan ERBİL,<br>Prof. Dr. Nurseli UYANIK   | İTAKONİK ASİT VE İTAKONAT MONOESTERLERİYLE<br>AŞILANMIŞ ALÇAK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN VE<br>İZOTAKTİK POLİPROPİLENİN TERMAL VE REOLOJİK<br>ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ | 631   |
| Ahmet MERİÇ,<br>Dr. Meral KAYA,<br>Prof. Dr. Nurseli UYANIK                                  | POLİETİLENİN EKSTRUZYONUNDA PERİYODİK BİÇİM<br>BOZUKLUKLARININ YENİ PROSES İYİLEŞTİRİCİLER İLE<br>GİDERİLMESİ                                                       | 635   |
| Dildare BAŞALP,<br>Doç. Dr. Funda TIHMINLIOĞLU                                               | ZEİN FİLMLEİNİN SU SORPSİYON VE MEKANİK<br>ÖZELLİKLERİNDE PLASTİKLEŞTİRİCİ VE SELÜLOZ<br>ETKİSİNİN İNCELENMESİ                                                      | 641   |
| İsa Doğan ATİK,<br>Dildare BAŞALP,<br>Doç. Dr. Funda TIHMINLIOĞLU                            | POLİPROPİLEN FİLMLEİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE<br>MONTMORİLLONİT VE ZEİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ                                                                         | 643   |
| Engin AÇIKANLIN,<br>Oya ATICI                                                                | POLİ(METİL METAKRİLAT) NANOKOMPOZİTLERİNİN<br>SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU                                                                                           | 655   |
| Sultan GÜLCE,<br>Tuğba ENDOĞAN,<br>Nesrin HASIRCI,<br>Prof. Dr. S. İsmet DELİLOĞLU<br>GÜRHAN | METİLMETAKRİLAT POLİMERLERİNİN İN VİTRO<br>SİTOTOKSİSİTE VE GENOTOKSİSİTESİ                                                                                         | 671   |
| Cenk SEVİM                                                                                   | RÜZGAR TÜRBİN KANATLARININ ÜRETİMİ                                                                                                                                  | 673   |
| Erdem YÜCEL                                                                                  | ÜLKEMİZDE KOMPOZİT ÜRÜNLERİN KULLANIMININ<br>ETKİNLEŞTİRİLMESİ İLE İLGİLİ GÖRÜŞLER                                                                                  | 689   |
| <b>SERGİ KATILIMCILARI</b>                                                                   |                                                                                                                                                                     | 691   |
| <b>YAZARA GÖRE İNDEKS</b>                                                                    |                                                                                                                                                                     | 701   |

## SUNUŞ

Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ni oluşturan odaların amaçları bilimsel ilkeler ışığında, kendi alanlarına giren konularda ülkesi ve toplumunun yararına doğru gelişmeyi sağlamaya katkıda bulunmaktır. Kimya Mühendisleri Odasında bu amaçla ülkemiz sanayinin gelişmesinde toplum çıkarları ve çevre koşullarını bir bütünlük içinde, sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir yaşam temelinde ele alınmasını sağlamak için bilimci, sanayici üretici ve kullanıcıları yetkilileri bir araya getiren etkinlikleri yapmaktadır. Sempozyum, kongre, sergi, çalıştay biçimde bilimsel ve teknolojik toplantılar düzenlemektedir. Bu kapsamda ülkemizde ilk kez gerçekleştirilecek olan I.Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Sergisi'ni hazırlamıştır.

Bilindiği gibi, çağın ve geleceğin malzemesi olarak nitelendirilen kompozit malzemeler iki ya da daha çok maddenin uygun karışımı ile oluşur ve bileşenlerinininkinden çok daha iyi özelliklere sahiptir ve geniş uygulama alanı bulmuştur. Plastik ya da polimerik malzemeler tek başına son derece hızla gelişen yenileşen bir alandır. İşte bu yenileşme sürecinde takviye elemanlarının katılması ile oluşan polimerik kompozit malzemeler, son yıllarda hem bilimsel hem de uygulama alanında çok araştırmalara konu olmuştur. Polimerin ve takviye malzemesinin niteliği türü karışım koşulları, fonksiyonel nitelikteki diğer katkı maddelerinin etkileri çok geniş boyutta çalışmayı ve uygulamayı gerektirmiş başarı ile sonuçlar alınmış, alınmaktadır. Bu nedenle özellikle bu alan bilimci üretici sanayicinin birlikte, birbirlerine ivme kazandırarak çalışma yapması gereken bir alandır. İnsan sağlığı çevre sağlığı ve ülke çıkarları temel alınarak üretilen bu malzeme değişik sektörlerde (inşaat, sağlık, gıda sektörlerinde otomotiv, deniz, vagon, hava ve uzay sanayilerinde, kent mobilyaları alanında) geniş uygulama alanı bulmuştur. Daha yeni hedeflere açılma bu tür etkinliklerde bir araya gelinilerek tartışılıp paylaşılarak gerçekleşecektir.

Ülkemizde ilk kez gerçekleştirilecek olan bu etkinlik ilgili ve bilinçli sanayicilerimizin de belirttiği gibi gereken bir etkinlik diye vurgulanmıştır. Bu öneriyi KMO Ege Bölge Şubesi'ne ilk dile getiren gereğini vurgulayan üyemiz Sayın Hasan ÖMER (HERKİM A.Ş.) olmuştur. Gerçekleşmesinde de emeğini ve parasal katkısını esirgememiştir. Aynı biçimde bu etkinliği hep birlikte gerçekleştirdiğimizi vurgulamak ve güç vermek üzere gerek sponsorlukla, gerek reklâm vererek, gerekse sergi alanında yer alarak bu ilk etkinlikte katkı verenler unutulmayacaktır. Ayrıca özellikle bilimsel, teknolojik yönden gelişmemizi sağlayan çağrılı konuşmacılara, gerek bildiri vererek gerekse kurullarda yer alarak katkı sağlayanların önemi çok büyüktür. Çok teşekkür ederiz. Dinleyici olarak katılan bilimsel ve teknolojik tartışmayı bilgi alışverişini sağlayan katkı verenlere de çok teşekkür ederiz. Bu etkinliğe 31 çağrılı konuşmacılarımızla birlikte toplam 62 sözel bildiri 8 poster bildiri, iki adet Çalıştay ile katılım sağlanmıştır.

## I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

Konuşmalar genel bakış, kompozit temel maddeleri, üretim teknolojileri, kalite-kontrol, kullanımı etkinleştirme, çevresel etki, mevzuat ana başlıkları altında toplanmıştır. Sergi alanında 19 u firmalar olmak üzere toplam 25 düzeyinde kuruluş yer almıştır.

Yeni uygulanmakta olan bu alanın sağlıklı gelişmesi için planlama, eğitim, atık yönetimi, iş sağlığı ve güvenliği önemli aşamaları oluşturmaktadır. Ayrıca her sektörde olduğu gibi bu alanda da kuruluşların birbiriyle ilişkileri, koordinasyonu bu sektörün daha mükemmelleşmesini haksız rekabeti önlemeyi planlı gelişmeyi sağlayacaktır.

Bu sempozyum ve sergisinin gerçekleşmesinde emeği geçen ve katkı veren herkese teşekkür ederiz.

Saygılar.

Prof. Dr. Gürel NİŞLİ

Sempozyum Yürütme Kurulu Başkanı



## KURULLAR

### YÜRÜTME KURULU

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| ■ Gürel NİŞLİ, Prof. Dr.   | Kimya Mühendisleri Odası |
| ■ Ülkü YILMAZER, Prof. Dr. | ODTÜ                     |
| ■ Mustafa GÜL              | Kimya Mühendisleri Odası |
| ■ Sevinç GÜL, Dr.          | Kimya Mühendisleri Odası |
| ■ Ayşen ÖMER               | HERKİM A.Ş.              |

### SEKRETERYA

|                      |                          |
|----------------------|--------------------------|
| ■ Mustafa GÜL        | Kimya Mühendisleri Odası |
| ■ İbrahim KÖSE       | HERKİM A.Ş.              |
| ■ E. Selahattin UMDU | Kimya Mühendisleri Odası |

### DÜZENLEME KURULU

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| ■ Gürel NİŞLİ, Prof. Dr.       | KMO                        |
| ■ Erel ÖZBOZKURT               | KMO                        |
| ■ Ertuğrul BARKA               | KMO                        |
| ■ Hasan KÜÇÜK                  | KMO                        |
| ■ Hasan ÖMER                   | KMO                        |
| ■ Cavit KÂHYA                  | AOSB                       |
| ■ Cengiz KOCAGİL               | EBSO                       |
| ■ Emel YILDIZ, Dr.             | TÜBİTAK – MAM              |
| ■ Erhan PİŞKİN, Prof. Dr.      | TÜBİTAK (ÜSAM – BİOMEDTEK) |
| ■ Faruk PERŞEMBE               | İZTO / KMO                 |
| ■ Feridun ŞENOL                | PETKİM                     |
| ■ Fersen KINAYYİĞİT            | CAM ELYAF                  |
| ■ Funda TIHMINLIOĞLU, Doç. Dr. | İYTE                       |
| ■ Hüseyin ERTON                | KMO                        |
| ■ Kazım AKGÜN                  | KOSGEB                     |
| ■ Kenan YILDIRIM               | TÜBİTAK-BUTAL              |
| ■ Mehmet AYABAKAN              | KMO                        |
| ■ Mehmet EFTELİOĞLU            | E.İ.B.                     |
| ■ Mesut YENİGÜL, Prof. Dr.     | EGE ÜNV.                   |
| ■ Metin TANOĞLU, Doç. Dr.      | İYTE                       |
| ■ Muammer KAYGIN               | PAGEV                      |

# I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

---

|                                  |                           |
|----------------------------------|---------------------------|
| ■ Murat GÜNAYDIN, Doç. Dr.       | İYTE                      |
| ■ Mustafa DEMİRCİOĞLU, Prof. Dr. | EGE ÜNV.                  |
| ■ Mustafa GÜL                    | KMO                       |
| ■ Osman TATAR                    | ÇEVRE VE ORMAN İL MD.     |
| ■ Ömer ALKU, Prof. Dr.           | İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI |
| ■ Ramazan USTA                   | TSE                       |
| ■ Sevgi ULUTAN, Prof. Dr.        | EGE ÜNV.                  |
| ■ Tayfun EYİEL                   | İZTO / KMO                |
| ■ Tümrak KOCAGİL                 | EBSO                      |
| ■ Ülkü YILMAZER, Prof. Dr.       | ODTÜ                      |
| ■ Yıldırım TEOMAN                | CAM ELYAF                 |
| ■ Yıldız SEZGİN                  | İBB ÇEVRE D. BŞK.         |
| ■ Yusuf ULCAY, Prof. Dr.         | ULUDAĞ ÜNV.               |
| ■ Yusuf YAĞCI, Prof. Dr.         | İTÜ                       |

**BİLİMSEL ve TEKNİK DANIŞMA KURULU**

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| ■ Asuman ARKIŞ                   | KMO                      |
| ■ Berk KUTER                     | ÇİMSTONE A.Ş.            |
| ■ Devrim BALKÖSE, Prof. Dr.      | İYTE                     |
| ■ Erdal BAYRAMLI, Prof. Dr.      | ODTÜ                     |
| ■ Erhan PİŞKİN, Prof. Dr.        | TÜBİTAK (ÜSAM-BİOMEDTEK) |
| ■ Ertuğrul ERDİN, Prof. Dr.      | DEU                      |
| ■ Fersen KINAYYİĞİT              | CAM ELYAF                |
| ■ Funda TIHMINLIOĞLU, Doç. Dr.   | İYTE                     |
| ■ Füsun GÜNER                    | PETKİM                   |
| ■ Gülsen ÇELİKER                 | DYO A.Ş.                 |
| ■ Gürel NİŞLİ, Prof. Dr.         | KMO                      |
| ■ Hasan ÖMER                     | HERKİM A.Ş.              |
| ■ Melih PAPİLA, Yrd. Doç. Dr.    | SABANCI ÜNV.             |
| ■ Mesut YENİGÜL, Prof. Dr.       | EGE ÜNV.                 |
| ■ Metin BAŞBUDAK, Dr.            | TONGÜN GRUP              |
| ■ Metin TANOĞLU, Doç. Dr.        | İYTE                     |
| ■ Murat SÜZER, Doç. Dr.          | KOÇ ÜNV.                 |
| ■ Mustafa DEMİRCİOĞLU, Prof. Dr. | EGE ÜNV.                 |
| ■ Müjdat AYDIN                   | KMO                      |
| ■ Neşet KADIRGAN, Prof. Dr.      | MARMARA ÜNV.             |
| ■ Osman KARSLIOĞLU               | MERMERİT A.Ş.            |
| ■ Önder PEKCAN, Prof. Dr.        | IŞIK ÜNV.                |
| ■ Ramazan USTA                   | TSE                      |
| ■ Sevgi ULUTAN, Prof. Dr.        | EGE ÜNV.                 |
| ■ Siddık İÇLİ, Prof. Dr.         | EGE ÜNV.                 |
| ■ Şeref GÜÇER, Prof. Dr.         | TÜBİTAK-BUTAL            |
| ■ Teoman TİNÇER, Prof. Dr.       | ODTÜ                     |
| ■ Ülkü YILMAZER, Prof. Dr.       | ODTÜ                     |
| ■ Veli DENİZ, Prof. Dr.          | KOCAELİ ÜNV.             |
| ■ Yusuf MENCELOĞLU, Doç. Dr.     | SABANCI ÜNV.             |
| ■ Yusuf ULCAY, Prof. Dr.         | ULUDAĞ ÜNV.              |
| ■ Yusuf YAĞCI, Prof. Dr.         | İTÜ                      |

## ÇAĞRILI KONUŞMACILAR

- A. İhsan OTABATMAZ
- Aref JAVAHERIAN, Dr.
- Banu DEMİRBOĞAN
- Berk KUTER
- Elçin OĞUZ
- Erdal AKOVA
- Erdal BAYRAMLI, Prof. Dr.
- Erhan PİŞKİN, Prof. Dr.
- Eric RICHTER, Dr.
- Ertuğrul ERDİN, Prof. Dr.
- Fersen KINAYYİĞİT
- Füsün GÜNER
- Gerard H. L. REESTMAN
- Gülsen ÇELİKER
- Harry ter BEEK
- İlhan KOŞAN, Dr.
- İsmail DARCAN
- İsmet GÜRHAN DELİLOĞLU, Prof. Dr.
- Martin KUNZ
- Metin BAŞBUDAK, Dr.
- Metin TANOĞLU, Yrd. Doç. Dr.
- Nurseli UYANIK, Prof. Dr.
- Ramazan USTA
- Rengin ELTEM, Prof. Dr.
- S. A. R. HASHMI, Dr.
- Sevgi ULUTAN, Prof. Dr.
- Sıddık İÇLİ, Prof. Dr.
- Şeref GÜÇER, Prof. Dr.
- Teoman TİNÇER, Prof. Dr.
- Ülkü YILMAZER, Prof. Dr.
- Yusuf YAĞCI, Prof. Dr.

## BİLDİRİLER

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

---

## SEKTÖRE GENEL BAKIŞ

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

---



## CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK KOMPOZİTLER

Dr. Aref JAVAHERIAN  
Camelyaf San. A.Ş.  
Türkiye

### Özet

Cam elyafı, termoset ve termoplastik bazlı kompozitlerin takviyesinde kullanılan malzemelerin içerisinde (karbon fiber, aramid fiber, boron fiber, seramik fiber vs) en fazla kullanılan takviye elamanı olarak bilinmektedir. Cam elyafı, yüksek çekme mukavemeti ve düşük uzama oranına sahip olması nedeniyle, kompozitlerde eğilme, çekme, darbe dayanımını artırır ve yüksek elastik modül özelliği sağlar. Ayrıca, düşük su çekme (absorpsiyon) özelliği nedeniyle, iyi boyutsal stabilite ve iklim koşullarına karşı yüksek dayanım kazandırmaktadır. Cam elyafı homojen bir şekilde çekme kuvvetine karşın bir akma (yield point) göstermemekte ve çekme kuvvetinin kaldırılması sonucunda orjinal boyutuna geri dönebilmektedir. Bu nedenle, cam elyafına uygulanan kuvvet ve enerjinin geri kazanılması mümkündür.

Elyaf camı kimyasal yapısı ve kullanım alanına göre A-glass (alkali), C-glass (chemical), D-glass (dielectric), E-glass (electrical), E-CR glass (corrosion resistant), R ve S- glass (high strength) vs. olarak sınıflandırılmaktadır. E-glass maliyet avantajı sağlaması ve genelde istenilen özellikleri sağlaması açısından elyaf camları arasında dünyada en yaygın kullanılan cam tipidir.

Cam elyafın üretiminde kullanılan harman hammaddeleri genelolarak; kum, kaolen, kolemanit, soda ve kalkerden oluşmaktadır. Harman karışımı 1600°C sıcaklıkta eritilerek Pt ve Rh alaşımından oluşan ve üzerinde binlerce delicek bulunan buşinglerden elyaf şeklinde çekilmektedir. Elyaf lar genellikle 9-24 mikron arasında çapa sahiptirler ve buşingdeki delicek sayısına göre farklı tex (g/1000m) sayılarında üretilebilmektedir.

Cam elyafı kullanım alanları ve uygulama metodlarına göre farklı özellikler kazandıracak çeşitli kimyasal karışımlarla kaplanmaktadır. Bağlayıcı olarak isimlendirilen bu karışımlar ;

- bağlayıcı ajan (Coupling agent)
- film yapıcı ajan (Film former)
- antistatik ajan
- lubrikant ajan
- antioksidan ajan

## I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

gibi farklı kimyasallar içermektedir. Bağlayıcının ana grubunu oluşturan film yapıcı malzemeler arasında PVAc, poliüretan, epoksi, poliester, polipropilen, polietilen, poliakrilik ve aşılipolimerleri yer almaktadır. Cam ve polimer (matriks) arasında kimyasal bağ oluşturan malzemeler bağlayıcı ajan olarak isimlendirilmektedir ve silan bazlıdır. Bağlayıcı, matriks ve elyaf arasında uyum sağlayarak filamentler arasında oluşabilecek sirtunmeyi önler ve proses kolaylığı sağlar. Ayrıca, filamentler arası bütünlük yaratır ve oluşabilecek static elektriği önler.

Cam elyafı ürünlerini, üretim proseslerine ve kullanım amaçlarına bağlı olarak;

- çok uçlu fitil (kırılabilir fitil)
- tek uçlu fitil (direk sarma fitili)
- keçe (sıvı bağlayıcı keçe, toz bağlayıcı keçe)
- dokunmuş kumaş
- kırılmış demet

şeklinde sınıflandırabilmek mümkündür.

Cam elyafı içeren kompozitler, nihai üründen beklenen özelliklere bağlı olarak;

- el yatırması, fırça ve püskürtme
- SMC hazır kalıplama
- BMC hazır kalıplama
- takviyeli termoplastik levha pres kalıplama (GMT)
- takviyeli reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama (RRIM)
- reçine enjeksiyon kalıplama (RTM)
- pultrüzyon
- elyaf sarma
- enjeksiyon kalıplama

yöntemleri ile üretilmektedir.

Farklı yöntemler ile üretilen elyaf takviyeli kompozitlerde nihai performansı belirleyen, takviye malzemenin hacimsel oranı, kompozit içerisinde elyaf dağılımı ve oryantasyonu gibi bazı parametreleri dikkate almak her zaman avantaj sağlamaktadır.

Cam Elyafı ürünlerinde aranan özellikler ve istenilen performansa göre yapılan bazı bağlayıcı değişiklikleri ve uygulamaları özet olarak sunulacaktır.

### Abstract

As a reinforcing element, glass fiber is known to be the most widely used in comparison to the other fibers (carbon fiber, aramid fiber, boron fiber, ceramic fiber and etc.). Due to high tensile strength and low elongation, glass fiber enhances high flexural, tensile and impact strength and also high elastic modulus to the reinforced composites. Furthermore, due to low water absorption, glass fiber causes better weathering and dimensional stability to the composites. When glass

fiber is subjected to a tensile force, it does not show any yield point that means the absorbed energy would be recovered.

Glass fiber can be classified to A-glass (alkali), C-glass (chemical), D-glass (dielectric), E-glass (electrical), E-CR glass (corrosion resistance), R and S-glass (high strength), based on the chemical structure and usage applications. Acceptable performance and low price of E-glass makes it the most widely used fiber in the world in comparison with other glass fibers.

Glass fiber manufacturing raw materials are sand, caolin, colemanite, soda and limestone. Raw materials are first mixed and then melted in 1600° C temperature furnace. Melted E-glass passes through bushing, which is the alloy of Pt and Rh and consists of thousands of orifices, and wound in form of fiber. Diameter of the fibers varies in between 9 to 24 microns. Also, based on the number of orifices in the bushings, fibers are wound in the form of different tex (g/1000m).

Glass fiber products are covered with different mixture of chemicals (size) according to the application and utilization methods. Mixture of the chemicals which is applied to the glass fiber is named as size or sizing and contains;

- coupling agent
- film former
- antistatic agent
- lubricating agent
- antioxidants

Film formers, main components of the sizing, can be in the form of emulsion, dispersion or solution of PVAc, polyurethane, epoxy, polyester, polypropylene, polyethylene and polyacrylate and their copolymers. Coupling agents are mostly silane based materials which form chemical bonds between fiber and polymeric matrix. One of the most important functions of the size is to perform compatibility between fiber and matrix, also decreasing the friction between filaments during manufacturing or processing is the other function of the glass fiber size. Also, size keeps filaments together and maintain integrity and moreover, static electricity which can be formed during processing and application of the fiber can be minimized.

Glass fiber products can be categorized according to the manufacturing and processability. e.g.,

- multi end roving (chopable roving)
- single end roving (direct winding roving)
- mat (emulsion bonded mat, powder bonded mat)
- woven fabric
- chopped strands

Composites which contain glass fiber can be classified according to the manufacturing process, e.g.,

- hand lay up and spray up
- sheet molding compound (SMC)
- bulk molding compound (BMC)
- glass mat thermoplastics (GMT)
- reinforced reaction injection molding (RRIM)
- resin transfer molding (RTM)
- pultrusion
- filament winding
- injection molding

The final performance of the reinforced composites which are produced by different methods can be optimized if some parameters like volume fraction, distribution and orientation of the fibers in the composite are considered.

Here, some variations in the size formulations to attain required performance of the glass reinforced composites are introduced and discussed briefly.

## 1. Amaç

Cam elyafı ve ürünlerinin üretimi, uygulaması ve kullanımına nazaran daha az açıklanmış ve incelenmiş bir konu olarak bilinmektedir. Bu konular genelde büyük elyaf üreticilerinin kendi ar-ge olanaklarıyla ve büyük yatırımlarla geliştirilmiştir ve çoğu zaman gizli olarak (know how) kullanılmıştır. Bu bildiride, cam elyafın üretimi, ürünleri, ürünlerin performansı ve performansını etkileyebilecek etkenler sunulmaktadır.

## 2. Giriş

Cam elyafı ürünlerinin dünyada en fazla kullanılan takviye malzemesi olduğu bilinmektedir. Özellikle, uygun fiyat ve yüksek mekanik mukavemete sahip olması, cam elyafı ürünlerinin büyük miktarlarda kullanımına olanak sağlamaktadır. 21.nci yüzyılda petrol fiyatların artması cam elyafı ürünlerinin uçak sanayinde, taşıma sanayinde ve otomotiv sanayinde geleneksel metal kullanımına hafif, dayanıklı ve yüksek performanslı bir alternatif yaratmaktadır. Söz konusu sektörlerde SMC, BMC, RTM ve enjeksiyon kalıplama teknikleri en yaygın cam elyaf takviyeli plastik üretim yöntemleri olarak bilinmektedir.

Cam elyaf üretimi esnasında, filamanları sürtünmekten korumak, filamanları bir arada tutmak ve özellikle kullanılacak matrikse uyum sağlamak amacıyla, elyafa bağlayıcı tatbik edilir. Bağlayıcı, cam elyafı ürünlerin kullanım ve uygulama alanına göre farklı kimyasallar içermektedir ve bu nedenle hammadde

# I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

seçimi yaratılacak performansa yönelik olarak büyük önem taşımaktadır. Sıcaklık dayanımı, reçine ve matriks uyumu, reaktivite ve moleküler yapıları, sulu ortamda stabil olması, bir bağlayıcı tasarımı için düşünülmesi gereken parametrelerdir.

## 3. E-camı

E-camı üretiminde kullanılan harman hammaddeleri; kum, kaolen, kolemanit, soda ve kalkerden oluşmaktadır. E-camının kompozisyonu ve bazı fiziksel özellikleri tablo1 ve 2 de özetlenmiştir.

**Tablo 1**

|                                    | A Camı | C Camı | D Camı | E Camı | ECR Camı | R Camı | S-2 Camı |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|----------|
| Oksit                              | %      | %      | %      | %      | %        | %      | %        |
| SiO <sub>2</sub>                   | 63-72  | 64-68  | 72-75  | 52-56  | 54-62    | 55-60  | 64-66    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 0-6    | 3-5    | 0-1    | 12-16  | 9-15     | 23-28  | 24-25    |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 0-6    | 4-6    | 21-24  | 5-10   | -----    | 0-0,35 | -----    |
| CaO                                | 6-10   | 11-15  | 0-1    | 16-25  | 17-25    | 8-15   | 0-0,2    |
| MgO                                | 0-4    | 2-4    | -----  | 0-5    | 0-4      | 4-7    | 9,5-10   |
| ZnO                                | -----  | -----  | -----  | -----  | 2-5      | -----  | -----    |
| BaO                                | -----  | 0-1    | -----  | -----  | -----    | -----  | -----    |
| Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O | 14-16  | 7-10   | 0-4    | 0-2    | 0-2      | 0-1    | 0-0,2    |
| TiO <sub>2</sub>                   | 0-0,6  | -----  | -----  | 0-1,5  | 0-4      | -----  | -----    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 0-0,5  | 0-0,8  | 0-0,3  | 0-0,8  | 0-0,8    | 0-0,5  | 0-0,1    |
| F <sub>2</sub>                     | 0-0,4  | -----  | -----  | 0-1    | -----    | 0-0,3  | -----    |

**Tablo 2**

| Fiziksel Özellikler    |        |        |           |           |          |        |          |
|------------------------|--------|--------|-----------|-----------|----------|--------|----------|
|                        | A Camı | C Camı | D Camı    | E Camı    | ECR Camı | R Camı | S-2 Camı |
| Yoğunluk, g/cc         | 2,44   | 2,52   | 2,11-2,14 | 2,58-2,62 | 2,72     | 2,54   | 2,46     |
| Refraktif İndisi       | 1,538  | 1,533  | 1,465     | 1,558     | 1,579    | 1,546  | 1,521    |
| Yumuşama Sıcaklığı, °C | 705    | 750    | 771       | 846       | 882      | 952    | 1056     |
| Çekme Dayanımı, MPa    |        |        |           |           |          |        |          |
| -196°C                 | -----  | 5380   | -----     | 5310      | 5310     | -----  | 8275     |
| 23°C                   | 3310   | 3310   | 2415      | 3445      | 3445     | 4135   | 4890     |
| Young's Modulus, Gpa   |        |        |           |           |          |        |          |
| 23°C                   | 68,9   | 68,9   | 51,7      | 72,3      | 80,3     | 85,5   | 86,9     |
| Elongation, %          | 4,8    | 4,8    | 4,6       | 4,8       | 4,8      | 4,8    | 5,7      |

#### 4. Cam elyafı üretimi

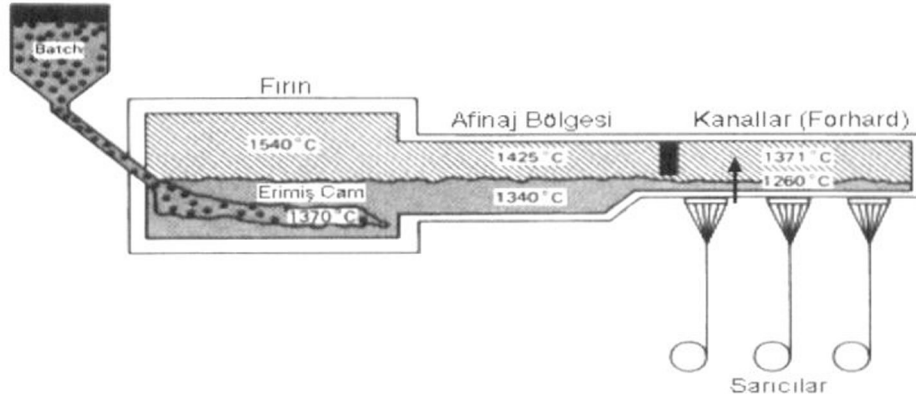
Cam elyafı üretimi, 3 aşamadan oluşmaktadır.

- birinci aşamada fırında E camı oluşur,
- ikinci aşamada, oluşan E camı elyaf şeklinde kek veya bobin olarak sarılır,
- son aşamada ise sarılan bobin ve kekler kurutarak istenilen özelliklere göre ürüne dönüştürülür.

##### 4.1. Cam Ergitme fırını

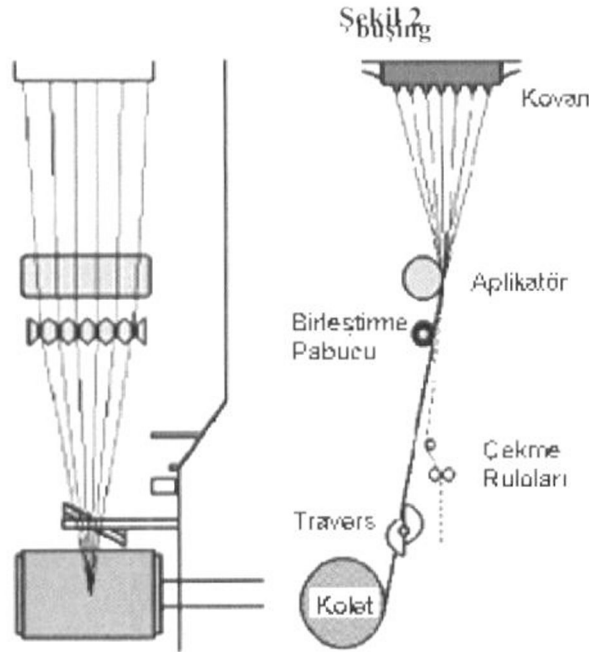
E camının oluşmasında, harman hammadde karışımı fırına beslendikten sonra ergitme başlanır ve fırın boyunca camın akması sağlanır. Camın akması ile birlikte gerekli kimyasal reaksiyonlar tamamlanır ve oluşan gazların ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ) ortamdan ayrışması için belirli mesafelerde fırının tabanından sıcak hava akımı (bubblers) uygulanır. (şekil 1)

Şekil 1



##### 4.2. Elyaf sarma

Oluşan E camı kanallara doğru akmasının ardından, buşinglerden yüksek devirli sarma makineleri yardımıyla çekilir. Sarma esnasında, elyafı dış etkenlerden korumak ve bütünlük sağlamak amacıyla bağlayıcı olarak adlandırdığımız bir kimyasal karışım ile kaplanır. (şekil 2)



#### 4.3.Cam elyafı üretimi

Sarılmış olan bobin ve kekler kurtulduktan sonra,

- keçe üretim prosesinde,
- fitil üretim prosesinde,
- kırpma üretim prosesinde,

işlemeye tabi tutulur ve ardından keçe, fitil, kırpma ve direkt sarma ürünü olarak müşteriye gönderilir.

#### 5. Kompozit üretim prosesleri

Kompozit üretim prosesleri,

- el yatırması, fırça ve püskürtme
- SMC hazır kalıplama
- BMC hazır kalıplama
- takviyeli termoplastik levha pres kalıplama (GMT)
- takviyeli reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama (RRIM)
- reçine enjeksiyon kalıplama (RTM)
- pultrüzyon
- enjeksiyon kalıplama

yöntemleri ile üretilir.

## 6. Bağlayıcı hammaddelerinin kimyasal yapıları ve fonksiyonu

Cam elyafının üretiminde kullanılan karışım,

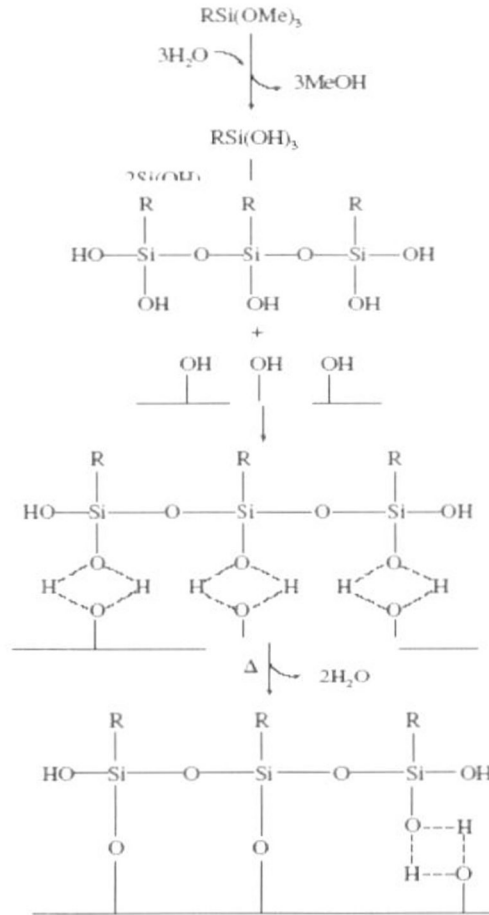
- bağlayıcı ajanı (Coupling agent)
- film yapıcı ajanı (Film former)
- antistatik ajanı
- lubrikant ajanı

ve antioksidan ajanı olarak isimlendirilen kimyasallardan oluşmaktadır.

### 6.1. Bağlayıcı ajan (Coupling agent)

Bağlayıcı ajanı, cam elyafının yüzeyi ve matriks arasında kimyasal bağ oluşturma özelliğine sahiptir. Bu tür kimyasallar silan bazlıdır ve matriks ve elyaf yüzeyi arasında, iyonik, kovalent, hidrojen ve vandervaals bağları oluşturabilir (Şekil.3). Ayrıca, matriks ve bağlayıcı ajanın arasındaki uyum, kompozitin performansını olumlu ve ya olumsuz yönde etkilemektedir.

Şekil.3





### 6.2. Film yapıcı ajan (Film former)

Film yapıcı ajanlar, filamanların bütünlüğünü, matriks ve elyaf arasında uyumu sağlar. Film yapıcı ajanların sıcaklığa karşı dayanımı, hidrolitik bozulmaya karşı direnci, moleküler ağırlığı ve su çekme özelliği her bağlayıcı tasarımında dikkate alınması gereken özelliklerdir. PVAc, poliüretan, epoksi, poliestere, polipropilen, polietilen, poliakrilik ve aşılipolimerler film yapıcı ajanı olarak çok fazla kullanılan malzemelerdir.

### 6.3. Antistatik ajan

E-camının static elektrik oluşumuna çok uygun bir yapıya sahip olması nedeniyle bütün bağlayıcı formülasyonlarında antistatik ajan kimyasalları eklenir. Uzun hidrokarbon zinciri quaternary amin tuzları en fazla kullanılan antistatik ajan olarak bilinmektedir, ayrıca,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  ve  $\text{LiCl}$  da bazı uygulamalarda kullanılmaktadır.

### 6.4. Lubrikant ajan

Cam elyafının üretiminde oluşabilecek her hangi bir sürtünme elyafların zedelenmesi ve kırılmasına neden olduğundan bağlayıcı formülasyonlarında su bazlı lubrikantlar çok önemli ve gerekli bir kimyasal olarak kullanılmaktadır. Yağ asidi ve türevleri, çeşitli wax emülsyonları, değişik moleküler ağırlığı sahip polietilenglikol ve türevleri yaygın bir şekilde lubrikant ajanı olarak bağlayıcı formülasyonlarda yer almaktadır. Cam elyafı ürünleri bütün uygulamalarda, proses şartlarına bağlı olarak kayganlığını korumak zorundadır ve bu nedenle, bağlayıcıda yer alan lubrikant ajanı kompozit oluşana kadar elyafın üzerinde kalmalıdır.

### 6.5. Antioksidan ajan

Bağlayıcının kimyasal yapısını dikkate aldığımız zaman çok sayıda organik ve polimerik malzemeye rastlamak mümkündür. Bu nedenle elyafın kurutma esnasında karşılaşabileceği yüksek sıcaklık bağlayıcının bozulmasına (oksidasyon) neden olabilir. Bağlayıcıya eklenen antioksidan ajanı bu tür tahribata engel olmaktadır. Antioksidan ajanı olarak, hindered fenol, HALS, A vitamini, B vitamini ve K vitamininden söz etmek mümkündür.

## 7. Örnek Çalışmalar

### 7.1. Film yapıcı ajanın etkisi

Camelyaf San.A.Ş.'de naylon6 takviyesine yönelik olarak PA2 kırpmalı ürünü üretilmektedir. PA2 bağlayıcısında aminosilan bağlayıcı ajan ve poliüretan ise film yapıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Bu denemede amaç film yapıcı ajanın mekanik mukavemete etkisini incelemektir bu nedenle PA2 standart ürününden daha düşük kızdırma kaybı (LOI) olan denemeler yapıldı ve ardından elde edilen deneme ürününe değişik oranda film yapıcı poliüretan tatbik edilerek farklı kızdırma

# I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

kaybına sahip örnekler temin edildi. Mekanik mukavemet test sonuçları tablo3'te sunulmaktadır.

**Tablo3**

|                             | Birim             | Test metodu | PA2 Std.4,5 mm | Örnek 1 | Örnek 2 | Örnek 3 |
|-----------------------------|-------------------|-------------|----------------|---------|---------|---------|
| <b>Kızdırma kaybı (LOI)</b> | %                 |             | 0,9            | 0,36    | 0,54    | 0,81    |
| <b>Eğilme dayanımı</b>      | MPa               | ISO 527     | 269            | 274     | 269     | 270     |
| <b>Çekme dayanımı</b>       | MPa               | ISO 178     | 155            | 156     | 157     | 159     |
| <b>Darbe Charpy</b>         | KJ/m <sup>2</sup> | ISO 179     | 102            | 98      | 94      | 101     |
| <b>Darbe Izod</b>           | KJ/m <sup>2</sup> | ISO 180     | 95             | 93      | 92      | 92      |
| <b>Cam oranı</b>            | %                 | ISO 1172    | 29,6           | 29,1    | 29,6    | 30,2    |

Test sonuçları dikkate alındığında mekanik mukavemet değerlerinin kızdırma kaybı oranına göre fazla değişmediği görülmektedir. Bir başka anlamda, film yapıcı ajanın (poliüretan) reaktif olmaması nedeniyle, miktarsal artışı mekanik mukavemetlere yansımamaktadır.

## 7.2.Kompozitte hidrolitik direnç yaratan cam elyafı ürünü

Otomotiv sanayinin büyümesi ve daha hafif araçlara ihtiyaç duyulması otomobil üreticilerini kompozit malzemelere yöneltmiştir. Bu kapsamda araba motorları üzerindeki manifoldun elyaf takviyeli nylon66 dan yapımı bir süredir cam elyafı üreticilerinin gündemindedir. Bu doğrultuda, Camelyaf San. A.Ş.'de hidrolitik dirence karşı dayanıklı cam elyafı takviyeli naylon66 kompozit projesi ele almıştır.

Denemeler sırasında uygulanan hidrolitik direnç testinde %50 (V/V) su ve antifriz karışımı kullanılmıştır.Elyaf takviyeli örnekler basınçlı bir kapta ve 135° C de belirli bir süre bekletilmiştir ve ardından mekanik mukavemet testini tabi tutulmuştur.

**Tablo4**

| Özellikler                  |                   |             | Başlangıç |       |      | 200 Saat |       |       | 500 Saat |       |       |
|-----------------------------|-------------------|-------------|-----------|-------|------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|
|                             | Birim             | Test metodu | PA2 Std.  | Rakip | D54  | PA2 Std. | Rakip | D54   | PA2 Std. | Rakip | D54   |
| <b>Kızdırma kaybı (LOI)</b> | %                 |             | 0,83      | 0,80  | 0,70 | 0,83     | 0,66  | 0,70  | 0,83     | 0,66  | 0,70  |
| <b>Eğilme dayanımı</b>      | MPa               | ISO 527     | 264       | 278   | 268  | -----    | ----- | ----- | -----    | ----- | ----- |
| <b>Çekme dayanımı</b>       | MPa               | ISO 178     | 163       | 178   | 168  | 32       | 79    | 75    | 9        | 50    | 49    |
| <b>Darbe Charpy</b>         | KJ/m <sup>2</sup> | ISO 179     | 45        | 59    | 55   | 32       | 64    | 78    | 23       | 35    | 31    |
| <b>Darbe Izod</b>           | KJ/m <sup>2</sup> | ISO 180     | 47        | 57    | 52   | 37       | 84    | 93    | 22       | 27    | 33    |
| <b>Cam oranı</b>            | %                 | ISO1172     | 29,6      | 29,1  | 29,6 | 29,6     | 29,1  | 29,6  | 29,6     | 29,1  | 29,6  |

Mekanik mukavemet sonuçları deneme ürünün yüksek hidrolitik dirence sahip olduğunu göstermektedir. Bildiğimiz gibi PA2 özellikle naylon6 takviyesi için tasarlanmış bir üründür ve bağlayıcısı reaktif film yapıcı ajan içermediğinden hidrolitik direnci düşüktür. Deney 54 ise reaktif film yapıcı ajan içerdiğinden elyaf yüzeyi ve matriks arasında kuvvetli bir bağ oluşurmakta ve bu nedenle hidrolitik deformasyona karşı yüksek bir direnç göstermektedir.

## 8. Sonuç ve değerlendirme

Cam elyafı ürünlerinin performansı ve özellikleri büyük ölçüde kullanılan bağlayıcı formülasyonuna bağlıdır, ve bu nedenle bağlayıcı tasarımında kullanılan malzemelerin,

- birbiriyle uyumu,
- kimyasal yapıları,
- değişken pH ve sıcaklıklarda stabiliteleri ve
- matriks ile uyumu

gibi parametrelerin dikkate alınması gerekmektedir. Elyaf yüzeyi ve matriks arasında mikron veya hatta nanoscale seviyesindeki etkileşimler düşünüldüğünde, bağlayıcı tasarımının önemi daha da ortaya çıkmaktadır.

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

---

## SMC – BMC Yİ OLUŞTURAN HAMMADDELER

Dr. Metin BAŞBUDAK

Tongün Grup

Tarih boyunca insan hayatını etkileyen en önemli unsurların başında kuşkusuz yararlanabildiği malzeme türü gelmektedir. Bu nedenledir ki yaygın olarak kullanılan malzemenin adı çağları belirleyen kelimeler olmuştur. Taş devri, bakır devri, tunç devri ve demir devri insanlığın gelişmişlik derecesinin ölçüsü gibi algılanmaktadır. Bu espriden gidilirse çağımızı tanımlamada PLASTİK DEVRİ de diyebiliriz. Plastikler hayatımıza o kadar girmişlerdir ki hiçbir sahayı onlarsız düşünmemiz olanaksız olmuştur.

Hızla gelişen plastikler içinde bir grup diğerlerinden daha hızlı yol katetmektedir. Bunlar KOMPOZİTLER diye anılan bir matrix reçinelerle takviye malzemelerinin kompozisyonuyla oluşan olağanüstü malzemelerdir. Gerek termoplastik ,gerekse termoset reçineler ve hem doğal, hem de sentetik takviye maddeleri kullanılabilmektedir.

Kompozit çalışmaları çok zengin bir liste ortaya çıkarmışsa da bazı türler diğerlerinden daha başarılı olmuş ve kabul görmüştür. En yaygın olan camelyaf takviyeli poliester kompozitlerdir. Camelyaf üretiminin büyük tonajlarda gerçekleşmesi ve doymamış reçineyle bağdaşmasının uygun bağlayıcılarla kolaylaştırılması FRP veya CTP olarak adlandırılan üretimlerin hızla artmasını sağlamıştır. El yatırması, püskürtme, sarma, profil çekme, RTM ve ıslak presleme gibi birçok şekilde üretim yapılabilmektedir. Bu metodların her birinin daha avantajlı olduğu yer vardır. SMC (SHEET MOLDING COMPOUND) – BMC (BULK MOLDING COMPOUND) da bu sınıfa dahil olup en yeni metodların arasında sayılabilir.

SMC – BMC en yeni metodlardan olmasına rağmen bugün bütün CTP üretiminin nerdeyse yarısını bulmuş ve gelişmesine devam etmektedir. SMC – BMC nin bu kadar yaygın olmasının en önemli nedenleri şunlardır:

- Yüksek mekanik mukavemet — çelikle kıyaslanabilir
- Ağırlık / güç oranının çok olumlu olması
- Dış etkilere dayanıklılık
- Termostabilite – hem yüksek – hem düşük ıslara karşı
- Elektriki izolasyon değerleri
- Yanmaz özellik verilebilir
- Ses – sıcaklık izolasyonu
- Dizayn zenginliği – renkli olabilir

## I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

- Reaksiyon çekmesi ayarlanabilir
- Presleme – transfer – enjeksiyon olasılığı
- Malzeme ve şekillendirme maliyeti düşük

Bu özellikler nedeniyle ben 1977 – 78 li yıllarda malzemeye hıran kaldım. O dönemdeki Türkiye'de malzeme sıkıntısı had safhadaydı ve bu yeni plastik yeni ufuklar açacaktı. Benim ondan sonraki sanayi aktivitemde SMC – BMC baş rolü oynamaya başladı ve devam etmekte. Dünyada SMC yaygınlaşmasının 70 li yılların başında olduğu düşünülürse Ülkemizde 1979 ile başlayan üretimin çok da geç kalmadığı görülür.

### SMC – BMC Formülasyonu

Genel bir SMC – BMC formülasyonu şu yapıdadır:

- Doymamış poliester % 20 – 25
- Termoplastik katkı 5 – 10
- Peroksit 0.3 – 0.5
- Boya 2 – 5
- Kalıp ayırıcı 1 – 2
- Dolgu maddesi 40 – 50
- Camelyaf 20 – 30

Bu genel formülden görüleceği üzere SMC – BMC yi oluşturan hammaddeler şöyle sıralanabilir:

1. Reçineler
2. Termoplastik Katkılar
3. Aktiviye Malzemeleri
4. Dolgu Maddeleri
5. Sertleştiriciler
6. İnhibitörler
7. Boyar Maddeler
8. Kalıp Ayırıcılar
9. Viskozite Düşürücüler

Bunlardan başka değişik formüllerde kullanım yerlerine göre gerekebilecek özel katkılara da rastlanabilir.

1. Kaydırıcılar
2. Alev Geciktiriciler
3. Antistatik Katkılar
4. Antibakteriyeller
5. Hafifleticiler

## 1. Reçineler

SMC – BMC nin ana reçinesi doymamış poliestер reçinedir. Daha nadir olarak EP, PF ve MF reçinelerinden de yararlanılır.

Doymamış poliestер reçinesi SMC – BMC nin kuşkusuz en önemli komponentidir. Reçine takviye, dolgular ve bütün katkıların bir arada olmasını sağlamanın yanında bitmiş ürünün mekanik, termik, kimyasal ve görüntü özelliğini büyük ölçüde belirler. Bu nedenle hem doğru reçinenin seçimi ve de kullanılan partinin uygunluğu en önemli kriter durumundadır.

SMC – BMC için reçine seçerken en çok dikkat edilecek özellikler şunlardır:

- Reçinenin Reaktivitesi
- Gerekli Viskozite
- Kıvamlaşma Eğrisi

Bu özellikler SMC – BMC nin karakteristiğini belirlerler.

### Reaktivite:

Hazırlanan karışımın pişme süresi ve eksiksiz sona ermesi poliesterin reaktivitesine bağlıdır. Düşük reaktivitede bir reçine ile tam polimerizasyon sağlanamayacağı gibi bitmiş ürünün mekanik ve termik değerlerinde de sorunlar oluşabilir. Çok yüksek reaktivitede bir reçinenin de kalıpta yürüme ve çıkan parçalarda çatlak tehlikesi gibi sorunları olabilir. Bu nednle reçine reaktivitesi SMC – BMC nin kullanılacağı yere göre uygun olarak seçilmelidir.

### Viskozite :

Poliester reçinesi bütün sistemi bir arada tutan unsur olarak doğru viskoziteye sahip olmalıdır. Karışımın homojenitesi reçinenin dolgu, camelyaf ve pigmentler gibi inorganik unsurları ıslatma kalitesine bağlıdır. Poliester ne kadar ince olursa ıslatma özelliği de o kadar iyi olur. Buna karşılık yüksek viskoziteli reçineler de daha iyi basılabilen hamurlar oluşturur. Burada da bir optimal bulunmak zorundadır.

### Kıvamlaşma Eğrisi:

SMC – BMC nin en belirgin özelliği kıvamlaşma katkılarıyla zaman içinde viskozite almaları yani kıvamlaşmalarıdır. Böylece bir karışımdan bir yeni malzeme oluşur. Her formülasyonun bir ideal kıvamlaşma eğrisi vardır. Bu eğri tutturulursa en iyi sonuç alınır. Bu eğriyi oluşturan asıl unsur da poliesterdir. Dolayısıyla iyi bir karışım için en uygun kıvamlaşma eğrisindeki reçineyi bulmak önemlidir.

Doymamış poliestere reçineler yapılarındaki değişik asit, glikol, doymamış merkezler ve monomerler açısından şu tiplere ayrılır:

- Ortoftalik bazlı poliesterler
- İzofthalik veya tereftalik tipleri
- Allmaleik poliesterler
- Vinilesterler
- Standart glikollüler
- Özel glikollüler – DPG – NPG – TMPD – TMP
- Özel monomerliler – DVB – MMA – DAC – VA

Reçinelerin bu farklı yapıları onlara değişik özellikler verir ki ihtiyaca göre farklı yerlerde kullanılırlar. SMC – BMC de oluşturdukları farklılıklara göre reçineler şu tiplere ayrılır:

- Standart Reçineler
- Low Shrink
- Low Profile
- Asidlere Dayanıklılar
- Kimyasallara Dayanıklılar
- Yüksek Isı Dayanımı Gösterenler
- Yanmaz Poliesterler
- Katı Poliesterler

Bu reçinelerin anlatılması da çok ilginç olabilirdi ama zaman sınırlaması nedeniyle sorular bölümüne bırakılması daha doğru olur.

Yukarıda anlatılanlar reçinenin karışım ve son ürün açısından ne denli önemli ve karmaşık olduğunu göstermiş olmalı. Şimdi reçine seçiminde dikkat edilecek unsurları sıralayalım:

- Kalıp için gerekli çekme oranı
- Parça görünümü
- Mekanik değerler
- Kimyasal ortam
- Termik talepler
- Renk dağılımı
- Maliyet sınırlaması

## 2. Termoplastik Katkılar

SMC – BMC nin ilk yıllarında en büyük sorun parça yüzeylerinde oluşan dalgalanmalardı. Bunun nedeni poliesterin reaksiyon sırasında hacim küçülmesine uğraması, dolayısıyla parçanın çekmesi idi. Sırasıyla low shrink ve low profile sistemlerin geliştirilmesiyle bu sorunlar ortadan kaldırıldı ve istenilen oranda



çekme sağlandı. Çekme oranı sıfır olan formüller de mümkündür ama kalıptan çıkarma problemleri nedeniyle belli oranda çekme tolere edilir. Çekme oranlarına göre SMC – BMC ler üç grupta toplanır:

1. Standart Tipler: katkı olarak sadece coetilen içerirler ve % 0,15 – 0,12 arasında çekme oranına sahiptirler. Genel amaçlı alanlarda kullanılır ve kolayca renklendirilebilirler.
2. Low Shrink Sistemler: katkı olarak stiren içinde çözölmüş polistiren-polibutadien kopolimerleri kullanılır. Yumşaklık derecesine göre polistiren – polibutadien oranları değişebilir. Renklendirilmede bir problem yaşamıyan LS – sistemlerle % 0,1 – 0,05 oranında çekme sağlanabilir. Düzgün ve renkli yüzey gerektiren her alanda kullanılabilir.
3. Low Profile Sistem: çekme oranının sıfıra inmesi hatta eksi olması istenilen yerlerde kullanılır. Çok düzgün yüzeyler alınır da renkli üretim imkanı bulunmaz. LP – sistemler genelde otomatikte sonradan boyanmak üzere uygulanır. Katkı olarak polivinilasetat, polimetilmetakrilat ve doymuş poliesterlerden yararlanılır. Tam başarılı bir LP sistemi için doğru tip poliester seçmek çok önemlidir.

### 3. Camelyaf Roving

SMC – BMC de takviye malzemesi olarak camelyaf roving ve kırpıntı kullanılır.

Camelyaf üretimi sıvı camın buşinglerden geçirilerek 10 – 24 mikron lifler haline getirilmesiyle başlar. Poliesterle bağdaşması için bu lifler bir haşilla kaplanır, kurutulur ve demet haline getirilir. Bu demetlerden ihtiyaca göre roving, kırpıntı, keçe veya kumaş elde edilir. SMC – BMC de genelde roving ve kırpıntı kullanılırsa da keçe ve kumaş ilavesi de olabilir.

Camelyafı oluşturan cam cinsi farklılıklar gösterebilir.

- A – Camı: pencere camı yapısında olup alkali oranı nedeniyle pek tercih edilmez
- E – Camı: elektrik sektörünün talebiyle gelişen bu cam türü bor ihtiva ettiğinden daha pahalıdır.
- C – Camı, kimyasallara dayanıklı bir cam türü olup bu yönde taleplerde kullanılır
- D – Camı: dielektrik değerinin yüksekliği nedeniyle elektrik sektöründe tercih edilir.
- R – S – Camı: çok yüksek mekanik değerler için geliştirilmiş cam türleridir

#### 4. Dolgu Maddeleri

SMC – BMC yi diğer uygulamalardan ayıran en belirgin özelliklerin başında içerdiği büyük orandaki dolgu maddeleri gelir. Bu şekliyle büyük bir ekonomik kazanç sağlanarak avantajlı bir konum elde edilmiştir. Karışımın nerdeyse yarısını oluşturan dolguları bu nedenle dikkatli incelemek gerekir. Zira dolgular SMC – BMC nin birçok özelliğini doğrudan etkiler. Bu nedenle şu noktara dikkat gerekir:

- Tanecik dağılımı: çok önemlidir, çünkü kalıpta yürüş ve görüntüyü etkiler
- Yabancı maddeler: dolgulardaki olası metal iyonları pişme ve depolama özelliklerini etkiler
- Nem oranı. Dolgunun ıslak olması kıvamlaşmayı ve yüzeyi etkiler

Piyasada değişik dolgu maddeleri bulunmaktadır. En yaygın olanlar:

- KALSİYUMKARBONAT – SMC – BMC de en çok kullanılan dolgudur. Asidik ortamın dışında her yerde kullanılır.
- KAOLEN – kalsitten sonra en yaygın olanıdır. İnert olması ve düzgün yüzey vermesi tercih nedenidir.
- ALÜMİNYUMHİDROKSİD – ATH – yanmazlık istenilen alanlarda çok yaygınlaşmıştır
- BARİT – baryumsulfat kimyasallara dayanıklı olması ve ağırlığıyla bilinir
- DİĞERLERİ – DOLOMIT – KVARZ – TALK – METALTOZLARI – vs.

#### 5. Katalistler

SMC – BMC sertleşmesi poliesterin polimerizasyonu ile gerçekleşir. Polimerizasyon reaksiyonu için gereken katalistler peroksidlerdir. Peroksidlerin bünyesindeki peroksi bağı yüksek ısıda parçalanarak serbest radikalleri oluşturur. Bu radikaller poliestere ve stirendeki doymamış noktalara atake ederek polimerizasyonu yanı hamurun sertleşmesini sağlarlar. Görüldüğü gibi peroksidler reaksiyonun hızı ve tamalanması açısından birinci derecede etkilidirler. İki faktör önem taşır

1. peroksidin cinsi
2. karışım içindeki oranı

peroksidlerin cinsine göre farklı parçalanma ısısı ve hızı vardır. Aktiv oksijen miktarları ve yarı ömürleri çok değişik olabilir. SMC – BMC içindeki diğer katkılarla etkileşim gösterebilirler.

##### Yaygın Peroksid Türleri

- ter-Butilperbenzoat – TBPB

- di(ter.Butilperoksi)sikloheksan – CHP
- di(ter.Butilperoksi) – trimetilsikloheksan ---TMCH
- ter.butilperoksi – 2 – etil – heksonat –TBPEH
- Bazı alkilperoksikarbonatlar
- Bazı perketaller

#### Peroksid Ayarlama Kriterleri

SMC – BMC formülasyonunda seçilecek peroksid cinsi ve oranı parçanın şekli ve boyutlarıyla uygun olmalıdır. Kalın bir parçanın peroksid sistemi pişme sırasında oluşacak eksotermik ısının parçaya zarar vermeyeceği şekilde seçilmelidir.

Peroksid tercihinde kalıp parametreleri de önemli rol oynar. Kalıbın ısıtılması ve malzemenin yürüme kolaylığı belirleyici faktörlerdir.

SMC – BMC nin kalıp içinde yürüme hızında malzemenin kıvamı, yumşaklığı ve stoklama süresi önemli etkenlerdir. Peroksid sisteminin yürüme hızını göze alarak tesbit edilmesi gerekir.

Peroksid içerdiği aktif oksijeni zaman içinde yitirdiği için miatlı bir malzemedir. Bu nedenle üretim tarihini dikkate almak ve şüphe halinde reaktivite eğrisini test etmek doğru olur.

Bütün bu hususları inceleyince karışımlarda tek bir peroksid yerine bir kombinasyonun daha iyi olacağı görülür. Bu nedenle başarılı SMC – BMC uygulamalarında hemen hemen daima birden fazla peroksid kullanılır.

#### **6. İnhibitörler**

İnhibitörler sistemdeki serbest radikalleri yakalayan moda terimle antioksidanlardır. Poliester reçineler içinde heran polimerizasyona hazır doymamış merkezler barındırmaktadırlar. Eğer inhibitörler olmasa kısa bir sürede polimerizasyona uğrarak durdukları yerde sertleşirler. Halbuki SMC – BMC nin kalıp içinde ısıtılınca kadar hamur halinde kalması gerekmektedir. İşte bu görevi karışıma ilave edilen inhibitörler görür. Gerçi doymamış poliesterin içinde zaten inhibitör vardır ama SMC – BMC üretimi sırasında sisteme sokulan artı enerji nedeniyle bir miktar daha ilave etmek gerekir.

İnhibitörlerin stoklama zamanını uzatmanın yanında malzemenin sertleşme süresi ve kalıpta yürümesini dengeleyici işlevi de vardır. Bu nedenle çok cüzi miktarda ilave edilen geciktiricilerin oranı ve cinsini ayarlama titiz davranılması bitmiş ürün kalitesi açısından önem taşır.

İnhibitörlerin çalışma mekanizmaları çok iyi incelenmiş olmasına karşın burada anlatılması bu konuşma çerçevesini aşar. Ancak genel olarak inhibitörlerin iki ana grupta toplandığını, bunların:

- Hidrokinon Türevleri
- Kinon Türevleri

Olduklarını belirtmekle yetinelim. Ayrıca hidrokinon türevlerinin aktivasyon için oksijene ihtiyaç göstermeleri nedeniyle SMC – BMC de daha ziyade kinon türevlerinin tercih edildiğini ilave edelim.

#### Yaygın İnhibitörler

- P – Benzokinon
- Hidrokinon
- Ter. Butilkatekol
- Di – ter. Butilkresol
- Janol

Burada da peroksidler için zikredilen kriterler geçerlidir. Genelde birden çok inhibitör kullanmak tek inhibitörlü uygulamadan daha iyi sonuç verir.

### **7. Boyar Maddeler**

SMC – BMC nin önemli özelliklerinden biri parçanın kalıptan renkli çıkması ve ayrıca bir boyama operasyonuna gereksinim duyulmamasıdır. Bu işlem için karışıma boyar maddeler ilave edilir. Bunlar organik veya inorganik pigmentler veya bunların pigment pastalarından oluşur.

Boyar maddeler bütün plastik sektöründe önemli bir rol üstlenirler ve bitmiş ürün kalitesini belirleyici olurlar. bu nedenle çok geniş bir palet oluştururlar.

#### **İnorganik pigmentler:**

Bunlar genelde ağır metallerin değişik tuzlarından oluşurlar. Tek renk olmaları ve iyice ince öğütülmüş olmaları gerekir. Işık ve ısı haslıkları nedeniyle tercih edilirlse de son dönemde bazı metallerin zehirli olmalarından dolayı problemle karşılaşmaktadırlar.

#### **Organik Pigmentler:**

Çok geniş bir bileşik zenginliğinde üretilen organik pigmentler karıştırılmaları daha kolay ve renkleri daha canlı olması nedeniyle yaygın kullanım bulmuşlardır. Isı ve ışık haslıkları ve daha pahalı olmaları dezavantajlarıdır.

#### **Pigment Pastalar:**

Pigment pastalar organik veya inorganik pigmentlerin SMC – BMC karışımına negatif etkisi olmayan bir bağlayıcıyla ezilerek elde edilir. Ezilme işleminin çok iyi yapılması renk dağılımı ve parlaklı açısından önemi büyüktür.

#### Boyar Maddelerde Dikkat Edilecek Konular

- Pigmentlerin tanecik büyüklüğü
- Peroksidlerden etkilenmemeleri
- Isı dayanıklılığı – kalıplama sırasında renk atmaması
- Işık haslığı – zamanla renk atmaması
- Pişme işlemini etkilememesi
- Sistemden dışarı atılmaması
- Renk ayrışımına uğramaması

#### **8. Kalıp Ayırıcılar**

Doymamış poliestere önlem alınmazsa metale yapışır. SMC – BMC nin presleme esnasında metal kalıba yapışmaması ve parçanın kolayca kalıptan çıkabilmesi için karışıma ilave edilen katkılar kalıp ayırıcılarıdır.

Bunlar genelde yağasidlerinin metal tuzları olup en yaygın olanları kalsiyum ve çinko stearattır. Bu ikisi arasındaki seçim kalıp sıcaklığına göre yapılır. Düşük ısılarda çinkostearat yüksek ısılarda kalsiyumstearat kullanmak daha doğrudur.

Kalıp ayırıcı kalite kontrolünde en kritik özellik erime noktasıdır. Erime noktasında düşme gözlenirse malzemede yabancı madde var demektir ki bu da bitmiş ürün yüzeyinde sorunlar yaratır.

Kalıp ayırıcı cinsi ve oranı ayarlamada dikkat edilecek konuların başında karışımın reaktivitesi, kalıp yüzeyi ve parça parlaklığı gelir.

Optimal sonuç almak için karışımın ideal olmasına, yani sıra ve süreye çok özen gösterilmelidir.

#### **9. Kıvamlaştırıcılar**

SMC – BMC nin en belirgin özelliği zamanla kıvamlaşmasının artmasıdır. Literatürde thicken olarak adlandırılan bu olay yeni bir malzemenin oluşmasını belirtir. Yani bütün bu komponentler kıvamlaşma sayesinde homojen bir bütün olur ve şekillendirilme esnasında da böyle davranır.

Kıvamlaşma mekanizması halen tam olarak çözülmemişse de genel kanı sisteme ilave edilen Mg ve Ca iyonlarının doymamış poliestlerle yarı kimyasal bir reaksiyona girmeleri ile gerçekleşmesi yönündedir.

Kıvamlaşma katkıları olarak Mg ve Ca oksid ve hidroksitlerinden yararlanılır. En yaygın olanı MgO olmasına karşın, oksid ve hidroksitlerden oluşan bir karışım giderek daha çok tercih edilmektedir.

Her reçinenin özgün bir kıvamlaşma eğrisi vardır. Aynı sonucu alabilmek için aynı kıvamlaşma eğrisini tutturmak gerekir. Bu arada kıvamlaşmanın ortam sıcaklığı ve nem oranından çok etkilendiğini unutmamak lazım.

Kıvamlaşma ayrıca karışımdaki bazı komponentlerden de etkilenebildiği gibi bazı kimyasallarla da kontrol edilebilir.

Kıvamlaşma son ürün kalitesini doğrudan ilgilendirdiği için çok iyi kontrol edilmesi gereken bir özelliktir.

## 10. Alev Geciktiriciler

İçindeki organik unsurlar nedeniyle SMC – BMC koay tutuşmasa da esasta yanabilen malzemelerdir. Bunların kendi kendine söner hale gelebilmeleri için özel alev geciktirici maddeler katılması gerekir. İki tür alev geciktirici katkı yaygın olarak kullanılır:

- Halojenli organik katkılar
- Alüminyum hidroksid

Alevle karşılaşıldığında halojenli maddeler brom, klor gibi yanmayan gazlar çıkararak alevle bağlantıyı keserler. Aynı şekilde ATH da su buharı serbest bırakarak yanmayı engeller. Halojenli bileşikler de çok etkili olmasına karşın son zamanlarda çıkan gazların zehirli olması nedeniyle tercih edilmemektedir. ATH dolgu maddesi olarak da kullanılabildiği, kimyasallara dayanıklılığı ve sorun yaratmadığı nedenle giderek yaygınlığını artırmaktadır.

## 11. Özel Katkılar

1. Uv – Koruyucular — Parçaların Zamanla Uv – Işınlardan Etkilenmemesi İçin
2. Islatıcılar – Dolgu Ve Camelyafın Reçine Tarafından Kolayca Islanması İçin
3. Antistatik Katkı – Parça Üstünde Oluşan Statik Elektrik Önlenir
4. Cam Kürecikler –
  - a. İçi Dolu Kürecikler – Yüzey Sertliği Sağlar
  - b. İçi Boş Kürecikler – Hafiflik Sağlar

## DOYMAMIŞ POLYESTER NANOKOMPOZİTLERİ

Ülkü YILMAZER<sup>1</sup>, Baran İNCEOGLU<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Prof. Dr., Kimya Mühendisliği Bölümü, yilmazer@metu.edu.tr  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06531, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Kimya Yük. Müh., Kimya Mühendisliği Bölümü,  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

### Özet

Nanokompozitler küçük miktarlarda (< %10), nanometre boyutlarında kil partikülleri içeren mineral bazlı bir plastik sınıfıdır. Küçük kil tabakaları kullanılarak yapılan herhangi bir plastik matriks modifikasyonu, nanokompozit adı verilen yeni malzeme sınıfı oluşturulabilir. Partiküller, yüksek en – boy oranı (200 ile 1000 civarında) ve yüzey alanına (750 m<sup>2</sup>/g ‘dan fazla) bağlı olarak yapısal, mekanik, alev geciktirici, termal ve yüzey özelliklerini, yoğunluğu fazla arttırmadan veya polimerin ışık geçirgenlik özelliklerini azaltmadan iyileştirmektedir. Nanokompozit yapımı, doymamış poliester ve hidroksil grubu bulunduran amonyum tuzları ile modifiye edilmiş, tabakalı silikat tozlarının karıştırılmasından oluşmaktadır. Karışım esnasında polimer zincirleri polimerden silikat tabakaları arasındaki Van der Waals boşluklarına doğru difüze olurlar.

Bu çalışmada doymamış polyester reçine ve sodyum montmorillonitin yanında organik olarak modifiye edilmiş montmorillonit de nanokompozit sentezinde dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Kompozitlerin X ışını kırınimleri modifiye edilmiş montmorillonitin tabakalar arası uzaklığının dağılımının bir göstergesi olarak 1.25 nm’den 4.5 nm’ye çıktığını göstermiştir. Camsı geçiş değerleri dolgunsuz doymamış polyesterde 72°C’den %10 organik olarak modifiye edilmiş kil içeren montmorillonitte 86°C’ye çıkmıştır. Taramalı elektron mikroskopunda, modifiye edilmiş montmorillonitin dağılım ve delamine olmasının modifiye edilmemiş olandan daha fazla olduğu görülmüştür. Mekanik özellikler de bu bulumları desteklemektedir, çünkü modifiye edilmiş montmorillonit içeren kompozitlerin gerilme modülü, gerilme kuvveti, eğilme modülü, eğilme kuvveti ve darbe dayanımı modifiye edilmemiş montmorillonit içeren kompozitlerin özelliklerinden daha fazladır. Ağırlıkça %3 – 5 modifiye edilmiş montmorillonit içeriğinde darbe dayanımı minimum değeri gösterirken, gerilme modülü, gerilme kuvveti, eğilme modülü, eğilme kuvveti maksimum göstermektedir. Bu sonuçlar delamine kil oranının modifiye edilmiş montmorillonit içeriğine göre de

maksimuma ulaşabileceğini göstermektedir. Mekanik özelliklerdeki iyileşme yüksektir. Sadece kütlece %3 oranında modifiye edilmiş kil eklenilmesi doymamış polyesterin esneklik modülünü %35 oranında arttırmıştır. Kütlece %5 oranında modifiye edilmiş kil eklenilmesi ise doymamış polyesterin çekme modülünü % 17 oranında arttırmıştır.

### Abstract

Nanocomposites are an emerging class of mineral – field plastics that contain relatively small amounts (< 10%) of nanometer – sized clay particles. Through modification of any plastics matrix using tiny clay platelets, a new class of materials, termed nanocomposites, can be created. The particles, due to their extremely high aspect ratios (about 200 to 1000), and high surface area (in excess of 750m<sup>2</sup>/g) promise to improve structural, mechanical, flame retardant, thermal and barrier properties without substantially increasing the density or reducing light transmission properties of the base polymer. The process involves mixing the unsaturated polyester (UP) and layered silicate powders that have been modified with hydroxyl terminated quaternary ammonium salt. During mixing, the polymer chains diffuse from the bulk polymer into the Van der Waals galleries between the silicate layers.

The objective of this study is to make a new nanocomposite composed of unsaturated polyester as the matrix and clay as the filler. Two classes of nanocomposites were synthesized using an unsaturated polyester resin as the matrix and sodium montmorillonite as well as an organically modified montmorillonite as the reinforcing agents. X – ray diffraction patterns of the composites showed that the interlayer spacing of the modified montmorillonite expanded from 1.25 nm to 4.5 nm indicating intercalation. Glass transition values of these composites increased from 72°C, in the unfilled unsaturated polyester, to 86°C in the composite with 10 % organically modified montmorillonite. From Scanning Electron Microscope, it is seen that the degree of intercalation/exfoliation of the modified montmorillonite is higher than the unmodified one. The mechanical properties also supported these findings, since; in general, the tensile modulus, tensile strength, flexural modulus, flexural strength and impact strength of the composites with modified montmorillonite were higher than the corresponding properties of the composites with unmodified montmorillonite. The tensile modulus, tensile strength, flexural modulus and flexural strength values showed a maximum, whereas the impact strength exhibited a minimum at approximately 3 – 5 weight % modified montmorillonite content. These results imply that the level of exfoliation may also exhibit a maximum with respect to the modified montmorillonite content. The level of improvement in the mechanical properties was substantial. Adding only 3 weight % organically modified clay improved the flexural modulus of unsaturated polyester by 35 %. The tensile modulus of unsaturated polyester was also improved by 17 % at 5 weight % of organically modified clay loading.



## 1. Giriş Ve Amaç

Mineraller, metal tozları ve elyaflar dolgu maddeleri olarak polimer kompozit yapımında uzun yıllardır kullanılmaktadır. Katkısız reçineyle karşılaştırıldığında kompozit malzemeler daha yüksek mekanik ve fiziksel mukavemete sahiptirler. Ancak bu özellikler yüksek miktarda dolgu maddeleri kullanıldığında kazanılmakta, bu da malzemenin ağırlığını dolayısıyla kullanım alanını sınırlamaktadır. Nanokompozit malzemelerin en büyük avantajı çok düşük miktarlarda (genellikle % 5' den az) dolgu maddeleri içermelerine rağmen yüksek mekanik mukavemet, fiziksel ve kimyasal dayanım gibi özellikler göstermeleridir. Günümüzde nanokompozit sentezinde nano boyutlu killer, yüksek en – boy oranına sahip olmaları ve polimerin mekanik özelliklerini iyileştirmesinin yanısıra, malzemeye gaz bariyeri ve termal dayanım gibi özellikler de sağlamasından dolayı sıkça kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada amaç doymamış polyester ile organofilik hale getirilmiş olan kili çeşitli şartlar altında karıştırarak mekanik ve termal özellikleri geliştirilmiş nanokompozit elde etmektir. Burada kullanılan Montmorillonit killer, iki tetrahedral silika tabakası ve bunların arasında bulunan oktahedral alüminyum tabakasından oluşmaktadırlar. Doğal hali ile hidrofilik olan killer Kuaterner Amonyum Tuzları ile modifiye edilerek polimerler ile uyumlu hale getirilmektedirler. Kil tabakalarının arasında bulunan Sodyum İyonu, Kuaterner Amonyum Tuzu ile yer değiştirme tepkimesine girerek Sodyum İyonunun yerine geçer ve aynı zamanda kil tabakalarının birbirinden ayrılmasına da sebep olur. Nanokompozitler ile ilgili ilk çalışma Kaprolaktam'dan poliamid 6 nanokompoziti üreten Toyota Merkez Araştırma Geliştirme Laboratuvarları'nda yapılmıştır.[1] Bu çalışmada amino asitlerle modifiye edilmiş montmorillonit, kaprolaktam monomeri içerisinde dağıtılmış ve daha sonra polimerize edilmiştir. Vaia, Jandt, Kramer ve Giannelis [2] polimer eriyik interkalasyonu kinetiği üzerine çalışmışlar ve polimer zincirlerinin kil tabakalarının arasına difüzyonunun mekanizmasını bulmuşlardır. Termoset polimerler ile ilgili olarak da bir çok çalışma mevcuttur. Lee ve Jang [3] emülsiyon polimerizasyonu ile oluşturulan epoksi – kil kompozitlerinin karakterizasyonu ile ilgili bir çalışma yayınlamışlardır. Kornmann, Berglund ve Giannelis [4] ise montmorillonit ve doymamış polyester nanokompozitleri üzerine çalışmışlardır. Yaptıkları çalışmada kil'i silan bağlayıcı ajanları ile modifiye ettikten sonra doymamış poliester – kil nanokompoziti elde etmişlerdir. Hızlandırma ve kürleştirme prosesinin epoksi – kil nanokompozitlerinde tam açılmaya (exfoliation) etkisi ise Ke, Lü, Yi, Zhao ve Qi [5] tarafından çalışılmıştır. Kornmann, Linberg ve Berlung [6] ise epoksi kil nanokompozitleri sentezleyerek, kürleştirme ajanının, oluşan yapı ile ilgisini analiz etmiştir. T. Agag, T. Koga ve T. Takeichi [7] poliimid – kil nanokompozitinin mekanik ve termal özelliklerini incelemişlerdir. X. Fu ve S. Qutubuddin [8] organofilik montmorillonit nanokillerin polistiren içerisindeki dağılımını incelemişlerdir.

## 2. Malzeme

Bu çalışmada hem organik olarak modifiye edilmiş Na- Montmorillonit hem de modifiye edilmemiş Na-Montmorillonit kullanılmıştır. Bu ürünler sırasıyla Cloisite® 30B ve Cloisite® Na<sup>+</sup> Southern Clay Firmasından temin edilmiştir.

Neoxil C-92 N 8 ticari isimli ortofitalik – genel amaçlı doymamış polyester Camelyaf Firmasından temin edilmiştir. İçerdiği yüksek sitren monomeri (Ağ. %39) sayesinde düşük viskoziteye sahip olan bu ürün, polimerin kil tabakaları arasına daha rahat girmesine sebep olduğu için seçilmiştir.

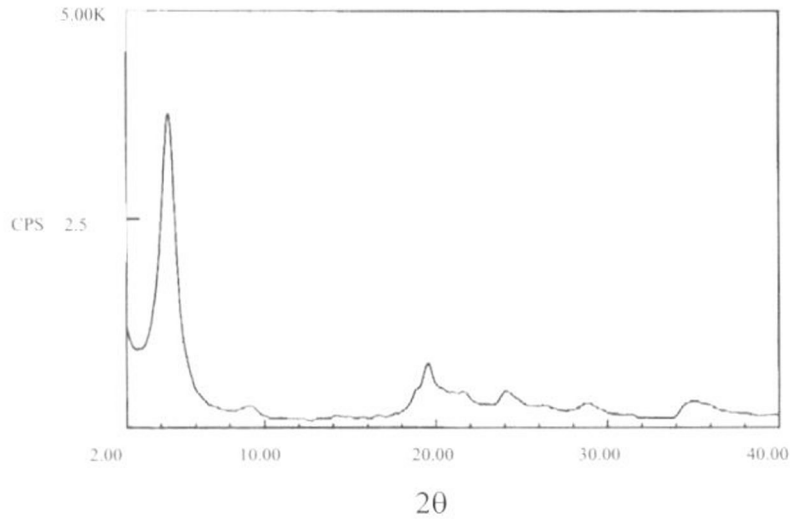
## 3. Metot

Reçine ve kil mekanik olarak 3 saat, 50°C'de karıştırılmıştır. Daha sonra kil'in daha iyi dağılması ve topaklanmanın engellenmesi için ultrasonik banyo'da 30 dakika karıştırılmıştır. Oluşan karışıma kürlenmenin başlaması için Metil Etil Keton Peroksit (MEK – P) katalizör olarak 0,9 phr eklenmiştir. Ayrıca hızlandırıcı olarak %8'lik Kobalt Naftanat solusyonu 0,2 phr eklenmiştir. Üretilen kompozitlerde Cloisite® 30B miktarı sırasıyla %3, %5, %7 ve %10 olarak tutulmuştur. Cloisite® Na<sup>+</sup> miktarı ise sırasıyla %3, %5 ve %7 olarak eklenmiştir. Gerilme testleri Lloyd 30k Universal Testing Machine ile ASTM D638M-91a standardına göre 5 mm / dak. hızında yapılmıştır. Eğilme testleri de aynı cihaz ile ASTM D790-92 standardına göre 2,8 mm/dak. hızında gerçekleştirilmiştir. Darbe mukavemeti testleri (Charpy Impact Test) ASTM D256-91a metodu, Test Metod-I Prosedür A'ya göre, Pendulum Impact Tester of Coesfeld Material cihazı kullanılarak yapılmıştır. Termal testler General V4.1C DuPont 2000 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Yüzey incelemeleri için JEOL JSM-6400 Elektron Mikroskopu kullanılmıştır. X – Ray analizleri, 2θ 1°den 10°'ye kadar CuKα ışını kullanılarak 40kV voltaj ve 30mA akım ile gerçekleştirilmiştir. Tarama hızı ve aralığı sırasıyla 2°/dak ve 0,02°'dir.

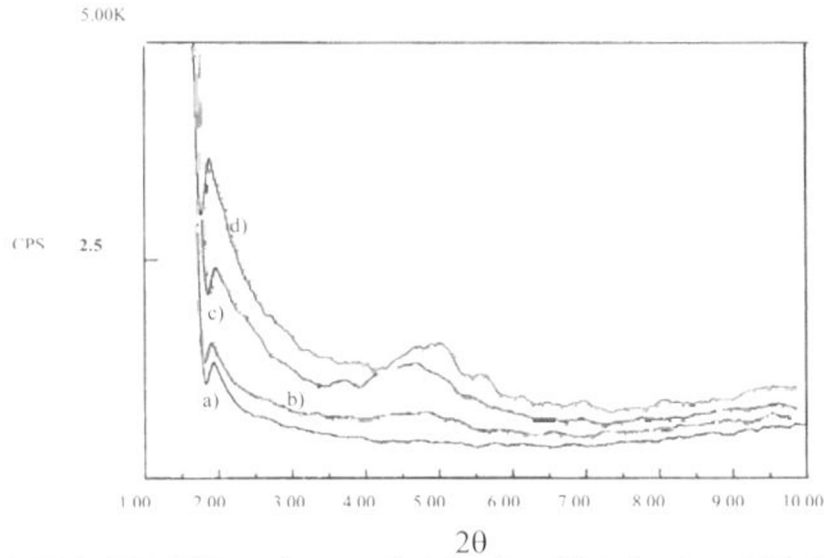
## 4. Sonuç Ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan Cloisite® 30B'nin 2θ değeri 4,4° ölçülmüş (Şekil 1) ve bunun sonucunda tabakalar arası mesafe 1,97 nm olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık Na<sup>+</sup>-montmorillonit tabakalar arası mesafe 1,25 nm olarak bulunmuştur. [7]. 4 nm'den daha geniş tabakalar arası mesafeleri görebilmek için 2θ değeri 1°'den başlatılmıştır. Şekil 2'de gösterilen X – Ray analizlerinin sonuçlarına göre elde edilen kompozitlerde, organokile ait difraksiyon piki tamamen kaybolmuş ve bunun yerine yeni pik 2θ=2°'de oluşmuştur. Bu açı değeri hesaplandığında tabakalar arası açıklığın 4,5 nm olduğu hesaplanmıştır. Bununla birlikte kil oranı %3'den fazla eklendiği durumlarda hafif bir pik 2θ=4,93°'de

( $d=1,93$  nm) gözlemlenmektedir. Bu pik organokilin orijinal piki olup nanokompozitin içerisinde az bir miktar organokilin de iyi dağılmadığını göstermektedir. Bunun sebebi ise yüksek miktardaki kilin karışım içerisinde iyi dağılamaması ve topaklanma oluşturma eğilimidir.

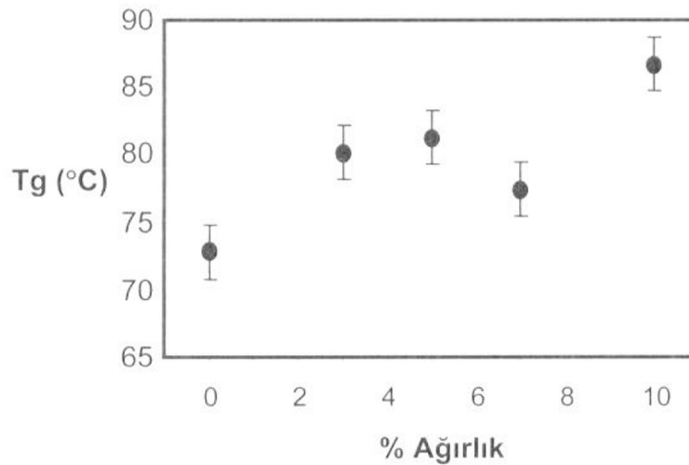


Şekil 1: Cloisite® 30B X – Ray difraksiyonu.



Şekil 2: UP/MMT nanokompozitleri X – Ray difraksiyonları a) %3, b) %5, c) %7, d) %10.

Diferansiyel Tarama kalorimetrisiyle yapılan analizlerde kil oranının camısı geçiş sıcaklığına ( $T_g$ ) etkisi incelenmiştir. Şekil 3'de artan kil oranının camısı geçiş sıcaklığına etkisi görülebilir. Camısı geçiş sıcaklığı moleküler düzeyde hareketlenme ile ilgili olduğundan, nanokompozitlerdeki  $T_g$  artışı, plakalar haline gelen kilin polimer ile çok iyi bağlandığını ve moleküler hareketlenmeyi kısıtladığını göstermektedir. Bu sonuçlar herhangi bir polimere inorganik nano boyutta kil eklendiğinde beklenebilecek bir durumdur. [7] Kil, kurlenme esnasında oluşan serbest radikalleri emdiğinden çapraz bağ yoğunluğu yüksek oranda kil eklenen durumlarda düşmesi beklenebilecek bir olaydır ve bu da  $T_g$ 'nin düşmesine sebep olabilmektedir. Ancak burada inorganik katkı oranının artırılması,  $T_g$ 'nin artmasına sebep olması bakımından daha baskın gelmektedir. %5'den sonra ise  $T_g$ 'ye etkisi inorganik katkının moleküler hareketi kısıtlaması olarak açıklanabilir.



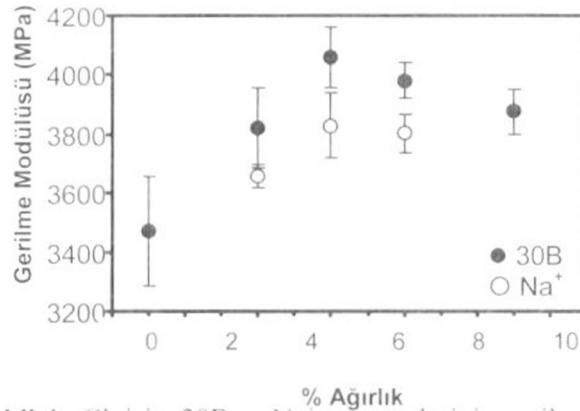
Şekil 3: Cloisite® 30B ile yapılan nanokompozitlerin camısı geçiş sıcaklıkları.

Şekil 4'den anlaşılabileceği gibi %5 Cloisite 30B içeren numunede Gerilme Modülü en yüksek değere sahiptir. Kil oranının artırılması ile beraber karışımın içerisinde toplanma artmakta ve dağılım bozulmaktadır, dolayısıyla polimer-kil etkileşim alanı yüksek kil oranlarında azalmaktadır. Ayrıca kil, çapraz bağ oranını azalttığından dolayı yüksek oranda eklenmesi modül değerlerinin düşmesine sebep olabilmektedir. Cloisite Na<sup>+</sup> numunelerinde de Gerilme Modülü değerlerinin arttığı görülmektedir. (şekil 4) Ancak bu numunelerde, örnek olarak %5 kil oranında artış sadece %10 olarak bulunmuştur. Bunun sebebi modifiye edilmemiş kilin polimer içerisinde nano boyutta dağılmamasıdır ve ancak dolgu maddesi olarak etki gösterebilmesidir.

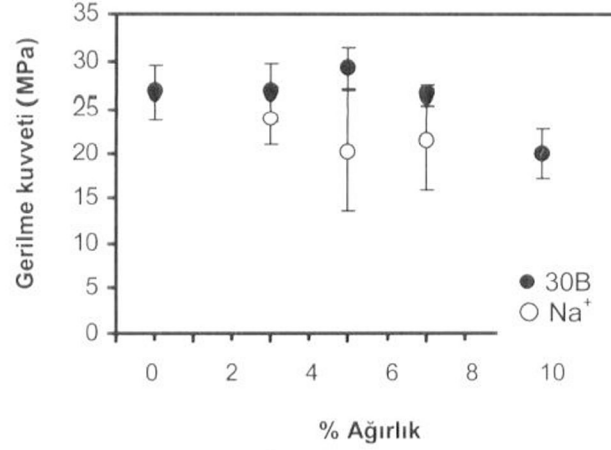
Gerilme kuvveti, % 3 Cloisite® 30B'de herhangi bir değişim göstermemiş, ancak bu noktadan sonra düşmeye başlamıştır. (şekil 5) Kil parçacıkları, özellikle yüksek konsantrasyonda kil içeren numunelerde oluşan toplanmalar, malzeme

içerisinde gerilme noktaları oluşturdıklarından malzemenin gerilme kuvvetinin düşmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, numunelerdeki kil oranı artırıldıkça polimer – kil etkileşimi azalmakta ve bu noktalarda boşluklar oluşup gerilme kuvvetinin düşmesine sebep olmaktadır. Gerilme kuvvetinin düşmesine bir etken de daha önce bahsedilen çapraz-bağ yoğunluğunun yüksek kil oranlarında düşüyor olmasıdır.

Cloisite® Na<sup>+</sup> ile yapılan denemelerde, kil modifiye edilmemiş doğal kil olduğundan polimer içerisinde daha büyük topaklanmalar oluşturmuş, dolayısıyla değerine göre daha az miktarda oluşan kil – polimer yüzey alanlarında etkileşim çok düşük gerçekleşmiştir. Ayrıca oluşan büyük çaplı topaklanmalar daha büyük gerilim noktaları oluşturarak malzemenin gerilme kuvvetini azaltmıştır. Tüm numunelerde kil eklenmesi, kopmada uzama değerlerinin düşmesine sebep olmuştur. (Şekil 6). Düşük miktarlarda kil eklendiğinde kopmada uzama değerinin düşmesi şu şekilde açıklanabilir: oluşturulan nanokompozit malzemenin büyük bir kısmı doymamış polyester ve diğer kısmı ise inorganik ve uzaması hemen hemen hiç olmayan bir malzeme olan montmorillonit kilinden oluşmaktadır ve tüm uzama sadece doymamış polyester kısmından gelmektedir. Dolayısıyla katkısız doymamış polyester diğer kompozitlere göre daha çok uzama değeri göstermektedir. Daha yüksek oranlarda kil içeren numunelerde ise kil oranının artması ile beraber uzama değerlerinin arttığı görülmektedir, bunun sebebi ise yüksek oranlarda kilin, malzemenin çapraz bağ yoğunluğunu düşürmesi olarak gösterilebilir.

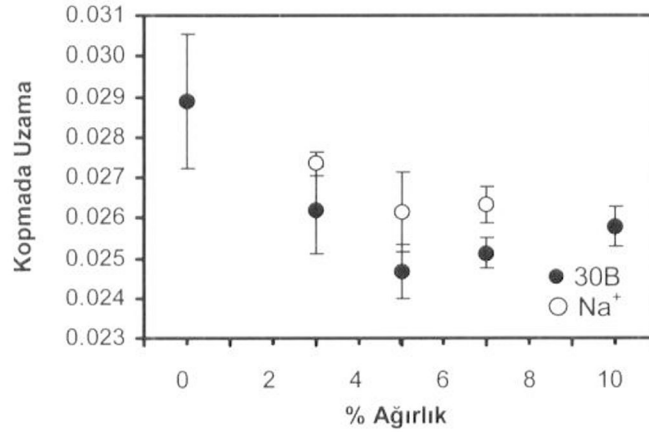


Şekil 4 : Cloisite 30B ve Na<sup>+</sup> numunelerinin gerilme modül değerleri.



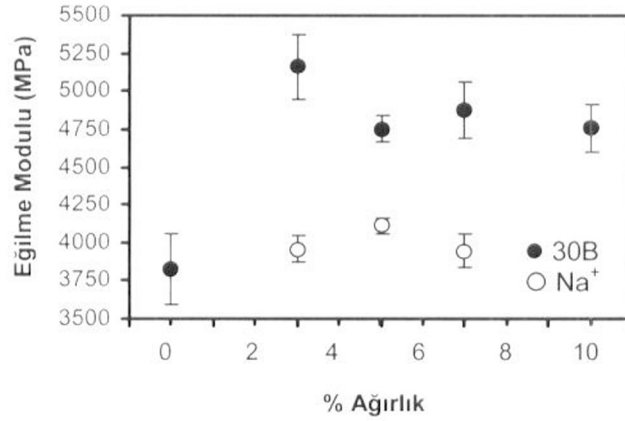
Şekil 5: Cloisite 30B ve Na<sup>+</sup> numunelerinin gerilme kuvveti değerleri

Şekil 7'den anlaşılabileceği gibi Eğilme Modülü, Kil %3 kil eklendiği durumda maksimum değerine ulaşmıştır. %7 ve daha sonrasında ise bir azalma eğilimi görülmüştür. Kil plakalarının konumlarından dolayı, Eğilme Modülündeki artış oranları, Gerilme Modülüne göre daha fazladır. Büyük bir olasılıkla kil tabakalarının konumları kalıp yüzeyine paralel olduğundan dolayı Eğilme Modülü daha yüksek değerler vermektedir.



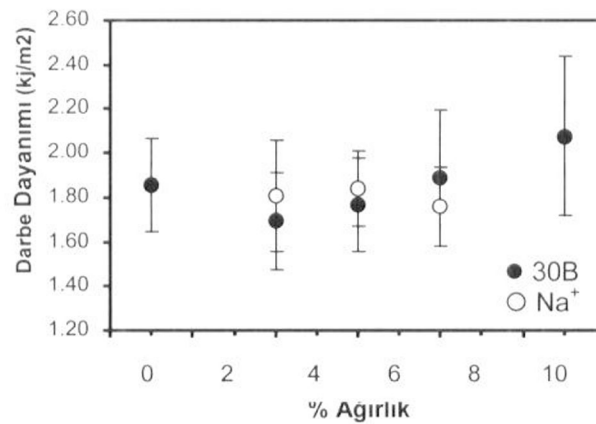
Şekil 6: Cloisite 30B ve Na<sup>+</sup> numunelerinin kopmada uzama değerleri.

Daha önce gerilme sonuçlarında karşılaşıldığı gibi yüksek kil oranlarında, kil-polimer etkileşimi düşük olduğundan ve topaklanmadan dolayı eğilme modülü de aynı şekilde düşme eğilimi göstermektedir. Cloisite® Na<sup>+</sup> içeren numunelerde ise polimer zincirlerinin etkin bir şekilde kil tabakaları arasına girememesinden dolayı eğilme modülünde kayda değer bir artış olmamıştır. (Şekil 7)



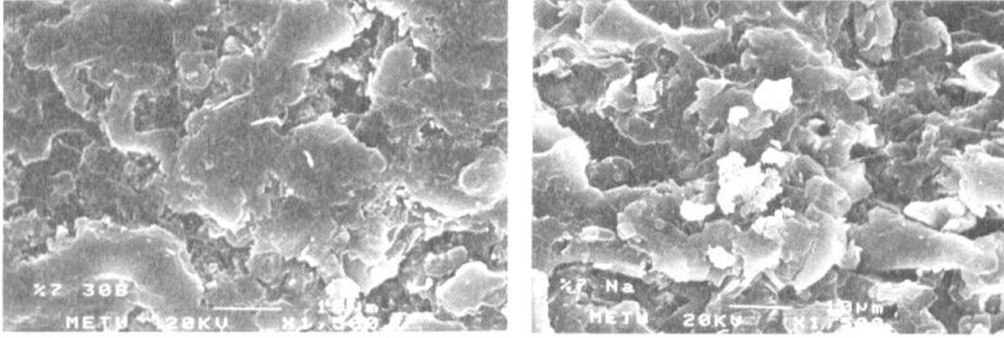
Şekil 7: Cloisite 30B ve Na<sup>+</sup> numunelerinin eğilme modülü değerleri.

Darbe dayanımı testleri sonucunda Cloisite 30B içeren numunelerde, kil kırılmanın tetiklenmesine sebep olduğundan, darbe dayanımının ilk önce düştüğü fakat kil oranı artırıldıkça kil tabakalarının darbe emici olarak görev yapmasından dolayı darbe dayanımlarının artmaya başladığı gözlemlenmiştir. (Şekil 8) Cloisite® Na<sup>+</sup> ile yapılan numunelere bakıldığında ise, polimer kil tabakaları arasına girerek tabakaları açmadığından dolayı kilin topaklanmasına sebep olmuş ve bu yüzden darbe dayanımını arttıramamıştır.



Şekil 8: Cloisite 30B ve Na<sup>+</sup> numunelerinin darbe dayanımı değerleri.

Şekil 9'da topaklanmanın Cloisite® Na'da Cloisite® 30B'ye göre daha büyük ve yoğun olduğu görülmektedir. Şekil 9'dan anlaşılabacağı gibi boyut olarak büyük parçacıkların bulunması yapılan kompozitin nano boyutlarda dağılım içermediği ve dolayısıyla Darbe mukavemeti başta olmak üzere Cloisite® Na'ı içeren numunelerin mekanik özelliklerinin düştüğü anlaşılmaktadır.



Şekil 9: Darbe Mukavemeti Testi sonrası oluşan ara yüzeylerin Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) görüntüsü. a) %7 Cloisite® 30B b) %7 Cloisite® Na'.

## 5. Sonuç

Doymamış polyestere çok düşük oranlarda organik olarak modifiye edilmiş kil eklenmesi sonucunda, kil tabakalarının büyük bir kısmının birbirinden tamamen ayrılmış halde (exfoliated) nanokompozit elde edilmiştir. Kompozitlerin X ışını kırınımları, modifiye edilmiş montmorillonitin tabakalar arası mesafesini 1.25 nm'den 4.5 nm'ye çıktığını göstermiştir. Camı geçiş değerleri dolgunuz doymamış polyesterde 72°C'den, %10 organik olarak modifiye edilmiş kil içeren montmorillonitte 86°C'ye çıkmıştır. Modifiye edilmiş montmorillonitin dağılımının modifiye edilmemiş olandan daha fazla olduğu görülmüştür. Mekanik özellikler de bu bulumları desteklemektedir. Ağırlıkça %3 – 5 modifiye edilmiş montmorillonit içeriğinde darbe dayanımı minimum değeri gösterirken, gerilme modülü, gerilme kuvveti, eğilme modülü, eğilme kuvveti maksimum göstermektedir.



## 6. Referanslar

1. A. Okada, M. Kawasumi, Ausuki, Y. Kojima, T. Kurauchi, and O. Kamgaito, "Nylon 6 – clay Hybrid", Mater. Res. Soc. Proc., 171, 45 – 50 (1990)
2. Richard A. Vaia, Klaus D. Jandt, Edward J. Kramer and E. P. Giannelis, "Kinetics of Polymer Melt Intercalation", Macromolecules, 28, 8080 – 8085 (1995)
3. Dong Choo Lee, Lee Wook Jang, "Characterization of Epoxy – clay Hybrid Composite Prepared by Emulsion Polymerization", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 68, 1997 – 2005 (1998)
4. X. Kornman, L. A. Berglund, J. Sterte and E. P. Giannelis, "Nanocomposites Based on Montmorillonite and Unsaturated Polyester", Polymer Engineering and Science, V38 No:8 p: 1351 – 1358 (1998)
5. Y. Ke, Jiankun Lü, X. Yi, J. Zhao, Z. Qi, "The Effects of Promoter and Curing Process on Exfoliation Behavior of Epoxy/clay Nanocomposites", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 78, 808 – 815 (2000)
6. X. Kornmann, H. Lindberg, L. A. Berglund, "Synthesis of Epoxy – clay Nanocomposites. Influence of the Nature of the Curing Agent on Structure", Polymer, 42, p: 4493 – 99 (2001)
7. T. Agag, T. Koga, T. Takeichi, "Studies on Thermal and Mechanical Properties of Polyimide – clay Nanocomposites", Polymer, 42, p: 3399 – 3408 (2001)
8. X. Fu, S. Qutubuddin, "Polymer – clay Nanocomposites: Exfoliation of Organophilic Montmorillonite Nanolayers in Polystyrene", Polymer, 42, p: 807 – 813 (2001)

I. POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE SERGİSİ

17-19 Kasım 2006 - İZMİR

---

## KOMPOZİT MALZEME TANIMLAR, TESTLER VE KULLANIM

### COMPOSITE MATERIALS DEFINITIONS, TESTS AND USE

**Prof. Dr. Teoman TİNÇER**  
Kimya Bölümü ODTÜ 06531 Ankara

#### Özet

Kompozit malzeme tanımlaması 1940'ların sonunda cam elyaf takviyeli doymamış poliester (CTP) ile başlar. Sonraki yıllarda bu kavram genişletilerek iki veya daha fazla farklı malzemenin birleşiminden hazırlanan sağlam, dayanıklı, kararlı ve birleşenlerine göre daha üstün performanslı malzemeler için kullanılmaya başladı. Oysa bu tanım öncesinde kullandığımız malzemelerin bir çoğu kompozit özelliğini taşımaktaydı. Sürekli bir faz, bunun içinde dağılmış takviye edici özellikleri içeren farklı bir fazın kompozit oluşumu ve tanımlaması için yeterlidir. Örneğin karbon çeliği (%99,2 demir sürekli faz ve sünek davranış) ve bunun içine dağılmış olan  $Fe_3C$  yapısında sementit (kırılgan ve sert) ki toplam olarak %0,8 karbon içeren bir kompozit olarak tanımlanabilir. Benzer örnekler ele alındığında ortamda homojen ve sürekli fazla iyi etkileşimi olan bir mikro yapı ortaya çıkar. Mikro yapının bir ucunda continue elyaf ile yapılan kompozit malzemeler (cam, karbon, vb) diğer yanda ise 1990'lar başlayan "nano kompozitler" vardır. Ayrıca kas dokusu, odun yapısı gibi örneklerde doğal kompozitlerdir.

Kompozit malzemenin üstünlüğünü sağlayan en önemli etken iki farklı maddenin uyum içinde birlikte davranmasıdır. Farklı malzemelerin yüzey etkileşimlerinin ister kimyasal bağ olarak ister fiziksel etkileşim olması bir kompozit malzeme istenilen ve beklenen bir unsurdur. Sonuçta bu etkileşim farklı malzemelerin uyum içinde birlikte davranma özelliğini ortaya çıkaracaktır. Bir kompozit malzeme amacına göre beklentiler çok farklı olabilmektedir. Akla ilk gelen yüksek mekanik özelliklerdir. Öte yandan, ısı davranış, elektrik özellikleri, kimyasallara ve değişken çevre koşullarına karşı dayanıklılık, optik özellikler vb özellikler kompozit malzemenin amaçlarına uygun olarak yapılmasını gereğini de ortaya çıkarmaktadır.

Polimer kompozit malzemeler için iki önemli kavram vardır. İlk olarak, polimere, sürekli faza, eklenen ve genellikle daha sert ve kırılgan maddelerin özelliklerinin tanımlanması ve belirlenmesidir. İkinci önemli etkende bu iki farklı

malzemeyi birbirleriyle olan etkileşimidir. Kalsiyum karbonat ile elde edilen bir kompozitin (PP veya PE için) yüksek mekanik özellikleri olması beklenemez bu durumda kalsiyum karbonat bir takviye etkisi olmayan bir dolgu malzemesi olarak ele alınabilir. Öte yandan kısa cam elyaf kullanımı bir takviye malzemesi olarak termoplastik için uygun olsada, yeterli yüzey etkileşimi sağlamaz ve uygun işleme koşulları olmazsa bir dolgu malzemesi olan kalsiyum karbonattan biraz daha iyi mekanik özellikler sağlayabilir.

Polimer kompozit malzemelerin polimer ve katkı (dolgu veya takviye) birleşenlerinin amaca yönelik seçiminin sonrası yapılacak olan karakterizasyon da değişkenlik gösterir. Karakterizasyon testlerinin amacı son ürün kalitesinin belirlenmesi ve bunun sürekliliğinin sağlanmasıdır. Ancak temel ham madde karakterizasyonu, kalitesiyle birlikte üretimin öngörülen şartlarda sürdürülmesi gereklidir.

Kompozit malzemelerde içeriklerin çok değişken olmaları nedeniyle yapılabilecek küçük değişiklikler son özellikleri etkileyebilir. Bu nedenle kompozit bir malzemenin, çok bilinen türlerde dahil, içeriğinde yapılabilecek kimyasal veya fiziksel değişiklikler özelliklerde çok ani atlamalara neden olabilir. Buna en güzel örnek 1990'ların başına kadar plastikler ve kauçuklar için bir dolgu maddesi olarak kullanılan kilin mikro boyuttan nano boyutta inerek ağırlıkça %1 ile 3 kullanımı sonucu "nano" kompozit oluşudur. Küçük ve akıllı bir kimyasal oynama (kildeki  $\text{Na}^+$  yerine kuaterner ammonyum tuzları sokmak) ile kil plastikle çok iyi karıştırmakta ve daha uyumlu olarak çok az eklemelerde bile yüksek mekanik özellikler sağlamaktadır.

### Abstract

The word "composite materials" has been first used for glass fiber reinforced polyester in late 1940's. The concept of composite has then broaden its meaning in the later years as the composition of two or more materials having strong, stable and tough high performing materials compared to their individual constituents. Yet most of the materials we have used previously and continue using today are apparently composite. A continuous phase and a dispersed phase having reinforcing effect in this matrix is one of the definitions of forming a composite material. Carbon steel (99.2% iron, continuous phase, ductile) and Sementite of  $\text{Fe}_3\text{C}$  (0.8% total C in iron, brittle and hard) dispersed in the iron is a composite. The similar examples show that in the composite matrix there exists a homogenous dispersion with a strong interaction between two phases which results in the micro structure. Beyond this micro structure, dispersion of one phase into another and also the continuous fiber composites (glass, carbon fibers) nano composites are among the recently developed materials. Furthermore wood and muscle are the two examples of natural composites.

The superiority of the composite material comes from the adherence of the different materials which act in harmony. The interfacial interaction arises from either in chemical or physical means of the different composing materials is the

required and must factor. The interfacial adherence therefore causes a conclusive compatible behavior of these two different materials. However, the expectations for a composite system may be various. The first and major concern is the high mechanical properties. On the other hand, thermal behavior, electric properties, endurance against chemicals and alternating environmental conditions, optical properties etc. are the necessary concerns for the specialty of the composite production.

There are two important conceptual concerns for the composites. Firstly the substances, generally hard and brittle, which are combined with the continuous phase, i.e. polymer, should be well defined and determined. The second crucial factor is the interaction between these materials; possible highest interfacial adhesion is required. A calcium carbonate composite (in PP or PE matrix) is not expected to have high mechanical properties. Therefore calcium carbonate can be regarded as filler without a reinforcing effect. On the other hand, short glass fiber is very suitable reinforcing filler but if proper interfacial adhesion between the polymer and the filler and suitable processing conditions are provided. Otherwise this mixture would only produce a little improvement, slightly better than calcium carbonate filled matrix.

Because alternating components in the composite materials small changes in the ingredients may affect the final properties. Even for a well known and classified composite material a minute change via chemical or physical means can cause sudden jumps in their properties. Clay used as filler material for plastics and rubbers until 1990's become nano composite by changing its size from micro to nano when added 1 – 3 % by weight into polymer matrix. A small and wise chemical change (replacing Na<sup>+</sup> by quaternary ammonium ion salts) the clay mixes easily with plastics and become more compatible to produce high strength even small additions.

