



Arsenik ve Kurşun İçeren Optik Camların Ekolojije Etkileri

Ömer Faruk FARSAKOĞLU¹ İpek İNAL¹ Hikmet Y. ÇOĞUN² Mehmet DEMİR³ Semih KUNAK⁴ Hikmet KOCABAŞ⁵

¹Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 79000, Kilis

²Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, 79000, Kilis

³Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, 79000, Kilis

⁴Giresun Üniversitesi, Tıp Fakültesi, 28000, Giresun, ⁵İ.T.Ü., Makine Fakültesi, 34437, Gümüşsuyu, İstanbul

*Sorumlu Yazar:

E-posta: ffarsakoglu@kilis.edu.tr

Geliş Tarihi: 05 Mayıs 2012

Kabul Tarihi: 06 Temmuz 2012

Özet

Optik sistemleri oluşturan temel optik öğeler genel olarak optik cam malzemeden üretilmektedir. Optik camlar; gösterdiği performans yönünden kron ve flint olarak iki grupta değerlendirilmektedir. Optik camlar kimyasal yapıları yönünden de kendi aralarında gruplara ayrılmaktadır. Bu yapılar içerisinde çeşitli kimyasal katkı maddeleri optik camların optik özelliklerinin değişimine neden olmaktadır. Bu katkı maddeleri içerisinde; Arsenik ve Kurşun; optik camların kırılma indislerinde ve buna bağlı olarak Abbe sabitlerinde, dolayısıyla göstereceği dispersiyon değerlerinde ve geçirgenlik değerlerinde değişimler oluşturmaktadır. Katkı maddesi Kurşun optik camın kırılma indisini istenilen değerlere yükseltmemize imkân sağlarken, Arsenik ışık geçirgenliğini IR bölge içerisinde daha yüksek dalga boylarına taşımaktadır. Bu sonuçlar çerçevesinde imalatçıların, optik cam üretiminde Arsenik ve Kurşun katkı maddelerini kullandıklarını izlemektediriz. Optik camların bu katkı maddelerini bünyesinde taşıması, dolayısı ile optik camlarla yapılan optik imalat bu bileşiklerin atık olarak akarsulara karışmasına ve toprağa nüfus etmesine neden olmaktadır. Optik camlarla yapılan imalat üç proseste ele alınmaktadır. Bunlar; kesme, baskı ve kalıplama prosesleridir. Bu üç proses içerisinde kesme prosesi hassas ve yaygın bir şekilde kullanılan optik sistemlerin imalatında kullanılmaktadır. Bu proses ile yapılan imalatlarda yaklaşık 1/3 ile 2/3 oranları arasındaki optik cam sıvı partiküller halinde doğaya verilmektedir. Bunun da ekolojik dengeyi koruması açısından çok öneme haiz olduğu görülmektedir. Bu çalışmada özellikle Arsenik ve Kurşun içeren optik camların farklı imalat proseslerinde ekolojije yapabilecekleri etkiler incelenmiştir. Bu yönde Arsenik ve Kurşunun canlılar üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Optik Camlar, Optik İmalat, Kesme Prosesi, Arsenik, Kurşun, Ekolojik Etki

GİRİŞ

Optik sistemlerin gelişiminin başlangıç tarihi El Heysem'e (965-1039) kadar uzanmaktadır. El Heysem modern optiğin kurucusu olup[1] o tarihten itibaren günümüze kadar geçen zaman süreci içerisinde, optik sistemler gelişmiş ve imalatlarında optik camlar kullanılmıştır. Optik sistemlerin tam olarak gelişimi 19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren başlamış ve 20. yüzyılın başlarından itibaren yoğun bir üretim akışı içerisinde girilmiştir. Optik sistemlerin imalatında optik camlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında polimer esaslı optik plastik malzeme çeşitleri de optik sistemlerin imalatında kullanılmaktadır. Günümüzde yaklaşık 300 çeşit farklı özellikte üretilen optik cam mevcuttur [2]. Bu optik camlar Schott, Ohara, Hoya, Corning, Pilkington gibi belli başlı büyük firmalar tarafından imal edilmektedir [8-12].

Arsenik ve Kurşun optik cam kompozisyonu içerisinde optik geçirgenlik ve kırılma indisinin değişimine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte Arsenik optik cam imalatına farklı bir imalat prosesi sağlamıştır. Bu, camdaki Arseniğin imalatı yaptığı etki olarak görülmektedir [3]. Kristal cam üretiminde kullanılan kurşunun toprağa verdiği kirlilik İsveç'te 1870'li yıllardan zamanımıza kadar Referans 4 'te ele alınmıştır.

Yüksek saflıkta Arsenik esaslı optik camların üretimiyle ilgili yapılan çalışmalar Referans 5'te belirtilmiştir. Optik cam üreticilerinin yanı sıra; IR geçirgenliğe sahip camların üreticileri içerisinde Amorphous Materials Inc., elektro optik sistemlerde kullanılan mercek camlarını üretmektedir. Bu mercek camlarının Ge-As-Se, As-Se, Ge-Sb-Se, As-Se, As-S ve As-Se-Te kimyasal kompozisyonlarına sahip olduğu görülmektedir [6].

Optik camların her biri farklı kompozit yapıya sahiptir. Bu kompozit yapıları oluşturan element ve bileşikler içerisinde Arsenik ve Kurşun ekolojik yönden önemli bir konu teşkil etmektedir. Bu çalışmada optik sistemlerin imalatında, Arsenik ve Kurşun içeren optik camların ekolojije olan etkileri incelenmiştir. İlk aşamada optik camların kimyasal yapıları göz önüne alınarak optik özellikleri tartışılmıştır. Daha sonra ikinci etapta optik camlarla yapılan optik imalat prosesleri ele alınmıştır. Bu optik imalat prosesleri içerisinde kesme prosesinin optik cam malzemenin atık malzeme olarak nümerik analizi yapılmıştır. Müteakiben ise Arsenik ve Kurşunun optik imalat sonrası atık malzeme olarak suya ve toprağa karışması sonucu insan sağlığına olan zararları tartışılmıştır. Bununla birlikte Arsenik ve Kurşunun atık malzeme olarak hayvanlara ve bitkilere olan zararları da incelenmiştir. Ayrıca atık malzeme olarak Arsenik ve Kurşun oranları uluslararası standartlar yönünden değerlendirilmiştir.

Optik Camlar

Genel olarak cam malzeme, kristallenmeden katı hale soğutulmuş inorganik bir ergime ürünü olarak tanımlanır. Camlar, sıvılar gibi izotropik bir özellik gösterirler. Bu optik uygulamalar için önemli bir özelliktir. Kristal bir yapı sergilemeyen diğer malzemelerden farklı olarak camlar genellikle bir ergime prosesi ile üretilir. Bununla birlikte diğer cam üretim metodları; kimyasal buhar biriktirme ve sol-jel prosesleridir. Bu prosesler kullanılan metodlar, eritme prosesi ile yapılamayan cam yapıdaki birçok malzemenin üretilmesine imkan sağlar. Optik uygulamalar için üretilen camlar, aşağıda belirtilen özellikleri taşıyan camların bir grubu olarak tanımlanır [7].

1. İyi tanımlanmış optik özellikler,
2. Optik olarak homojen performans,
3. Kabarcık, çizgi, gerilme, yabancı madde bulunmaması.

Bu özellikler optik cam üretiminde vazgeçilmez şartlar olarak göz önüne alınmaktadır. Optik camların tarihi gelişimi 3 ayrı zaman diliminde gerçekleşmiştir.

1. Zaman Dilimi: 1880 yılından önce üretilen optik camlar. Bunlar düşük dispersiyona sahip kron camlar ve yüksek dispersiyona sahip flint camlardır.

2. Zaman Dilimi: 1880-1895 yılları arasında B_2O_3 , P_2O_5 ve BaO bileşiklerinin kullanımı ile yeni optik camlar geliştirilmiştir. Bu uygulama ile birçok yeni cam elde edilmiştir.

3. Zaman Dilimi: 1930-1940 yılları arasında lantanum – kron ve lantan flint optik cam grupları geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda boron-lantanum sistem bazlı veya fosfat içeren florin camlar geliştirilmiştir.

Optik cam üretiminde özgün olarak "kron" terimi SiO_2 -CaO- Na_2O cam sistemine ait optik camlar olarak tanımlanır. "flint" terimi ise SiO_2 -PbO sisteminin camları için kullanılır. Optik özellikleri bakımından kron camlar kırılma indisi $n_d < 1,6$ ve Abbe sabiti $v_d > 55$ koşulunu, flint camlar ise $n_d > 1,6$ ve Abbe sabiti $v_d < 50$ koşulunu sağlamaktadır. Zamanımızda

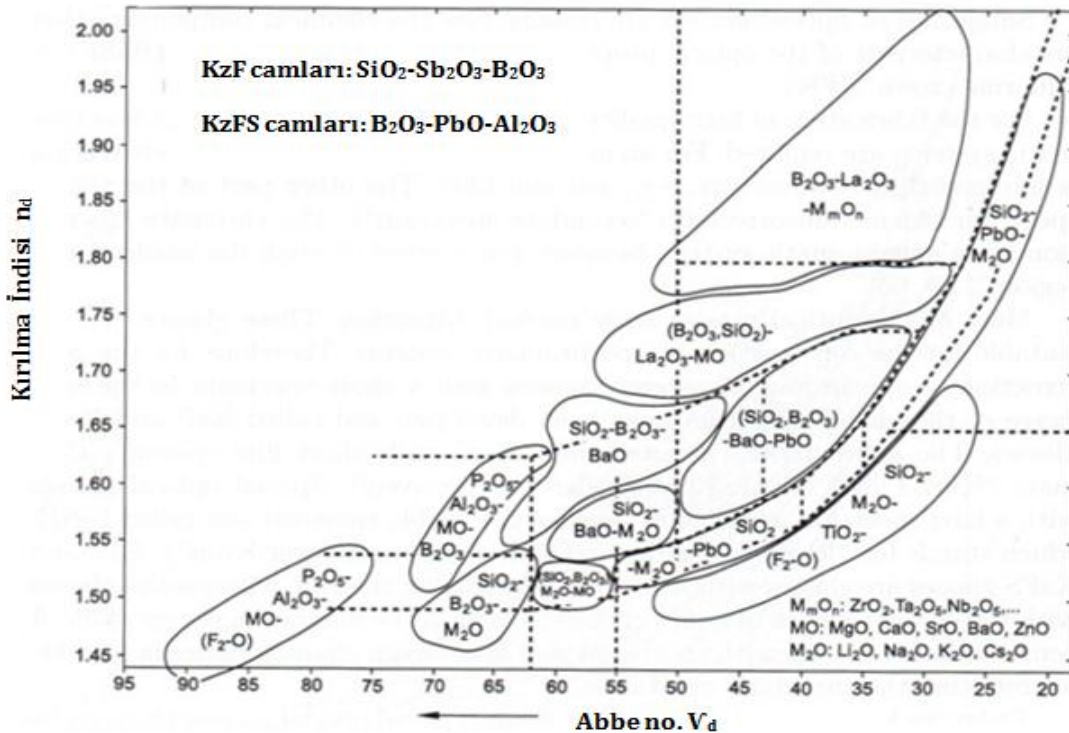
optik özelliklerine göre sınıflandırılmış yaklaşık 300 farklı tipte optik cam mevcuttur. Aşağıda Kimyasal yapılarına göre mevcut cam sistemleri verilmiştir [7].

1. SiO_2 - B_2O_3 - M_2O
2. SiO_2 - B_2O_3 - BaO
3. SiO_2 - BaO - M_2O
4. (SiO_2, B_2O_3) - M_2O - MO
5. (SiO_2, B_2O_3) - BaO - PbO
6. SiO_2 - PbO - M_2O
7. P_2O_5 - MO - B_2O_3 - Al_2O_3
8. P_2O_5 - Al_2O_3 - MO - (F_2O)
9. (B_2O_3, SiO_2) - La_2O_3 - MO
10. B_2O_3 - La_2O_3
11. SiO_2 - Sb_2O_3 - B_2O_3
12. B_2O_3 - PbO - Al_2O_3
13. SiO_2 - M_2O - TiO_2 - (F_2O)

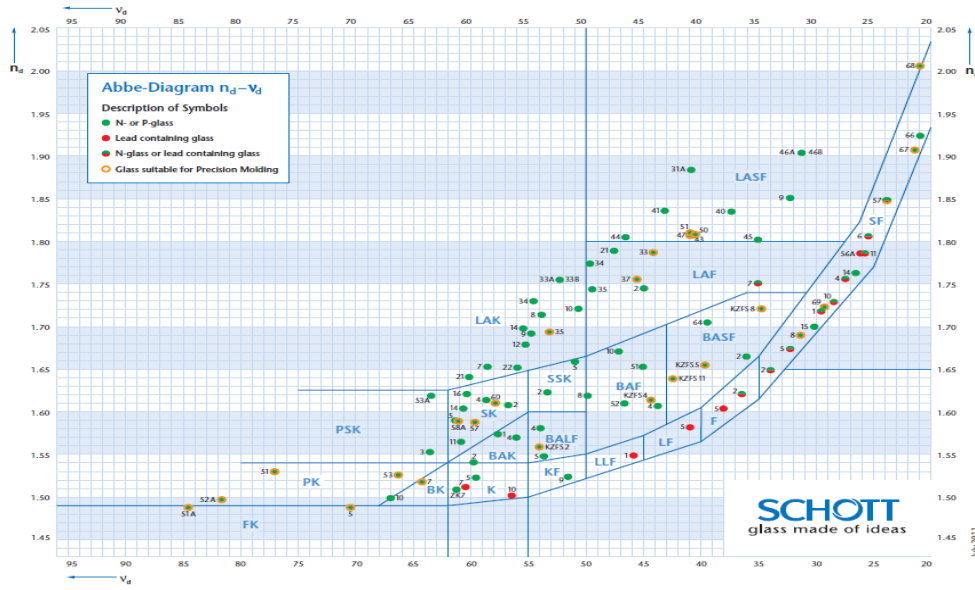
Bu cam sistemlerinin Abbe sayısı v_d 'ye karşı kırılma indisi n_d 'nin dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Arsenik ve Kurşun içermeyen optik camların üretim faaliyetleri 1990'lı yıllarda başlamıştır. Özellikle Arsenik içermeyen camların üretimi gerçekleştirilirken, Kurşun içeren optik camlar optik özellikleri itibari ile üretimleri sürdürülmekte ve şekilde verilen dağılımda yer almaktadır.

Optik cam üreticisi Schott tarafından üretilen optik camların Abbe sabiti v_d 'ye karşı kırılma indisi n_d 'nin değişimi Şekil 2'de verilmiştir. Burada Arsenik-Kurşun içermeyen camlar ve yapısında Kurşun içeren camlar gösterilmiştir [8].

Kalkojenitler; Oksijen (O), Kükürt (S), Selenyum (Se) veya Tellür (Te) gibi kalkojenler ile Arsenik (As) gibi elektropozitif elementlerin oluşturduğu ikili bileşikleridir. Bunlara örnek olarak As_2S_3 gösterilebilir. Bu bileşik amorf yapıda olup optik cam malzeme olarak üretilmektedir. 3-5 μm ve 8-12 μm IR bölgelerde band geçirgenlikleri vardır. As_2S_3 toksik bir malzemedir. Diğer bir benzer kalkojenit cam yapı As_2Se_3 bileşimidir. As_2Se_3 aynı zamanda As_2S_3 ile oldukça benzer özellikler göstermektedir.



Şekil 1. Abbe sayısı v_d 'ye karşı kırılma indisi n_d 'nin dağılımı içerisinde optik cam gruplarının gösterimi [7].



Şekil 2. Abbe sayısı v_d 'ye karşı kırılma indisi n_d 'nin değişiminde Schott optik camlarının dağılımı[8].

Çizelge 1. Amorphous Materials Inc. tarafından üretilen IR camların optik ve mekanik özellikleri

Özellik	AMTIR-1	AMTIR-2	AMTIR-3	AMTIR-4	AMTIR-5	AMTIR-6	C1
Kompozisyon	Ge-As-Se	As-Se	Ge-Sb-Se	As-Se	As-Se	As-S	As-Se-Te
Geçirgenlik Bandı (μm)	0.7-12	1.0-14	1.0-12	1.0-12	1.0-12	0.6-8	1.2-14
Kırılma İndisi ($10\mu\text{m}$)	2.4981	2.7613	2.6027	2.6431	2.7398	2.3807	2.8051
$\Delta n/\Delta T^\circ\text{C} \times 10^{-6}$ ($10\mu\text{m}$)	+72	+5	+91	-23	<1($5\mu\text{m}$)	<1	31
Knoop Sertliği	170	110	150	84	87	109	110
Termal Genleşme $10^{-6} / ^\circ\text{C}$	12	22.4	14	27	23.7	21.6	23
Yoğunluk (gm/cm^3)	4.4	4.66	4.67	4.49	4.51	3.2	4.69
Young Modülü ($\times 10^6$ psi)	3.2	5.6	3.1	2.2	2.56	2.3	1.8
Yumuşama Noktası ($^\circ\text{C}$)	405	188	295	131	170	210	154
Cam İletkenlik Sıcaklığı ($T_g^\circ\text{C}$)	368	167	278	103	143	187	133

Kalkojenit IR camlar aynı zamanda Tl-As-Se, Tl-As-S, Ca-La-S ve Ge-As-Se'nin tipik üçlü bileşikleridir. Bunlara örnek olarak Tl_3AsS_4 ve Tl_3AsSe_3 gösterilebilir [13]. Arsenik içeren ve optik cam özelliği gösteren bu bileşikler yüksek IR geçirgenlik değerlerine sahiptir. 3- $5\mu\text{m}$ ve 8-12 μm IR bölgelerinde yüksek ışık geçirgenliğine sahip bu bileşiklerin oluşturduğu optik camlar gece görüş sistemlerinde kullanılmaktadır. Örnek olarak bu bileşikleri kullanan IR cam üreticisi Amorphous Materials Inc. tarafından üretilen optik camlar Çizelge 1'de verilmiştir [6]. Tabloda IR sistemlere ait mercek tasarımına imkân veren 7 farklı optik cama ait optik ve mekanik özellikler verilmiştir.

Optik İmalat Prosesleri

Optik sistemleri oluşturan optik öğeler; mercek, prizma ve paralel levhalar genel olarak optik camlardan üretilmektedir. Bu optik öğelerin optik imalat prosesleri, kullandıkları optik sistemin hassasiyetine göre seçilmektedir. Bunlar kesme, basma ve kalıplama (döküm) prosesleridir.

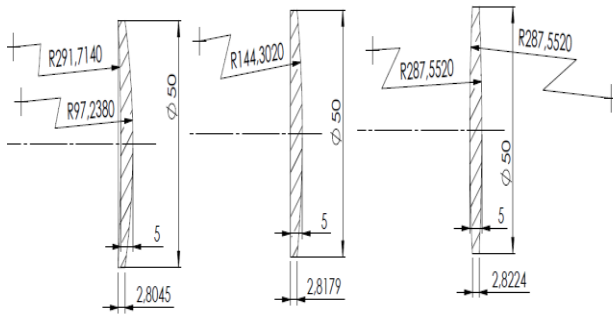
Kesme prosesi, optik öğelerin yüksek hassasiyette üretimlerinin yapıldığı bir metottür. Üretilen mercek, prizma ve paralel levha yüzeyleri Newton halkaları ve düz girişim

çizgileri yönünden en üst standartlara sahiptir. Mercek üretimi için kesme prosesinin kullanıldığı imalat adımları optik cam malzemenin parça kesimi, yuvarlatma, radyus oluşturma, ince frezeleme, polisaj, merkezleme ve optik kaplama işlemleridir. Optik imalata örnek olarak; tasarımı yapılmış ve üretilcek üç ayrı formdaki paraksial odak uzaklığı $f = 200$ mm ($f/4.0$) olan ölçülendirilmiş mercek kesitleri Şekil 3'te verilmiştir. Buna göre, Coddington şekil faktörü $q = -2, +2$ için kesme prosesinin birinci imalat adımında katı modelleme yapılarak hazırlanan optik cam malzemeden kesilen parça resmi Şekil 4.a'da verilmiştir. İlk adımdaki optik cam parçanın imalatının son adımında elde edilen $q = -2, +2$ için mercek formu Şekil 4.b'de verilmiştir. Şekil 4.c'de kesme prosesi imalat adımlarının uygulanması sonucunda atık optik cam malzemesi görülmektedir. $q = (-1, +1); 0$ için birinci imalat adımında optik cam parça, son adımda elde edilen mercek formları ve artı kalan optik cam malzeme katı model imalat resimleri Şekil 5 ve 6'da verilmiştir. Katı model şekillerde ilave ölçülendirme olarak dikkatörten prizma kare kenarları için 5mm ve kalınlık için 2 mm alınmıştır. Şekil 4.c, 5.c ve 6.c'de verilen cam malzeme cam tozu halinde imalat atığı olarak dışarı atılmaktadır. Şekil 3'te verilen üç ayrı mercek formu

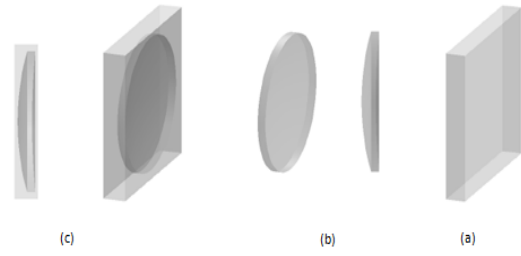
göz önüne alındığında kesme prosesinin ilk adımında elde edilen cam parçanın; Coddington şekil faktörü $q = -2$ için % 68,5, $q = -1$ ve $q = 0$ için yaklaşık % 63,7 oranında atık cam toz olarak sıvı içerisinde dışarı atılmaktadır. Bu metod hassas optik sistemlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bu verilere göre yaklaşık bu formda mercek üretiminin yapıldığı varsayıldığında; yılda 50.000 adet mercek hassas optik standartları kullanılarak kesme metoduyla üretilirse kullanılan 4753,5 kg optik camdan 3029-3256 kg'ı atık malzeme olarak dışarıya atılacak demektir. Cam tozu olarak ortaya çıkan atık malzeme Arsenik ve Kurşun içeren camlar için önemli ekolojik etki kaynağı olacağı değerlendirilmektedir.

Basma prosesi ile optik imalat 2 farklı metod kullanılarak yapılmaktadır. Bunlardan birincisinde optik camlar ısıtılarak yumuşatılırlar. Daha sonra yumuşatılmış optik camlar parçalara ayrılarak tasarımı yapılmış mercek ve prizma kalıpları içerisinde yerleştirilir ve preslenirler. Preslenen bu mercek ve prizmalar tavlama işlem sürecinden geçirilerek üzerindeki gerilmeler alınır. İkinci basma prosesi metodunda ise optik cam erime fırınından viskoz cam halinde mercek ve prizma kalıplarına her bir mercek ve prizma büyüklüğünde kesilerek alınır. Daha sonra kalptaki yumuşak cam malzeme preslenir ve soğutma tüneline alınır. Bu işlemin sonunda preslenmiş mercek ve prizmalar üzerindeki gerilmeler alınır ve basma prosesi ile yapılan imalat bu şekilde tamamlanmış olur. Basma prosesi ile yapılan imalatlarda mercek ve prizma ölçülerinde ince preze ve polisaj işlemleri için ilave ölçülendirmeler yapılır. Bu ilave ölçülendirmeler ince freze ve polisaj işlemleri sonucunda atık cam olarak dışarıya atılır. Basma prosesinin kullanımı için ilave ölçülendirme merceklerde; mercek çapı (\emptyset) için ilave 1.5 mm ve merkez kalınlığı için ilave 1.6 mm/ $\emptyset/100$ olarak alınmaktadır [13]. Kesme prosesi ile yapılan optik imalatla basma prosesi ile yapılan imalat karşılaştırıldığında; dışarıya atılan atık cam malzeme basma prosesinde oldukça azalmaktadır. Diğer taraftan bütün optik camlar basma prosesinin kullanımına imkan vermemektedir. Şekil 2'de basma prosesi ile optik imalata izin veren camlar belirtilmiştir.

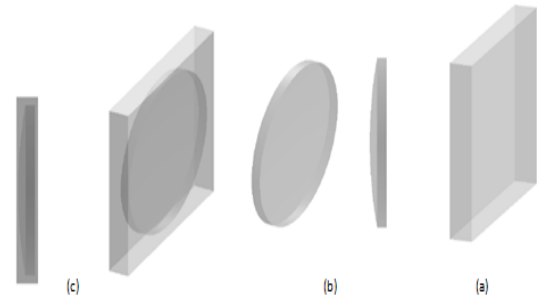
Kalıplama prosesinde ise eritme tankında optik cam sıvı olarak kalıba alınır. Üretilen mercek ve prizmaların camla temastaki kalıp yüzeyleri bu proses sonrasında yüzeyleri parlaktır. Bu nedenle ince freze ve polisaj işlemleri uygulanmaz. Bu prosesle atık cam malzeme oluşmamaktadır. Fakat bu prosesle hassas optik imalat toleransların yüksek olması nedeniyle yapılamamaktadır.



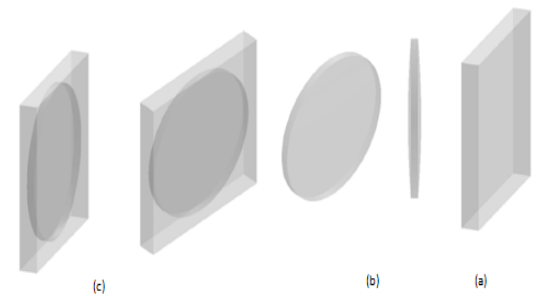
Şekil 3. Menisküs, düzlem - dışbükey ve çift dışbükey mercek kesitleri; Merceklerin Coddington şekil faktörleri soldan sağa doğru sırasıyla ($q = -2, -1, 0$), mercek cam malzemesi SF18 ve üç mercek içinde mercek paraksial odak uzaklığı $f = 200(f/4.0)$ olarak alınmıştır.



Şekil 4. Coddington şekil faktörü $q = -2, +2$ ve Şekil 3'de verilen mercek parametreleri için kesme prosesi ile yapılan mercek imalatının katı model resimleri; a) birinci imalat adımında optik cam malzemedan kesilen parça resmi, b) ilk adımdaki optik cam parçanın imalatının son adımında elde edilen mercek formu, c) imalat adımlarının uygulanması sonucunda atık optik cam malzeme resmi. Cam parça hacmi $V_T = 24421,5 \text{ mm}^3$, mercek hacmi $V_M = 7679,7 \text{ mm}^3$ ve cam atık malzeme hacmi $\Delta V = V_T - V_M = 16741,8 \text{ mm}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5. Coddington şekil faktörü $q = -1, +1$ ve Şekil 3'de verilen mercek parametreleri için kesme prosesi ile yapılan mercek imalatının katı model resimleri; a) birinci imalat adımında optik cam malzemedan kesilen parça resmi, b) ilk adımdaki optik cam parçanın imalatının son adımında elde edilen mercek formu, c) imalat adımlarının uygulanması sonucunda atık optik cam malzeme resmi. Cam parça hacmi $V_T = 24421,5 \text{ mm}^3$, mercek hacmi $V_M = 7680,6 \text{ mm}^3$ ve cam atık malzeme hacmi $\Delta V = V_T - V_M = 13494,35 \text{ mm}^3$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 6. Coddington şekil faktörü $q = 0$ ve Şekil 3'de verilen mercek parametreleri için kesme prosesi ile yapılan mercek imalatının katı model resimleri; a) birinci imalat adımında optik cam malzemedan kesilen parça resmi, b) ilk adımdaki optik cam parçanın imalatının son adımında elde edilen mercek formu, c) imalat adımlarının uygulanması sonucunda atık optik cam malzeme resmi. Cam parça hacmi $V_T = 24421,5 \text{ mm}^3$, mercek hacmi $V_M = 7680,9 \text{ mm}^3$ ve cam atık malzeme hacmi $\Delta V = V_T - V_M = 13494,06 \text{ mm}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Optik İmalattaki Atık Arsenik ve Kurşunun Ekolojiye Etkisi

Arsenik ve Kurşun içeren optik camlarla yapılan optik imalat sırasında atık cam toz halinde sıvı içerisinde doğaya verilmektedir. Bu atık cam malzeme Kurşun ve Arsenik içermekte olup ekoloji ve canlılar için büyük tehlike oluşturmaktadır. Bu bölümde öncelikle Arsenik ve Kurşunun doğada bulunma şekilleri, canlıların üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonrasında ise atık Kurşun ve Arsenik'in canlılar üzerinde neden olduğu hastalıklara dikkat çekilmiştir.

Arsenik'in Doğada Bulunma Şekilleri ve Ekolojik Etkileri

Arsenik, yer kabuğunun doğal oluşumuna katılan elementlerdendir. Bu nedenle tüm canlılarda ve ekosistemde bulunur. Kontamine toprak, su ve yiyecek genel popülasyonda Arsenik'in birincil kaynaklarıdır. Ancak canlılardaki yoğunlukları; endüstriyel etkinliklere, canlıların beslenme koşulları ve beslenme şekline göre değişir. Artan Arsenik kullanımı sonucunda insan ve hayvanlara yansıyan arsenik yoğunlukları giderek artmaktadır [14-16]. Arsenik tabiiatta farklı birçok bileşiğin yapısına katılır. Bileşikler genellikle üç ve beş değerlidir. İnorganik üç değerlikli bileşiklerin başlıcaları As_2O_3 , $NaAsO_2$ 'dir. Beş değerli inorganik bileşikler ise As_2O_5 ve $Ca_3(AsO_4)_2$ gibi Arsenitlerdir. Arsenik organik bileşiklerde de üç ve beş değerlidir [16, 18]. Arsenik'in üç değerli bileşikler beş değerli olanlardan daha toksiktir. Üç değerli Arsenik'in 70 kg'lık bir insan için minimal letal dozu (MLD) 100-200 mg arasındadır. Duyarlı kişilerde 1 mg Arsenik bile zehirlenme yapabilir [19, 20]. Arsenik element halde toksik değildir; ancak bileşikler toksiktir [20]. Doğada genellikle diğer maddelerle birlikte bulunur [18, 19]. Arsenik vücuda genellikle solunum yoluyla girer, kanda yoğunlaşır. Solunum yoluyla alındıktan sonra 24 saat içerisinde karaciğer, böbrek, dalak gibi dokularda birikir. Bunun sonucunda dolaşım sistemi bozuklukları görülür. Arsenik zehirlenmesinin sebep olduğu diğer rahatsızlıklar; ağız kuruluğu, ishal, yutkunma güçlüğü, kusma, kan basıncında düşme, göz kapakları ödemi, baş ağrısı, şuur kaybı, görme sinirinde dejenerasyondur. Arsenik ile ileri derece temas ise akciğer kanserine sebep olmaktadır [22].

Kurşun'un Doğada Bulunma Şekilleri ve Ekolojik Etkileri

Günümüzde sanayi üretiminde katkı maddesi olarak Kurşun yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Kurşuna maruz g. Yeterli imha tesisi kurulması ve bu tesislerin çevresel bakımdan sağlıklı bir şekilde kontrolüne,

h. Çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanmasına, yönelik konulardır [23]. Daha sonra 1997 yılında deniz kirliliği konusunda, 1999 yılında tehlikeli atık maddelerin sınıflandırılmaları konusunda, 2001 yılında ise tehlikeli atıkların tam listesinin oluşturulması konusunda yönetmelikler çıkarılmıştır [24].

Hâlihazırdaki geçerli olan yönetmelik 14 Mart 2005 tarihinde yayımlanmıştır [25]. Yönetmelikte yer alan atık Arsenik ve Kurşun'un tehlike limit değerleri şu şekildedir. Arsenik için; konsantrasyon limit değeri % 0.25 ise "Bir veya daha fazla çevresel sektör için hemen ya da daha sonra risk oluşturabilecek madde." Konsantrasyon limit değeri % 3; "Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman çok sayıda ciddi hasar ve hastalığa hatta ölüme sebep olan madde." olarak değerlendirilmiştir. Kurşun için konsantrasyon değerleri % 0.25 ise Arsenikle aynı zararlı etki maddesine tabiidir. Fakat konsantrasyon limit değeri % 25 olduğunda "Teneffüs edildiği, yutulduğu veya cilde işlediği zaman sınırlı

kalan kişilerdeki vakaların çoğunda bariz klinik semptomların ortaya çıkışı uzun süreli Kurşun maruziyeti sonucunda görülür[21]. Kurşun vücuda başlıca sindirim ve solunum yolu ile girer. Kurşun, atmosferde katı ve gaz halde bulunur. Atmosferdeki Kurşunun %90'ı akciğerler tarafından emilir. Emilen Kurşunun %90'ından fazlası kırmızı kan hücrelerinde toplanır. Genellikle havadaki Kurşun konsantrasyonu $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ düzeyinde olduğunda kandaki Kurşun oranı $1 \mu\text{g}/\text{dl}'ye$ yükselir. Vücutta Kurşunun yarı ömrü 20 yıldan fazladır. En belirgin toksik etkiler; çocuklarda izlenir. Erişkinlerde genellikle mesleki maruziyet durumlarında periferik nöropati ve kronik nöropati şeklinde ortaya çıkar. Ayrıca hemoglobin metabolizmasında aksamalar ve anemi belirlenen diğer önemli bozukluklardır. Bunlardan başka etkilenen diğer sistemler arasında gastrointestinal sistem (kusma, kolik, abdominal ağrı) ve reproduktif sistemdir (gebelerde ölü doğumlar) [19, 20]. Çevrede bulunan ve gıdalara yansıyan Kurşun bileşiklerinin tamamı inorganik yapıdadır [14, 15, 22].

5. Arsenik ve Kurşun Atık Malzemenin Ekolojik Kontrolü
Dünyada "Tehlikeli ve Zararlı Madde" kavramı 1960 yılına kadar çok sıklıkla kullanılmamıştır. İlerleyen zaman sürecinde üretimi artan öldürücü zararlı maddelerin canlılar üzerine olan etkileri incelenmiş ve dünya genelinde bu konuda önlemler alınmaya başlanmıştır. Bu çerçevede tehlikeli ve zararlı kategorisindeki maddelerin üretimi ve kullanımı yönetmelik kapsamına alınmıştır. Bu konuda ülkemizde ilk yasal süreç 1982 Anayasasında yer almıştır. Daha sonra yasa ve yönetmelikler geliştirilerek yenilenmeye devam etmiştir. Türkiye'de tehlikeli atık maddeler 1996-2005 yılları arasında yayınlanan yönetmeliklerle kontrol altına alınmıştır. Tehlikeli atık kontrolü konusunda ilk detaylı yönetmelik 1996 yılında hazırlanmıştır. Tehlikeli atık maddelerin üretiminden imha edilmesine kadar geçen zaman süreci içerisinde, bu maddelerin kontrolü amacıyla aşağıdaki konular yönetmelik kapsamına alınmıştır:

- İnsan sağlığına ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesine,
 - Üretimini ve taşınmasının kontrolünün sağlanmasına,
 - İthalinin yasaklanmasına ve ihracatının kontrolüne,
 - Yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların sağlanmasına,
 - Üretimini kaynağında en aza indirilmesine,
 - Üretimini kaçınılmaz olduğu durumlarda, üretildiği yere en yakın mesafede imha edilmesine,
- sayıda hastalığa sebep olan madde." olarak değerlendirilmektedir [24].

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir:

- Optik camların kimyasal kompozisyonları hakkında analiz yapılmıştır.
- Optik camların imalat kabiliyeti/yatkınlığı üzerinde sınıflandırma yapılmıştır.
- Optik imalat yöntemleri üzerine bir analiz çalışması gerçekleştirilmiştir.
- Coddington Faktörü $q = -2, -1, 0, +1, +2$ için bükme prosesi kullanılarak 5 değişik formda mercek kesitleri elde edilmiştir. Bu mercek yapılarının kesit ve katı model yapıları hazırlanmıştır.
- Belirlenen mercek formlarına göre kesme metodunda atık optik cam hesaplamaları yapılmıştır. Buna göre atık

içerisine bulunan Arsenik ve Kurşun miktarları belirlenebilecektir.

6. Arsenik ve Kurşun'un canlılar üzerindeki zararlı etkileri araştırılmıştır.

7. Atık madde olarak Arsenik ve Kurşun'un çevresel kontrolü konusunda Standart çalışması yapılmıştır.

[25] Çevre ve Orman Bakanlığı, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi:14.03.2005, Resmi Gazete Sayısı:257

KAYNAKLAR

[1] Johnson B. R., Historical perspective on understanding optical aberrations, SPIE proceedings of a conference held 22-23 January, Los Angeles Volume CR41, pp 18-29, 1992

[2] Ren H., Gao C., Cui Z., Yang B., Shen J. , Syntheses of new type high-property optical resin, Proc. SPIE, 89, 1998

[3] Allen E. T., Zies E. G., 1918. The condition of arsenic in glass and its role in glass-making. Journal of the American Ceramic Society, Volume 1, Issue 11: 787-790, 2006

[4] Larsson S., B Bergbeck, Eklund M., Ulrik L., Historical emissions from Swedish crystal-glass production and future scenarios of soil-lead pollution, Environmental Reviews, Volume 7, pp 53-60, 1999

[5] Churbanov M. F., Scripachev I. V., Snopatin G. E., Shiryaev V. S., Plotnichenko V. G., High-Purity Glasses Based on Arsenic Chalcogenides, J. Of Optoelectronics and advanced materials, Vol. 3, No. 2, June 2001, pp. 341-349,

[6]<http://www.amorphousmaterials.com/products.htm>(16.04.2012)

[7] Bach H., Neuroth N., The Properties of Optical Glasses, Second Corrected Printing, 1998

[8] www.schott.com/advanced_optics (16.04.2012)

[9] <http://www.oharacorp.com/> (16.04.2012)

[10] <http://www.hoyaoptics.com/> (16.04.2012)

[11] <http://www.corning.com/index.aspx> (16.04.2012)

[12] <http://www.pilkington.com/> (16.04.2012)

[13] Karow H., Fabrication methods for precision optics, John Wiley&Sons Inc., New York, 1993

[14] Şanlı, Y., Kaya, S. (1984). Biyolojik materyalde arsenik aranması. A. U. Vet. Fak. Der. 31, (I), 1-14.

[15] Klassen, c.D., Amdur, M.O., Dou U, J. (1986). Toxicology. 3th Ed. Macmillan Publishing Company, Newyork, USA

[16] Mertz, W. (1986). Trace elements in human and animal nutrition. 5th Ed. Vol. Ü. Academic press, Inc, USA

[17] Cheville, N.F. (1983). Cell pathology. The Iowa State University, Ames, Iowa, USA.

[18] Eduljee, G., Badsha, K., Price, L. (1985). Enviromental mo-nitoring and heavy metals in the vicinity of a chemical waste disposal facility-l. Chemosphere. 14, (9), 1371-1382.

[19] Erkan, C. (1984). İş sağlığı ve meslek hastalıkları. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları No: 441. Ankara, 1984

[20] Klassen, c.D., Amdur, M.O., DouU, J. (1986). Toxicology. 3th Ed. Macmillan Publishing Company, Newyork, USA

[21] Goldfrank's Manuel of Toxicologic Emergencies, The McGraw-Hill Companies,Inc., 2007

[22] Demet Ö., Baş L., Çevresel ve toksikoloji yönünden bazı ağır metaller, Selçuk Üniversitesi, Veterinerlik Fakültesi, Formakoloji – Taksikoloji ABD. Ekoloji Dergisi, Ekim-Kasım-Aralık 1992 Sayı: 5, pp 40-45

[23] Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 27 Ağustos 1995 tarih ve 22387 sayılı Resmi Gazete

[24] T.C. Çevre Orman Bakanlığı, Tehlikeli Atıkların Sınıflandırılması Kılavuzu Cilt I, 2009