

Photoluminescence properties of Ba₂Ca(BO₃)₂: M₃₊ (M₃₊: Bi and Dy)

İlhan PEKGÖZLÜ

Bartın University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Bartın 74100, Turkey

Yayın Bilgisi

Yayın Geçmişi
Geliş T.: 02.09.2014
Revizyon T.:
25.09.2014
Kabul T.: 01.10.2014

Anahtar Kelimeler

Fotoluminesans,
Ba₂Ca(BO₃)₂, Bi³⁺
iyon, Dy³⁺ iyon

Keywords:

Photoluminescence,
Ba₂Ca(BO₃)₂, Bi³⁺
iyon, Dy³⁺ iyon

Özet

Ba₂Ca(BO₃)₂: M₃₊ (M₃₊: Bi and Dy) fosforları yanma metodu kullanılarak 1000 °C'de sentezlendi. Sentezlenen malzemeler toz XRD cihazı kullanılarak karakterize edildi. Sentezlenen malzemelerin ışıma ve uyarma spektrumları oda sıcaklığında bir spektrofotometre cihazı ile ölçüldü. Ba₂Ca(BO₃)₂: Bi³⁺ nin ışıma bandı 301 nm uyarı ışığı ile 376 nm'de geniş bir bant olarak gözlemlendi. İkinci fosfor olan Ba₂Ca(BO₃)₂: Dy³⁺ ise 350 nm'de uyarımayla 485 and 578 nm'lerde ışıma yapmıştır.

Photoluminescence properties of Ba₂Ca(BO₃)₂: M₃₊ (M₃₊: Bi and Dy)

Ba₂Ca(BO₃)₂: M₃₊ (M₃₊: Bi and Dy) phosphors were synthesized a solution combustion synthesis method followed by heating of the precursor combustion ash at 1000 °C in air. The synthesized materials were characterized by using the powder XRD. The emission and excitation spectra of the synthesized phosphors were measured at room temperature with a spectrofluorometer. The emission band of Ba₂Ca(BO₃)₂: Bi³⁺ appeared as a broad band at 376 nm upon excitation with 301 nm. The second phosphor, Ba₂Ca(BO₃)₂: Dy³⁺, emits at 485 and 578 nm upon excitation with 350 nm.

1. INTRODUCTION

Rare-earth elements have a unique electronic configuration of the 4f, and the luminescent properties of rare earth are due to the transition of 4f electrons of rare earth between different energy levels[1]. Among trivalent rare-earth

elements, the Dy³⁺ ions have been incorporated into glasses and crystals in order to obtain two primary color yellow/blue luminescent materials. Dysprosium-doped solid-state systems can be quite easily excited by the commercial UV or blue LEDs, because their excitation spectra exhibit several 4f–4f electronic bands located in the 340–480 nm spectral range. An appropriate combination of these blue and yellow luminescence bands leads to generation of white light in the glass[2]. Inorganic borates have long been a focus of research for their varieties of structural types, wide transmission spectra with high damage thresholds, and high optical qualities. As a result, a great deal of research interest has been focused on synthesizing and characterizing inorganic borates for decades[3]. The compound of Ba₂Ca(BO₃)₂, is an example of alkaline-earth metal borates, is characterized by having an association of BO₃ triangles, distorted CaO₆ octahedra, and distorted BaO₉ polyhedra[4]. Although only a few studies on rare earths (Ce³⁺, Tb³⁺, Eu²⁺) doped Ba₂Ca(BO₃)₂ have been reported[4-7], the photoluminescence properties of M³⁺ (M³⁺: Bi and Dy) doped Ba₂Ca(BO₃)₂ materials have not been reported in detail up to now. In the present work, pure and M³⁺ (M³⁺: Bi and Dy) doped Ba₂Ca(BO₃)₂ materials were prepared by a solution combustion synthesis method. The synthesized materials were characterized by using the powder XRD. After synthesis and characterization of the materials, the photoluminescence properties of the synthesized materials were studied using a spectrofluorometer at room temperature.

2. EXPERIMENTAL

Pure and M³⁺ (M³⁺: Bi and Dy) doped Ba₂Ca(BO₃)₂ materials were prepared by a solution combustion synthesis method followed by heating of the precursor combustion ash at 1000 °C in air. Ba(NO₃)₂, Ca(NO₃)₂, H₃BO₃, Bi₂O₃, Dy₂O₃, and CO(NH₂)₂ were used as starting materials. The stoichiometric amounts of Ba(NO₃)₂, Ca(NO₃)₂, H₃BO₃ and CO(NH₂)₂

were dissolved in a minimum amount of distilled water and placed in porcelain containers. The stoichiometric amounts of Bi_2O_3 and Dy_2O_3 were also dissolved in a minimum amount of concentrated HNO_3 , separately. And then, these solutions were added to porcelain containers, separately. The precursor solutions were introduced into a muffle furnace and maintained at $500\text{ }^\circ\text{C}$ for 10 min. The precursor powders were removed from furnace. The voluminous and foamy combustion ashes were easily milled to obtain a precursor powders of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$, $\text{Ba}_{2-x}\text{Bi}_x\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$ ($x= 0,005$ and $0,02$ moles), $\text{Ba}_{2-x}\text{Dy}_x\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$ ($x= 0,02$ and $0,05$ moles). The well-mixed precursor powders were then placed in an alumina crucible and slowly heated in a muffle furnace for 8 h at $1000\text{ }^\circ\text{C}$ in air.

The XRD structural analysis of the synthesized materials were performed on an X-ray Bruker AXS D8 Advance equipped with $\text{Cu K}\alpha$ (30 kV , 15 mA , $\lambda= 1.54051\text{ \AA}$) radiation at room temperature. Scanning was generally performed between 10° and $90^\circ 2\theta$. Measurement was made with 0.05° steps and a $0.002^\circ/\text{sec}$ scan rate. The photoluminescence excitation and emission spectra were measured at room temperature with a Thermo Scientific Lumina fluorescence spectrometer equipped with a 150 W Xenon lamp.

3. RESULTS and DISCUSSION

The results show that all samples are of single monoclinic phase, and their powder XRD data are in agreement with the JCPDS 85-2268 standard card. The crystal structure of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$ contains BO_3 triangles, distorted CaO_6 octahedra, and distorted BaO_9 polyhedra[4]. In the crystal structure of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$, when M^{3+} (M: Bi^{3+} and Dy^{3+}) ions were built into $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$, they would first replace Ba^{2+} sites according to the ionic size.

3.1. The emission and excitation spectra of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Bi^{3+} phosphor

The spectroscopy of Bi^{3+} ions, with the $6s^2$ electronic configuration, has been investigated extensively for potential phosphors or scintillation detectors as well as a spectroscopic probe for covalency[8,9]. The ground state of the free ion is $1S_0$ while the $6s6p$ excited states give rise to triplet levels ($3P_0$, $3P_1$, $3P_2$) and the $1P_1$ singlet state. The lowest energy $1S_0 \rightarrow 3P_0$ transition is strongly forbidden, but the $1S_0 \rightarrow 3P_1$ transition and the $1S_0 \rightarrow 3P_2$ transition become more allowed due to spin-orbit coupling and coupling to asymmetrical phonon modes, respectively. The $1S_0 \rightarrow 1P_1$ transition is an allowed electric dipole transition. Typically at room temperature, emission is observed from the $3P_1 \rightarrow 1S_0$ transition, although at low temperatures the highly forbidden $3P_0 \rightarrow 1S_0$ emission is also observed[10]. The photoluminescence of the Bi^{3+} ion in inorganic materials has been extensively investigated in different hosts for many years[11-17]. Based on these studies, the absorption and emission spectra of Bi^{3+} are in the near UV-visible spectral region depending strongly on the site occupied by Bi^{3+} ions, electronegativity of the cation and crystal structure of the host lattice[11].

As seen in Fig. 1a, the excitation band of the synthesized material $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2: \text{Bi}^{3+}$ was observed at 301 nm, which is assigned to the $1S_0 \rightarrow 3P_1$ transition. The emission band was observed at 376 nm from the $3P_1$ excited state level to the $1S_0$ ground state upon excitation with 301 nm (Fig. 1b). The emission band of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2: \text{Bi}^{3+}$ lies between 350 nm to 425 nm and is in the UV- blue region. Additionally, we observed no splitting or multiple bands in the emission spectra. The Stokes shift of the synthesized material $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2: \text{Bi}^{3+}$ was calculated as 6627 cm^{-1} using the excitation band at 301 nm and the emission band at 376 nm.

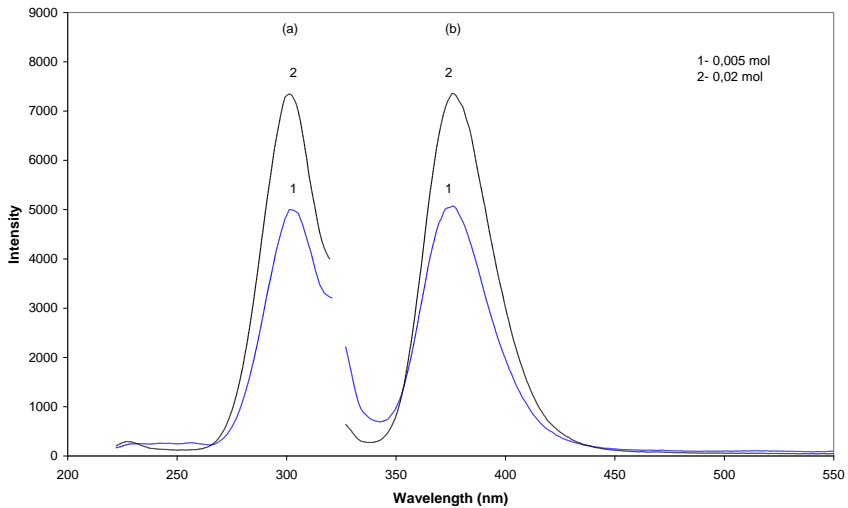


Fig. 1. Photoluminescence spectra of $\text{Ba}_{2-x}\text{Bi}_x\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$ ($x=0,005$ and $0,02$ moles) at room temperature.

3.2. The emission and excitation spectra of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Dy^{3+} phosphor

Luminescence spectrum of Dy^{3+} consists of two relatively intense bands in the visible spectral region that correspond to the $4\text{F}_9/2 \rightarrow 6\text{H}_{15}/2$ (blue) and $4\text{F}_9/2 \rightarrow 6\text{H}_{13}/2$ (yellow) transitions, respectively[2]. The excitation and emission spectra of $\text{Ba}_{2-x}\text{Dy}_x\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$ ($x=0,02$ and $0,05$ moles) are demonstrated in Fig. 2(a,b). Under 350 nm excitation, the emission spectrum of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Dy^{3+} phosphor shows two bands at 485 and 578 nm (Fig. 2b), which originate from the transitions of $4\text{F}_9/2 \rightarrow 6\text{H}_{15}/2$ and $4\text{F}_9/2 \rightarrow 6\text{H}_{13}/2$ of Dy^{3+} , respectively. The excitation spectrum for 578 nm emission has several excitation bands at 324, 351, 388 and 426 nm (Fig. 2a), which come from the transitions of $6\text{H}_{15}/2 \rightarrow 6\text{P}_3/2$, $6\text{P}_7/2$, $4\text{I}_{13}/2$, $4\text{G}_{11}/2$ of Dy^{3+} , respectively[18-21]. As seen in Fig. 2, the intensity of the ($4\text{F}_9/2 \rightarrow 6\text{H}_{13}/2$) transition for 0,05 mole is stronger than that of the ($4\text{F}_9/2 \rightarrow 6\text{H}_{15}/2$) transition.

It is well known that the ($4F9/2 \rightarrow 6H13/2$) transition of Dy^{3+} belongs to the hypersensitive (forced electric dipole) transition with the selection rule $\Delta J = 2$, which is strongly influenced by the outside surrounding environment. The ($4F9/2 \rightarrow 6H15/2$) transition corresponding to the magnetic dipole transition hardly varies with the crystal field strength around the Dy^{3+} ion. When dysprosium ion is located at a low-symmetry local site (without inversion symmetry), the $4F9/2 \rightarrow 6H13/2$ transition is often dominant in the emission spectrum, and when dysprosium ion is at a high-symmetry local site (with inversion symmetry center), the $4F9/2 \rightarrow 6H15/2$ transition is stronger than the $4F9/2 \rightarrow 6H13/2$ transition and is dominant in the emission spectrum[21-24].

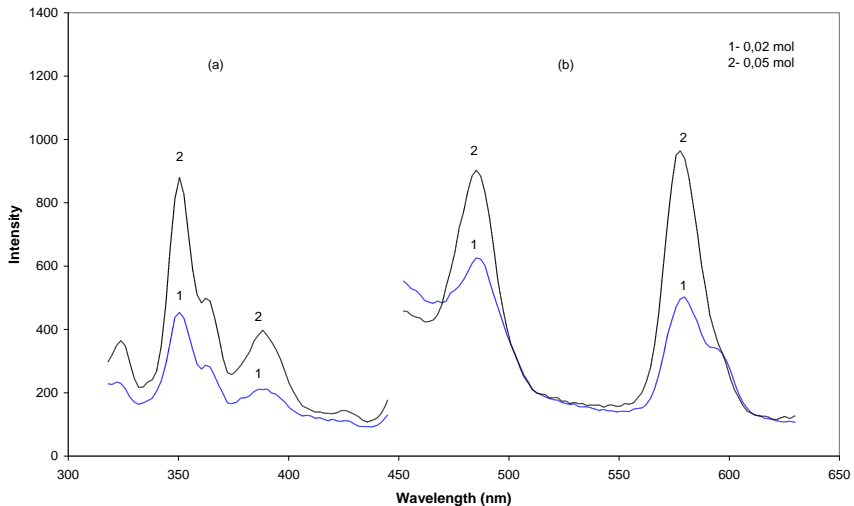


Fig. 2. The excitation (a) and emission spectra (b) of $Ba_{2-x}Dy_xCa(BO_3)_2$ ($x = 0,02$ and $0,05$ moles) at room temperature.

4. CONCLUSION

$Ba_2Ca(BO_3)_2: M^{3+}$ (M^{3+} : Bi and Dy) phosphors were synthesized and characterized by using the powder XRD. The photoluminescence properties of the synthesized phosphors were studied using a spectrofluorometer at room

temperature. The emission and excitation spectra of the both phosphors were measured at room temperature with a spectrofluorometer. $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Bi^{3+} phosphor emits at 376 nm upon excitation with 301 nm. The second phosphor, $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Dy^{3+} , emits at at 485 and 578 nm upon 350 excitation. Consequently, $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Bi^{3+} and $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Dy^{3+} phosphors are promising phosphors for UV lamps and white LEDs, , respectively..

REFERENCES

1. Blasse G., and Grabmaier B. C., “Luminescent Materials”, Springer, (1994) 40s.
2. Pisarska J., Lisiecki R., Romanowski W. R., Goryczka T., Pisarski W.A., Unusual luminescence behavior of Dy^{3+} -doped lead borate glass after heat treatment, *Chemical Physics Letters* 489, 198-201, 2010.
3. Wu L., Zhang Y., Kong Y. F., Sun T. Q., Xu J. J., and Chen X. L., Structure Determination of Novel Orthoborate NaMgBO_3 : A Promising Birefringent Crystal, *Inorganic Chemistry*, 46, 5207-5211, 2007.
4. Ko J. Y. P., Yiu Y. M., Liang H., and Sham T. K., X-ray absorption and luminescence studies of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: $\text{Ce}^{3+}/\text{Na}^+$ phosphors, *The Journal of Chemical Physics* 132, 234701, 2010.
5. Lin H., Liang H., Tian Z., Han B., Wang J., Su Q. and Zhang G., Luminescence of $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$: Ce^{3+} —influence of charge compensator, energy transfer and LED application, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 42, 165409, 2009.
6. Liu L., Zhang Y., Hao J., Li C., Tang Q., Zhang C., Su Q., Thermoluminescence characteristics of terbium-doped $\text{Ba}_2\text{Ca}(\text{BO}_3)_2$ phosphor, *Physica status solidi (a)* 202, 2800–2806, 2005.

7. Diaz A., Keszler D. A., Eu²⁺ luminescence in the borates X₂Z(BO₃)₂ (X=Ba, Sr; Z= Mg, Ca), Chemistry of Materials, 9, 2071-2077, 1997.
8. Blasse G., Luminescence of inorganic solids: From isolated centres to concentrated systems, Progress in Solid State Chemistry, 18, 79-171, 1988.
9. Duffy J.A., Ingram M.D., Use of Thallium(I), Lead(II), and Bismuth(III) as Spectroscopic Probes for Ionic-Covalent Interaction in Glasses, The Journal of Chemical Physics, 52, 3752, 1970.
10. Setlur A.A., Srivastava A.M., The nature of Bi³⁺ luminescence in garnet hosts, Optical Materials, 29, 410-415, 2005.
11. Blasse G., Meijerink A., Nomes M., Zuidema J., Unusual Bismuth luminescence in Strontium Tetraborate (SrB₄O₇:Bi), Journal of Physics and Chemistry of Solids, 55, 171-174, 1994.
12. Blasse G., Braam A.W.M., Heerschop M., Influence of crystal structure on the luminescence of ions with s² configuration, Journal of Solid State Chemistry, 20, 63-65, 1977.
13. G. Blasse, Steen A.C., Luminescence characteristics of Bi³⁺-activated oxides, Solid State Communications, 31, 993-994, 1979.
14. Chapman Y. P., Courchesne E. B., Derenzo S. E., Bi³⁺ luminescence in ABiO₂Cl (A=Sr, Ba) and BaBiO₂Br, Journal of Luminescence, 128, 87-91, 2008
15. Wolfert A., Oomen E.W.J.L., Blasse G., Host lattice dependence of the Bi³⁺ luminescence in orthoborates LnBO₃, Journal of Luminescence, 31-32, 308-310, 1984.

16. Srivastava A.M., Luminescence of Bi³⁺ in LaGaO₃, Materials Research Bulletin, 34, 1391-1396, 1999.
17. Pekgözlü İ., Erdoğan E., Çubuk S., Başak A. S., Synthesis and photoluminescence of LiCaBO₃: M (M: Pb²⁺ and Bi³⁺) phosphor, Journal of Luminescence, 132, 1394-1399, 2012.
18. Liu Y., Yang Z., Yu Q., Li X., Yang Y., Li P., Luminescence properties of Ba₂LiB₅O₁₀: Dy³⁺ phosphor, Materials Letters, 65, 1956-1958, 2011.
19. Pekgözlü İ., Çakar S., Photoluminescence properties of Li₆CaB₃O_{8.5}: M³⁺ (M³⁺: Dy and Sm), Journal of Luminescence, 132, 2312-2317, 2012.
20. Erdoğan E., Pekgözlü İ., Photoluminescence properties of CaAlBO₄: M (M: M: Pb²⁺, Dy³⁺ and Sm³⁺), Journal of Applied Spectroscopy, 81, 373-377, 2014.
21. Raju G.S.R , Park J.Y , Jung H.C , Moon B.K , Jeong J.H, Kim J.H, Luminescence properties of Dy³⁺:GdAlO₃ nanopowder phosphors, Current Applied Physics,9, e92-e95, 2009.
22. Zhang J., Wang Y., Wen Y., Zhang F., Liu B., Luminescence properties of Ca₁₀K(PO₄)₇:RE³⁺ (RE = Ce, Tb, Dy, Tm and Sm) under vacuum ultraviolet excitation, Journal of Alloys and Compounds,509, 4649-4652, 2011.
23. Xin M.J, Tao Y.C , Qing C.Q., Photoluminescence characterization of Ce³⁺ and Dy³⁺ doped Li₂CaGeO₄ phosphors, Journal of Luminescence, 130, 1320-1323, 2010.

24. Yu M, Lin J, Wang Z, Fu J, Wang S, Zhang H.J, Han Y.C., Fabrication, Patterning, and Optical Properties of Nanocrystalline YVO₄:A (A = Eu³⁺, Dy³⁺, Sm³⁺, Er³⁺) Phosphor Films via Sol-Gel Soft Lithography, Chemistry of Materials, 14, 2224-2231, 2002.

Erkek Çorap Boğazının Form Koruma Özelliğinin Deneysel İncelenmesi

Mahire CİHANGİROVA^{1*}, Resul FETTAHOV¹, Yalçın YEŞİL¹, Müslüm KAPLAN¹

¹ Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü,

Bartın

Yayın Bilgisi

Geliş Tarihi: 31.07.2014

Revizyon Tarihi: 29.08.2014

Kabul Tarihi: 06.09.2014

Anahtar Kelimeler

Erkek çorabı, çorap boğazı, relaksasyon, deformasyon, kalıcı uzama.

Keywords:

Men's socks, stockings gorge, relaxation, deformation, Permanent elongation.

Özet

Çorap ve çorap mamullerinin kalitesi, yüksek elastikiyeti, iyi gerilmesi, kullanım süresi boyunca form koruma özelliği gibi önemli faktörlere bağlıdır. Form koruma özelliği çorapların konforluluğunu belirleyen başlıca göstergelerden biri olup mamulde meydana gelen relaksasyon prosesine bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı konfor şartlarını karşılayan yüksek kaliteli çorap mamullerinin tasarımında relaksasyon faktörünün dikkate alınması gerekmektedir. Çorap mamullerinde ortaya çıkan relaksasyon prosesinin parametrelerinin, yani deformasyonlarının incelenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışmada erkek çorapların konforluluğunda önemli etkisi olan çorap boğazının deformasyonu hakkında deneysel çalışmalar yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır.

Experimental investigation of the protection of form properties for men's socks gorge

Abstract

The quality of the socks and sock products depend such major factors as their high elasticity, high stretch and protection of the form during lifetime. Protection of the form is one of the main indicators that determining the comfort of socks and vary depending on the relaxation process. Therefore, in the design high quality sock products that meet comfortable conditions should be relaxation factor to take into consideration. The investigation of parameters of the relaxation process occurring in sock products is very important. In this research deformation properties of men's sock gorges that have significant influence on comfort investigated and the results analyzed.

1.GİRİŞ

Örme kumaşların ve mamullerin üretimi ve tüketim sırasında onlara uygulanan gerilim kuvvetleri nedeniyle ilmeklerin şekli değişmektedir. Bu kuvvetler ortadan kalktığıında ilmekler daha önceki haline dönmeye çalışırlar. İlmeklerdeki bu değişimler mamullere de yansımakta ve mamul formunun değişimine neden olmaktadır. Mamullerde meydana gelen bu değişim relaksasyon çekmesi, bu çekme prosesi ise relaksasyon prosesi olarak adlandırılır [1].

Örme kumaşlar üzerinde yapılan araştırmalar, kumaştaki boyutsal değişimlere lif ve iplik özellikleri, örgü yapısı, örme parametreleri [2], kumaşa uygulanan kuvvet, kuvvet etkisinin devamlılık süresi ve terbiye işlemleri gibi pek çok faktörün etkili olduğunu göstermektedir [3, 4, 5].

Örme kumaşlarda görülen relaksasyon prosesi çorap ürünlerini de kapsar. Çorap mamullerinin kalitesi üzerine yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir ki, çorapların kalitesini belirleyen önemli faktörler yüksek elastikiyeti, iyi gerilmesi, mamulün tüm kullanım süresi boyunca form koruma özelliğidir. Bundan dolayı çorap mamullerinin tasarımında söz konusu faktörlerin dikkate alınması şarttır.

Çorapların kalitesinde form koruma özelliği başlıca göstergelerden biridir. Form koruma özelliği çoraplarda ortaya çıkan relaksasyon prosesi ile sıkı şekilde bağlantılıdır. Form koruma özelliğinin esas göstergesi geri dönüşü olmayan kalıcı deformasyonun (uzamanın) değeridir. Kalıcı deformasyon eksi değer olduğunda mamulün ayağa basıncı yüksek olur ve bu durumda tüketicide rahatsızlık ortamı yani diskomforluk yaşanır. Bu deformasyon değeri yüksek olduğunda ise çorabın ayağa basıncı çok düşük olur ve bundan dolayı çorabın ayakta tutunamaması yani aşağıya kayması olayı meydana gelir. Bu durum da çorapların kullanımı sırasında tüketicilerde diskomfor ortamının oluşmasına neden olmaktadır. Bunun için çorap tasarımında mamulün

konforluğunu belirleyen önemli faktörlerden olan relaksasyon prosesinin incelenmesi ve onun en uygun değerlerinin tespit edilmesi önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda erkek çorapların boğaz kısmında relaksasyon hadisesinin tüm örme kumaşlarda (polimer materyallerde) olduğu gibi uzun süreli bir süreç olduğunu gösterir. Yani dış etkenlerin tesiri kaldırıldıktan sonra yapı elementlerinin ilk haline dönüşü uzun sürelidir. Yapı elementlerinin bazı halkaları önceki konumlarına hemen döndükleri halde, diğer halkaların eski konumunu alması için uzun süre gerekir. Bundan dolayı bir işlem süreci biter, diğerleri ise devam eder. Yapılan araştırmalar erkek çoraplarının boğaz kısmında deforme relaksasyonunun tesir eden dış etmenlerin büyük olduğunu göstermektedir. Bu etkinin değerinin artışı mamulde deforme relaksasyonu hadisesinin hızını düşürür ve örgü elementinin ilk haline dönüş süresini uzatır. Örme yüzeyi oluşturan ilmeklerin ilk şekline dönmesi sırasında ilmeğin kısımlarında geriye dönüş aynı oranda olmayarak farklılık gösterir. İlmeğin bazı birimleri hemen geri döndüğü halde diğer birimlerin geri dönmesi uzun sürelidir. Bu yüzden geriye dönüş prosesi bölümde biterken geri kalan bölümlerde devam eder.

2.MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın amacı, erkek çorapların boğaz bölümünde meydana gelen relaksasyon prosesinin çoraba uygulanan dış etkiye bağlı olarak incelenmesidir. Bu prosesin incelenmesi numunenin belirli bir yük altında veya sabit boyutlarda uzatılarak belirli bir süre sabit tutulma durumunda oluşan deformasyon bileşimlerinin tespit edilmesiyle gerçekleştirilir. Bu araştırmada çorapların kullanım şartları dikkate alınarak ikinci yöntem, yani boğaz numunesinin sabit boyutlarda uzatılarak belirli bir süre tutulduktan sonra oluşan deformasyonun tespiti yöntemine başvurulmuştur.

Deneyler 6 başlıklı relaksometri cihazında gerçekleştirilmiştir. Deneyde farklı numaralı temel ve elastan ipliklerinden farklı örgü sıklığında ve ilmek

uzunluğunda hazırlanan 4 çeşit boğaz numunesi kullanılmıştır. Bu numuneler çorap makinasında elde edilmiştir. Deney için hazırlanan boğaz numunelerin yapı özellikleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Deney için kullanılan çorap boğazı numuneleri ve yapı parametreleri

Numuneler	Temel iplik	Elastan iplik	Örgü sıklığı (1/cm)		İlmek uzunluğu (mm)
			İlmek sırası boyunca	Çubuk boyunca	
I	11,7 Tex x 2 pamuk iplik	7,4 Tex x 2 pamuk ipliği ile çift kat kaplanmış lastik	6	11	6,3
II	11,7 Tex x 2 pamuk iplik	7,4 Tex x 2 pamuk ipliği ile çift kat kaplanmış 47 Tex spandeks iplik	6	11	6,3
III	10 Tex x 2 poliamid iplik	10 Tex x 2 poliamid ipliği ile çift kat kaplanmış lastik	8	10	5,3
IV	10 Tex x 2 poliamid iplik	7,4 Tex x 2 pamuk ipliği ile çift kat kaplanmış 47 Tex spandeks iplik.	8	10	5,3

Form koruma yeteneğinin araştırılması amacıyla numuneye uygulanan uzama boyutunun değişim aralığı, çorabın boğaz kısmının ölçüsü ile çorap boğazının kapsayacağı ayağın uygun bölgesinin çevre uzunluğu arasındaki farktan yola çıkılarak tayin edilir. Hesaplamalara göre, erkek ve yarım çoraplarda bu fark % 100 ile % 200 arasında değişmektedir [6, 7]. Deneysel

çalışmalarda sabit uzama numunenin ilk uzunluğu %50 ile % 250 aralığında verilmiştir.

Deney için boğaz numunelerinin uzunluğu 100 mm, boğazın eni ise 50 mm boyutlarında kabul edilmiştir. Deneyler mevcut standartlara [1] uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Buna göre numunelere dış etkinin tesir süresi 1 saat, dinlenme süresi ise 2 saat olarak kabul edilmiştir. Her boğaz numunesi için 12 ölçüm yapılmıştır. Form koruma yeteneğinin değerlendirilmesi hem doğrudan elastik deformasyon (ϵ_1) değerleri, hem de ters göstergesi olan kalıcı deformasyonun (ϵ_3) değerleri ile yapılmıştır.

3. BULGULAR

Belirtilen şartlarda gerçekleştirilen deneylerden elde edilen değerler Tablo 2'den de görüldüğü gibi, sabit uzamanın değeri %50'den %250'ye yükselince ϵ_1 - elastik deformasyon değerleri bütün numuneler için genelde 5 kat artmıştır. Plastik deformasyon göstergesi olan ϵ_2 , spandeks ipliği kullanılan numuneler için 2,5 kat, elastik iplik kullanılan numuneler için ise 3 kat (temelde pamuk ipliği olursa) ve 5 kat (temelde poliamid kullanıldığında) artış göstermektedir. Kalıcı deformasyon göstergesi olan ϵ_3 , uygulanan uzamanın değerinin %50 den %250 ye yükselmesiyle spandeksli numunelerde 4-5 kat, diğer numunelerde ise 6 kat artmıştır.

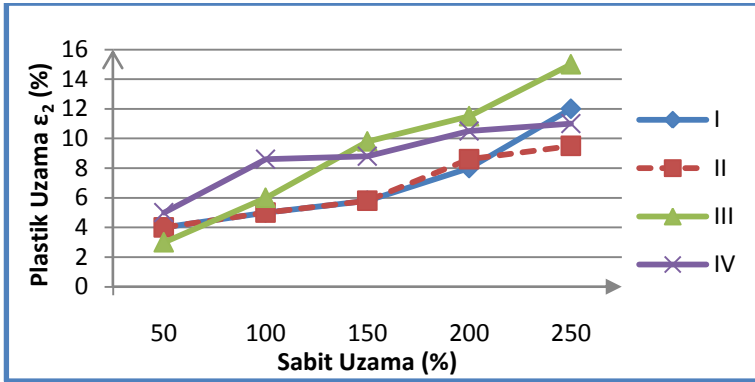
Tablo 2 deki verilere göre her numune için plastik ve kalıcı deformasyon değerlerinin sabit uzamaya bağlı değişimi (Şekil 1.) ve farklı sabit uzamalarda deformasyon oranların değişimi (Şekil 2.) grafiklerle gösterilmiştir.

Tablo 2. Erkek çorap boğazlarının kalıcı uzama değerlerinin sabit uzamaya bağlı değişimi

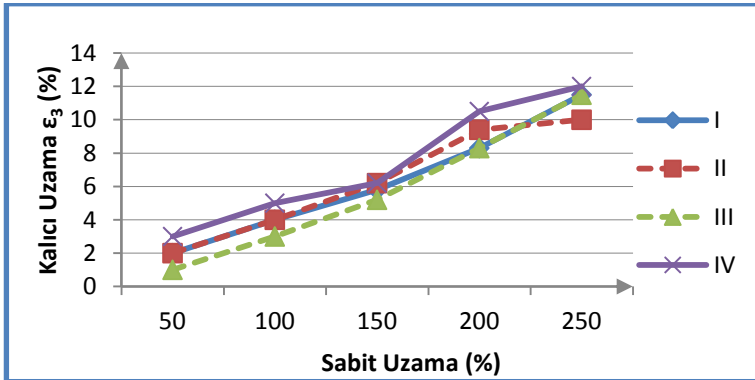
Numuneler	Sabit Uzama ε_s (%)	ε_1	ε_2	ε_3	$\Delta\varepsilon_1$	$\Delta\varepsilon_2$	$\Delta\varepsilon_3$
I	50	44	4	2	0,88	0,08	0,04
	100	91	5	4	0,91	0,05	0,04
	150	138,4	5,8	5,8	0,92	0,04	0,04
	200	187,7	8	8,3	0,92	0,04	0,04
	250	226,5	12	11,5	0,9	0,05	0,05
II	50	44	4	2	0,88	0,08	0,04
	100	91	5	4	0,91	0,05	0,04
	150	138	5,8	6,2	0,92	0,04	0,04
	200	182	8,6	9,4	0,91	0,04	0,05
	250	230,5	9,5	10	0,92	0,04	0,04
III	50	46	3	1	0,92	0,06	0,02
	100	91	6	3	0,91	0,06	0,03
	150	135	9,8	5,2	0,9	0,07	0,03
	200	180	11,5	8,3	0,9	0,08	0,04
	250	223,5	15	11,5	0,89	0,06	0,05
IV	50	42	5	3	0,84	0,1	0,06
	100	86,4	8,6	5	0,86	0,09	0,05
	150	135	8,8	6,2	0,9	0,06	0,04
	200	179	10,5	10,5	0,9	0,05	0,05
	250	221	11	12	0,91	0,04	0,04

Sabit uzamanın %100 olduğu durumda kalıcı deformasyonun değeri anlamsızdır ve %5 üzerine çıkmamaktadır. Sabit uzamanın daha büyük değerlerinde elastik iplikli numunelerde kalıcı uzama artışı %5,5 - %12 olduğu halde spandeks ipliği kullanılan numunelerde %6,5 - %15 arasında artış göstermiştir. Deneysel çalışmalar göstermektedir ki, yapılmış uzama değerinin

%100 değerinde bir aylık dinlenme sonucunda tüm numunelerde kalıcı deformasyon %1 civarında olmaktadır. Sabit deformasyonun %50 değerinde numuneler 24 saat dinlendikten sonra kalıcı deformasyon tamamen yok olmakta, yalnız sabit uzamanın %100 olduğu durumda kalıcı deformasyon 1,5 - %5 arasında değişmektedir. Yani, kalıcı deformasyon bu uzama sınırlarında uzun vadeli elastik deformasyondan oluşur.

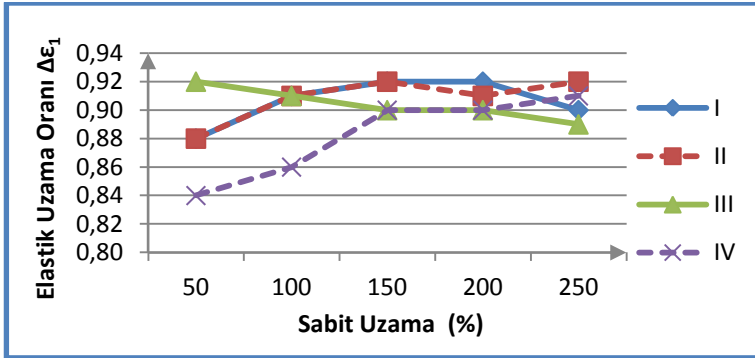


a)

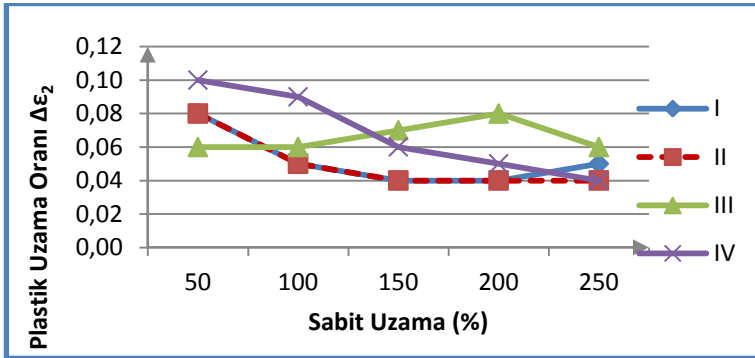


b)

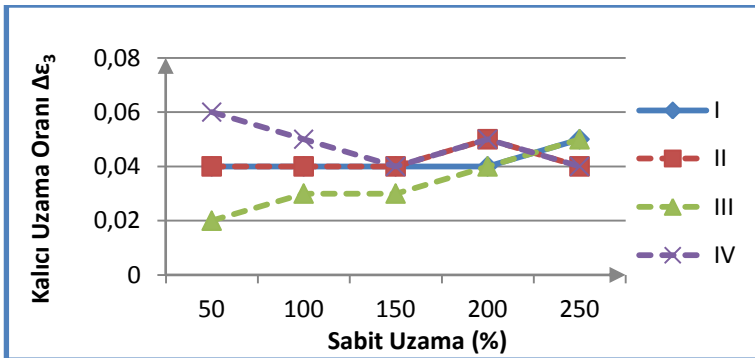
Şekil 1. Plastik (ϵ_2) ve kalıcı (ϵ_3) deformasyon değerlerinin sabit uzamaya bağlı değişimi



a)



b)



c)

Şekil 2: Farklı sabit uzamalarda deformasyon oranlarının değişimi

a) Elastik uzama, b) Plastik uzama, c) Kalıcı uzama

Tam deformasyonda elastik, plastik ve kalıcı deformasyonun oranlarının sonuçlarına göre, elastik deformasyon oranı uzama değerine bağlı olmayarak tüm numuneler için değişmemektedir.

Plastik deformasyonun oranı, sabit uzamanın %50'den %250 artışı ile elastik iplikli test numunelerinde genelde değişme olmamaktadır. Spandeks ipliği kullanılmış numunelerde ise 2 kat azalmaktadır.

Kalıcı deformasyon oranı uzamanın artışı ile III. numune için 2,5 kat arttığı halde diğer numunelerde değişmemektedir.

Çalışmanın sonucunda erkek çorapların boğaz kısmındaki deforme relaksasyonunun gidişinin sabit uzama değerlerinden önemli derecede etkilendiği anlaşılmıştır. Bu sırada lastik içeren test numunelerinde deforme bileşenlerinin değerinin değişme oranının tam deforme değerine uyumlu olarak değiştiği görülmektedir. Numunelerde temel ipliğin değişmesine bağlı olarak deforme bileşenlerinde temel bir fark görülmemiştir. Bundan dolayı çorap boğazlarının form koruma değerinin temel ipliğe bağlı olmayarak yalnızca kullanılan elastik bileşenin türüne bağlı olduğu söylenebilir.

4. SONUÇLAR

1. Erkek çorap boğazlarında deformasyon ve deformasyon relaksasyonu sabit uzamanın değerinden önemli derecede etkilenir.
2. Sabit uzamanın %100 olduğu durumda erkek çorap boğazlarında görülen kalıcı deformasyon, uzun vadeli elastik deformasyondan oluşmaktadır.
3. Elastik iplikli (I. ve II. numuneler) çoraplarda deformasyon bileşimlerinin değişimi sabit uzamanın değişimine orantılıdır.
4. Pamuk ve poliamid temel iplikli çorap boğazlarının deformasyon bileşimlerinin arasında önemli bir fark bulunmamaktadır.
5. Erkek çoraplarının boğazlarının elastikiyeti, kullanılan elastik ipliğin cinsine bağlıdır.

KAYNAKLAR

1. А. И. КОБЛЯКОВ Структура и механические свойства трикотажа. Москва 1973. (А. İ. КОБЛЯКОВ Trikotajın yapısı ve mekanik özellikleri. Moskova, 1973).
2. М. Н. САХАНГİРОВА, F. A. АBASOVA. ”Çорap mamullerин yapı parametrelerinin kullanım özelliklerine etkisi.” Az. TE. 1997. Gence.
3. Суввотина Г.С. «Исследование формоустойчивости трикотажных полотен костюмно-плательного ассортимента при многократном растяжении», кандидатская диссертация, М., 1975.
4. Каландаров Д.И., Алимova А.З. Повышение формоустойчивости трикотажа из нитей мэлан. Трикотажная промышленность, РС, 1974, № 5
5. Мартынова Е.И. Исследование релаксационных процессов в трикотажных полотнах из высокообъемных нитей. Кандидатская диссертация, 1975. М.
6. Mahire САХАНГİРОВА. “Komforlu çорap mamulleri tasarımı için antropometrik bir araştırma.”9 Ulusal Ergonomi Kongresi, 2003. Denizli.
7. Mahire САХАНГİРОВА “Çорap boğazının bulunduğu ayak bileği çevresini ölçen tertibat.” Gence. 1998.
8. Mahire САХАНГİРОВА, Resul FETTAHOV, Muhammet AKAYDIN. “Konforlu erkek çорap boğazları için optimal parametrelerin belirlenmesi. İMTEX, LODZ, Polonya, 2011.

Bartın Kentinde Araç Trafikinden Kaynaklı Gürültü Kirliliği Üzerine Bir Ön Çalışma

Niyazi Erdem Delikanlı^{1*}, Cengiz Yücedağ¹, Ali Kapdı¹

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bartın / Türkiye

Yayın Bilgisi

Yayın Geçmişi

Geliş Tarih: 19.09.2014

Revizyon Tarihi: 06.10.2014

Kabul Tarihi: 22.10.2014

Anahtar Kelimeler

Bartın, gürültü ölçümü, gürültü kirliliği, trafik gürültüsü

Keywords:

Bartın, noise measurement, noise pollution, traffic noise

Özet

Trafikten kaynaklı gürültü kirliliği, günümüzde yerleşim bölgelerinde oluşan gürültü kirliliği içerisinde önemli bir paya sahiptir. Özellikle karayolu taşımacılığının, ulaşımın ve kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde gürültü düzeyi gürültü kontrol yönetmeliğinde belirtilen sınırların üzerine çıkabilmektedir. Bu nedenle, kent planlaması yapılırken gürültü kirliliği göz önüne alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Bu çalışmanın amacı, Bartın kentinde araç trafiğinin gürültü kirliliğine olan etkisini tespit etmek ve çevresel gürültü seviyesini ölçmektir. Bu amaçla, gürültü ölçümleri araç trafiğinin yoğun olduğu yedi noktada gerçekleştirilmiştir. Ölçümler haftada üç gün (Çarşamba, Cuma ve Pazar) sabah (08:00-09:30) ve akşam (17:00-18:30) olmak üzere iki zaman diliminde yapılmıştır. Çalışılan günler bütün olarak düşünüldüğünde, sabah ölçümlerinin ortalama gürültü düzeyi 65.9 dB(A) iken, akşam ölçümlerinin ortalama gürültü düzeyi ise 68.9 dB(A) olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre, gürültü düzeylerinin Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği sınırlarını aştığı belirlenmiştir.

A Preliminary Study on Noise Pollution from Vehicle Traffic in Bartın City

Abstract

Today, noise pollution from traffic has a drastic contribution to that of residential districts. Noise level in the districts where especially road transportation and urbanization is intensive has exceeded to thresholds in the Noise Control Regulation. For this reason, noise pollution is one of the most important factors to be taken into consideration while urban planning is made. The aim of this study is to determine the effects of vehicle traffic on noise pollution in Bartın city and to measure the environmental noise level. For this purpose, noise measurements are realised in seven points that vehicle traffic is intensive. The measurements are done in the morning (08:00-09:30 am) and evening hours (17:00-18:30 pm) in three days (wednesday, friday and sunday) a week. As the studied days are considered as whole, the mean noise levels in the morning and evening are 65.9 dB(A) and 68.9 dB(A), respectively. According to the obtained results, it is found out that the measured noise levels exceed to those pointed out by Environmental Noise Assessment and Management Regulation.

1.Giriş

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler sonucu yaşam kalitesinin artmasıyla çevre kirliliği günümüzün en güncel ve en önemli problemlerinden biri haline gelmiştir. Çeşitli alanları kapsayan kirlilik kavramının bir türü olan gürültü kirliliği giderek büyüyen ve günlük yaşam koşulları içerisinde insanları tedirgin eden bir toplum ve çevre sorunu olarak ilgi kaynağı olmaktadır [1]. Başlangıçta hava, su ve toprakta meydana gelen çevre sorunları gün geçtikçe çeşitlenerek daha farklı boyutlara ulaşmıştır. Bu anlamda, hızlı kentleşmeyle birlikte ortaya çıkan özellikle nüfus artışı ve trafik yoğunluğu gibi faktörler çözümü güç çevresel sorunlardan biri olan gürültü kirliliğini meydana getirmiştir [2]. Gelişmiş ülkelerde teknolojinin gelişmesine bağlı olarak ortaya çıkmış olan gürültü sorunu, günümüzün önemli çevre sorunlarından birisi olmasına karşın, ülkemizde az bilinen bir kirlilik türüdür [3].

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan nüfusa bağlı olarak taşıt trafiğinde meydana gelen yoğunluk sosyal açıdan bir gelişme sağlasa da, ortaya çıkardığı gürültü kirliliği toplum ve doğal çevre üzerinde birçok olumsuz etkiye sahiptir. Trafik gürültüsü kentsel ortamlarda şehir sakinlerini ve insan sağlığını etkileyen en önemli çevre sorunlarından biri olarak gösterilmektedir. Dahası, gürültü sosyo-kültürel, estetik ve ekonomik maliyetlere sebep olmaktadır [4]. Trafik gürültüsü; motor gücü, hız, hareket eden araçların türü, yolların yamaçlarına ve kaldırım özelliklerine göre değişir [5]. Taşıtların hızlarının yanı sıra, artan trafik hacmi de alıcıda hissedilen gürültüyü artırmaktadır. Kentsel yerleşim bölgelerinde ortaya çıkan ses enerjisinin % 80'i trafikten gelmektedir [6]. Atmaca ve Peker'in [7] Sivas ilinde yaptıkları çalışmada 85 dB(A) üzerinde olan devamlı ve yaygın gürültüye uzun süre maruz kalınması işitme kayıplarına neden olabileceği belirlenmiştir. Sürekli işitme kaybı, maruz kalınan gürültünün düzeyine, maruziyet süresine ve frekansına bağlı olarak kişiden kişiye değişebilir [7]. Gürültünün frekansı, ortamdaki bulunma süresi, gürültünün noktasal,

düzlemsel veya çizgisel kaynaktan kaynaklanmış olup olmadığı, gürültüye maruz kalan kişinin yaşı, fiziki ve ruhsal durumu, gürültünün bulunduğu ortamda zamana göre dağılımı gibi durumlar gürültünün alıcı tarafından rahatsızlık olarak algılanmasında önemli olan etkenlerdendir [8]. Gürültünün insan üzerindeki olumsuz etkileri genelde fizyolojik ve psikolojik olmaktadır [7].

Fizyolojik etkiler arasında en yaygın olanı işitme kayıplarıdır. Gürültünün kulakta oluşturduğu işitme etkilerini akustik travma, geçici ve kalıcı işitme kaybı olarak üç grupta toplamak mümkündür [9]. Gürültüye bağlı işitme kaybı sanayileşmiş toplumlarda oldukça yaygın görülen, yaşam kalitesini olumsuz etkileyen faktörlerden biridir [10]. Diğer fizyolojik etkiler arasında kan basıncının artması, kalp atışlarının hızlanması, kas reflekslerinin oluşması, uyku bozuklukları sayılabilir. Uzun süreli gürültüye maruz kalma; adrenalın, noradrenalin ve kortizol gibi dolaşım stresi hormonlarının artması yoluyla kan basıncının düzeninde bozulmaya neden olabilir [11]. Gürültünün psikolojik etkileri fizyolojik etkilere göre daha yaygın olup sıkıntı, gerginlik, öfke, kızgınlık, konsantrasyon bozukluğu, dinlenme ve algılama güçlüğü şeklinde ortaya çıkmaktadır [7].

Gürültünün insan sağlığı üzerindeki etkilerini giderebilmek amacıyla çeşitli koruyucu tedbirler alınmaktadır. Tedbirlerin başında gürültüye neden olan kaynakların tespit edilmesi ve insan sağlığına olan etkilerinin azaltılması gelmektedir. Ayrıca, birçok ülkede gürültüyü önlemek ve etkilerini azaltmak amacıyla değişik yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Tsai vd. [12], Tayvan'ın Taina şehrinde yaptıkları çalışmada “nüfusun %90'dan fazlasının kabul edilemez düzeyde çevresel gürültüye maruz kaldığını tespit etmiş ve gürültünün kontrolü amacıyla acilen bir strateji geliştirilmesini” önermişlerdir. Ülkemizde de Avrupa Birliği sürecinde uygulanacak kriterler uyarınca Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve

Yönetimi Yönetmeliği (ÇGDYY) 07.03.2008 tarih ve 26809 sayı ile Resmi Gazetede yürürlüğe konulmuştur.

Karayolu trafik gürültüsünü önlemeye yönelik çalışmaların başında yukarıda sözü edilen yönetmelik gereği belli büyüklükte nüfusa ve taşıt sayısına sahip yerleşim yerlerinde gürültü haritasının hazırlanması gelmektedir. Ülkemizde gürültü haritası yapımına yönelik farklı şehirlerde değişik çalışmalar yapılmıştır [13]. Ancak, bugüne kadar Bartın kentinde gürültü kirliliğine ilişkin bilimsel bir çalışma yapılmamıştır. Bu noktadan hareketle bu çalışmada, Bartın kenti içinde motorlu taşıtların sebep olduğu gürültü kirliliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Çalışma Alanı

Bartın, Batı Karadeniz Bölgesinin, 41° 53' kuzey enlemi ile 32° 45' doğu boylamı arasında yer alır. Kuzeyini 59 km'lik sahil şeridiyle Karadeniz çevrelerken, doğuda Kastamonu, doğu ve güneyde Karabük, batıda ise Zonguldak illeriyle komşudur. Yüzölçümü 2.143 km²'dir. İl merkezinin rakımı 25 m'dir [14].

Bartın kentinin toplam karayolu uzunluğu 281 km olup, bunun 142 km'si devlet yolları, 139 km'si de il yolları ağında yer alır. Otoyola sahip olmayan Bartın kentinin merkez nüfusu 2014 verilerine göre 72.995'dir [15]. Son yıllarda turizmin canlanması ve üniversitenin etkisiyle şehir sürekli gelişmektedir. Dolayısıyla kentteki trafik de kentin kalabalıklaşmasına bağlı olarak yoğunlaşmaktadır. Yoğunlaşan trafik, gürültü unsuru oluşturmaktadır. Nüfus artışına paralel olarak artan araç sayısı, mevcut karayollarının bu duruma cevap verememesi ve araç sürücülerinin eğitim eksikliğinden kaynaklanan yanlış davranışları gürültü kirliliğinin artmasında etkili olmuştur [13]. Toplu taşımacılık; Bartın kentinde, raylı sistem ve deniz ulaşımı olmadığından sadece karayoluyla sağlanmaktadır. Kent merkezindeki ulaşım

Bartın Belediyesi'ne ait özel halk otobüsleri, ticari taksi ve dolmuşlar tarafından sağlanmaktadır [16].

2.2. Yöntem

Bartın kentinin gürültü ölçümleri için, gürültü ölçüm çalışma programı hazırlanmıştır. Ölçüm yapılan bölgelerde ticari yapılar, hastane, okul, bakımevi, ibadethane gibi gürültüye hassas alanlar, yerleşim alanları vb. bulunmaktadır. Ölçüm noktalarının çoğu, trafik akışının olduğu ana ulaşım yolları üzerinde yer almaktadır. Bu kapsamda, gürültü açısından hassas noktalar belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Ölçüm noktaları krokisi

Alınan tüm ölçümlerde hava açık durumda olup hava sıcaklığı ortalamasının üzerindedir. Çatmaca (Aktıp) Kavşağı, İl Özel İdare kavşağı, Devlet Hastanesi Kavşağı, Orduyeri Köprüsü, Kemer köprüsü, Amasra durakları ve Gölbucağı Kavşağı ölçüm noktalarında Pazar, Çarşamba ve Cuma günleri ölçümler yapılmıştır (Çizelge 1). Bu günler içinde yapılan ölçümler sabah ve akşam olmak üzere iki farklı zamanda alınmıştır. Her noktanın ölçümü üç kez tekrarlanmıştır (Hafta x Gün x Zaman x Yineleme = 3 x 3 x 2 x 3 = 54 Ölçüm). Sabah ölçümleri 08:00–09:30, akşam ölçümleri 17:00–18:30 saatleri arasında yapılmış, mümkün olduğunca her noktanın ölçüm saatinin tüm ölçümlerde benzerlik göstermesine dikkat edilmiştir.

Çizelge 1. Ölçüm noktaları (ÖN) ve tarihleri (ÖT)

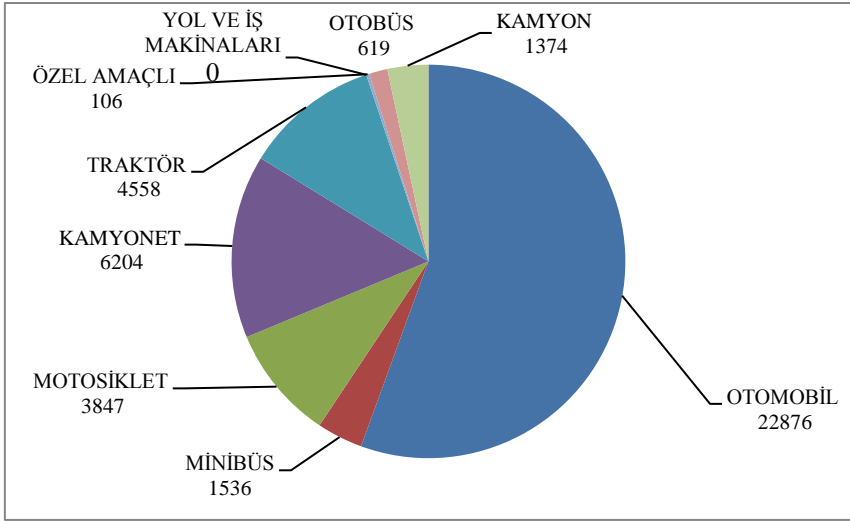
ÖN	Açıklama
1	Çatmaca Kavşağı
2	İl Özel İdare Kavşağı
3	Devlet Hastanesi Kavşağı
4	Orduyeri Köprüsü
5	Kemer Köprü
6	Amasra Durakları
7	Gölbucağı Kavşağı

ÖT	Açıklama
I	9 Mart 2014, Pazar
II	12 Mart 2014, Çarşamba
III	14 Mart 2014, Cuma
IV	16 Mart 2014, Pazar
V	19 Mart 2014, Çarşamba
VI	21 Mart 2014, Cuma
VII	23 Mart 2014, Pazar
VIII	26 Mart 2014, Çarşamba
IX	28 Mart 2014, Cuma

Ölçümlerde Extech Instruments 407730 cihazı kullanılmıştır. Ölçümler maksimum eşdeğer gürültü düzeyi (Leqmax) cinsinden olup, A ağırlıklı ses düzeyi dB(A) birimindedir. Ses kaynağına olan uzaklığın artması sesin şiddetini azaltacağından Çevre Şehircilik Bakanlığı Çevresel Gürültü ve Titreşim Yönetimi'ne göre [25] tüm ölçümlerin yerden 100 cm'in üzerinde alınmasına dikkat edilmiştir. Gürültü yansımaya sebep olup gerçek gürültüyü etkileyerek yanlış ölçüm alınmasına sebebiyet vermemek için ağaç, duvar, bina vb. gibi gürültü yansıtıcı yüzeylerin en az 1.5 m uzağında ölçüm alınmasına özen gösterilmiştir [23].

Buna karşılık, ölçüm esnasında bozucu etkenlerin (ani rüzgâr, yağış, yüksek araç gürültüsü vb.) meydana gelmesi durumunda ölçümler yinelenmiştir. İlk ölçümlerde hangi noktadan ve pozisyondan ölçüm alındıysa, sonraki tüm ölçümler de aynı noktalardan ve pozisyonlardan alınmış, yani ilk ölçüm şartları (aynı nokta, aynı yükseklik, aynı yön, aynı süre vb.) değiştirilmemiştir.

Karayolları taşımacılığının günden güne artması, çeşitli kara nakil araçlarının büyük ölçüde kullanılması trafik gürültüsünün şiddetini artırmıştır. Bartın kentinde ana gürültü kaynağı öncelikle trafik gürültüsüdür. Ana caddeler başta olmak üzere şehir merkezinde, mevcut cadde ve sokakların tamamında cadde genişlikleri dar, binaların ise bitişik nizam olması meteorolojik avantajları ortadan kaldırmıştır. Bitişik düzende binalar kurulduğundan, trafikten kaynaklanan gürültü için yankılayıcı etki göstermektedir [17].



Şekil 2. 2014 yılı Bartın kent içi motorlu araç türü ve sayısı [14]

Gürültü kaynağı bir trafik yolu olması durumunda yol kenarında veya trafik kavşaklarının yakınına yerleşmek, hız azaltımı, vites değiştirme ve fren basma gibi nedenler ile gürültünün artmasına neden olur. Bu nedenle, genellikle ağır ve duraklı trafiğin bulunduğu yol kenarına konut veya konutlar düzenlenmemelidir [8]. Nitekim Amerika Birleşik Devleti'nde hedonik fiyat modeliyle trafik gürültüsünün kapalı fiyat tahmini yapılmış ve trafik gürültüsünün karayolu yakınındaki konutların değerlerinde olumsuz etkiler yaptığı teyit edilmiştir [18]. Bartın İl merkezinde kayıtlı bulunan ve birer gürültü kaynağı sayılabilecek motorlu araçların sayıları incelendiğinde; 22876 otomobil, 619 otopüs, 1536 minibüs, 1374 kamyon, 6204 kamyonet, 3847 motosiklet, 4558 traktör, 106 özel amaçlı taşıt, olmak üzere genel toplamda 41108 motorlu taşıt bulunmaktadır (Şekil 2) [15].

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bartın kent merkezi diğer kent merkezleri ile karşılaştırıldığında büyük bir kent olmamasına rağmen, son zamanlarda artan trafik yoğunluğu önemli bir

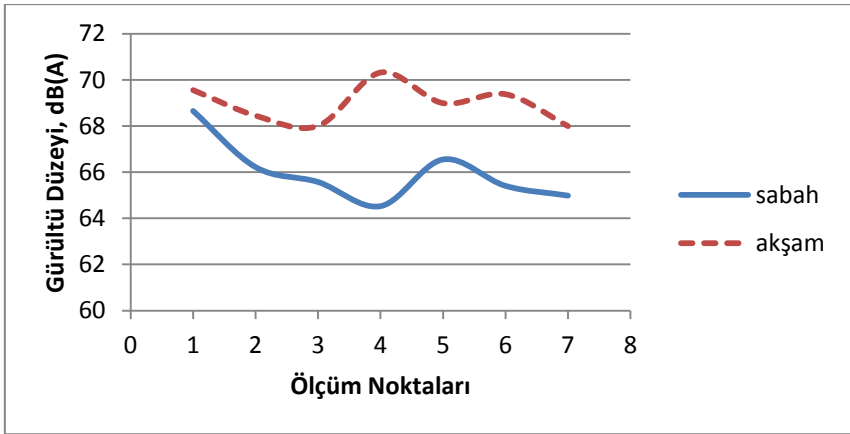
sorun haline gelmiştir. Çizelge 3’de görüldüğü üzere, ölçümlerin yapıldığı üç haftalık süre zarfında en fazla ortalama değer sabah 68.7 dB(A) ile Çatmaca Kavşağı, akşam ise 70.3 dB(A) ile Orduyeri Köprüsü’nde tespit edilmiştir. Bunun nedeni, Çatmaca Kavşağı’nın bulunduğu konum itibariyle hem çevre iller hem de şehir merkezi, devlet daireleri ve işyerlerine ulaşımında Bartın kentinin dağıtım noktası niteliğinde olması olabilir.

Sabah ölçüm saatleri, mesai saatleri ve iş yerlerinin açılma saatleri olduğu için ulaşım trafiği yoğun ve bunun akabinde gürültü fazla olmaktadır. Orduyeri Köprüsü ise Bartın kentinde memur olarak görev yapan kişilerin en çok geçiş yaptıkları yer olarak düşünülmektedir. Bu istasyonda akşam ölçüm saatinin işten eve dönüş zaman aralığı içinde olması gürültünün fazlalığını açıklamaktadır. ÇGDYY’ye göre yerleşim bölgeleri için trafik gürültüsünün 35-55 dB(A) arasında olması gerekmektedir.

Çizelge 3. Ölçüm noktalarında ölçülen gürültü seviyesi [dB(A)]

ÖN		Ölçüm Tarihleri									Ort.	Min.	Mak.
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX			
1	S	66.5	69.3	72.9	63.1	71.8	74.5	62.2	71.6	66.0	68.7	62.2	74.5
	A	67.5	67.2	67.5	75.5	66.3	71.5	69.9	70.4	70.2	69.6	66.3	75.5
2	S	58.3	67.8	65.6	60.7	68.7	72.6	61.9	70.1	70.3	66.2	58.3	72.6
	A	69.1	69.0	70.0	71.4	66.7	67.6	66.1	68.4	67.9	68.5	66.1	71.4
3	S	61.8	64.0	61.1	60.9	68.7	68.3	66.7	68.9	69.8	65.6	60.9	69.8
	A	65.2	69.5	70.2	66.6	62.5	71.4	67.5	67.6	71.7	68.0	62.5	71.7
4	S	61.4	65.4	64.0	64.1	67.7	67.0	63.0	68.6	59.6	64.5	59.6	68.6
	A	74.6	69.9	67.8	66.6	66.8	69.1	71.3	77.5	69.1	70.3	66.6	77.5
5	S	63.7	69.5	67.0	60.0	69.2	69.5	67.1	67.0	66.1	66.6	60.0	69.5
	A	64.0	67.9	66.8	72.9	70.5	71.8	63.4	71.2	72.4	69.0	63.4	72.9
6	S	52.8	72.4	68.6	62.5	67.0	67.6	66.0	69.7	62.1	65.4	52.8	72.4
	A	69.0	69.0	69.2	66.1	68.3	70.6	71.8	70.0	70.4	69.4	66.1	71.8
7	S	56.9	70.6	62.8	62.1	68.5	66.4	60.9	68.9	67.8	65.0	56.9	70.6
	A	66.4	68.8	67.9	64.0	66.8	70.3	68.6	70.3	68.8	68.0	64.0	70.3

Genel anlamda, akşam yapılan ölçümlerin gürültü düzeyleri, sabah yapılan ölçümlerdekine göre daha yüksek çıkmıştır. Özellikle akşam saatlerinde Orduyeri Köprüsü'ndeki ortalama gürültü düzeyi diğer noktalara göre fazla çıkmıştır. Bunun nedeni, bu köprünün bulunduğu konum işlevi bakımından bu saatlerde memurlar için daha kullanışlı olması olabilir. Diğer taraftan Orduyeri köprüsünde sabah ölçüm değerleri en düşük bulunmuştur. Sabah saatlerinde merkeze daha yakın noktalarda araç yoğunluğunun fazla olmasından dolayı böyle bir sonuç ortaya çıkmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Ölçüm noktalarında sabah ve akşam saatlerinde belirlenmiş gürültü seviyeleri

Sabah saatlerinde yapılan ölçümlerde Çatmaca Kavşağı diğer noktalara göre ortalama gürültü düzeyi açısından daha yüksektir. Şekil 3'ten de kolayca izlenebileceği gibi, bu noktada yapılan ölçümlerde sabah ve akşam saatlerinde ortalama gürültü düzeyi farkı çok fazla değildir. Bunun nedeni, Çatmaca Kavşağının günün her saatinde faaliyet içinde bulunması ve konumu bakımından çok sayıda aracın geçtiği merkez kavşak olmasıdır. Akşam saatlerindeki ölçümlerde Orduyeri Köprüsü'ndeki değerlerin yüksek çıkmasına rağmen, sabah saatlerinde en düşük değeri sergilemektedirler.

Yapılan sabah ölçümleri sonucunda günlerin ortalama eşdeğer gürültü seviyesinin değiştiği görülmektedir. Pazar günü yapılan ölçümlerde eşdeğer

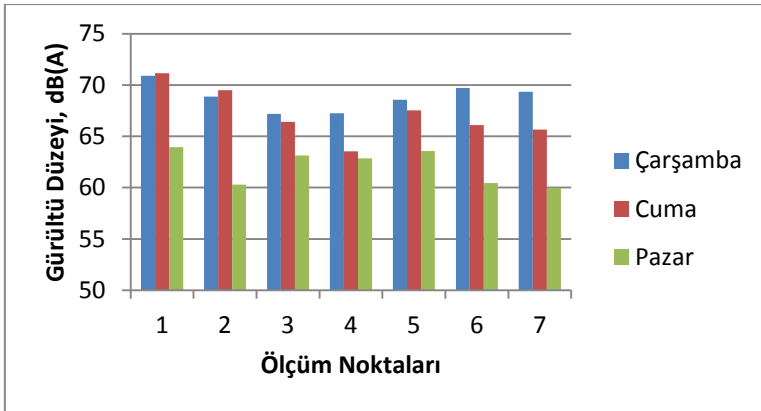
gürültü değerinin Çarşamba ve Cuma günlerine göre daha düşük çıktığı gözlemlenmiştir (Şekil 4). Bu değerlerin oluşmasındaki ana etken ise hafta içi trafik yoğunluğunun daha fazla olmasıdır. Özellikle devlet memurları ve öğrenciler için tatil günü olması nedeniyle, hafta sonlarında trafikten kaynaklanan gürültü seviyesi büyük ölçüde düşük çıkmıştır. Çatmaca Kavşağında sabah saatlerinde yapılan ölçümlerde ortalama gürültü düzeyi Cuma ve Çarşamba günleri en yüksek değerlere sahiptir. Yani hafta içinde Çatmaca Kavşağı'nda gürültü düzeyi fazla bulunmuştur. 4 Haziran 2010 tarih ve 27601 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinde (ÇGDYY) yer alan EK-VII Kara Yolu Çevresel Gürültü Değerleri, Çizelge 4'de gösterilmiştir [24]. Bu ölçüm noktasının hem bir sağlık merkezi bulundurması hem de şehir merkezinin kilit noktasında olmasının ölçülen değerlerin yüksek çıkmasında büyük rol oynadığı düşünülmektedir. Pazar günleri ölçülen gürültü değerlerinin az olmasının nedeni, insanların genellikle Pazar günlerini dinlenerek veya aile bireylerine vakit ayırarak geçirmeleri nedeniyle trafik yoğunluğunun kent merkezinin genelinde az olmasıdır.

Çizelge 4. Kara Yolu Çevresel Gürültü Sınır Değerleri [24]

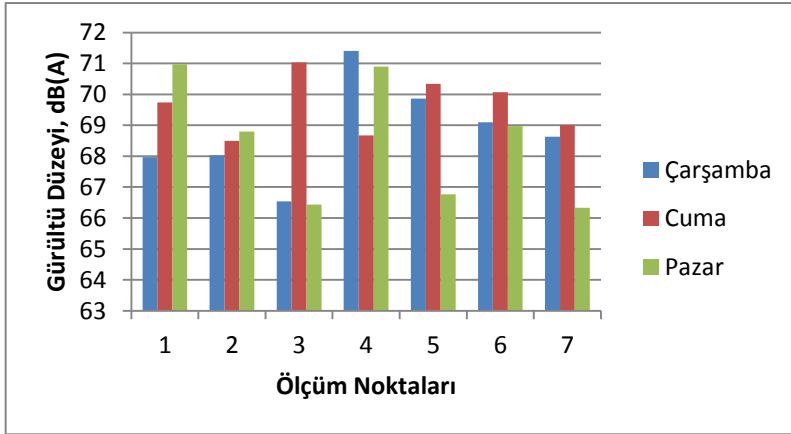
Alanlar	Planlanan/Yenilenmiş/Onarılmış yollar			Mevcut yollar		
	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)	L _{gündüz} (dBA)	L _{akşam} (dBA)	L _{gece} (dBA)
Gürültüye hassas kullanımlardan eğitim, kültür ve sağlık alanları ile yazlık ve kamp yerlerinin ağırlıklı olduğu alanlar	60	55	50	65	60	55
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan konutların yoğun olarak	63	58	53	68	63	58

bulunduğu alanlar						
Ticari yapılar ile gürültüye hassas kullanımların birlikte bulunduğu alanlardan işyerlerinin yoğun olarak bulunduğu alanlar	65	60	55	70	65	60
Endüstriyel alanlar	67	62	57	72	67	62

Cuma günü yapılan ölçümlerde ortalama eşdeğer gürültü değerinin Çarşamba ve Pazar günlerine göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Fakat her nokta bireysel olarak değerlendirilecek olursa, Çatmaca Kavşağı akşam saatlerinde en fazla pazar günü gürültüye maruz kalmıştır. İl Özel İdare Kavşağı'nda akşam saatlerindeki ortalama gürültü düzeyleri Çarşamba, Cuma ve Pazar günleri birbirlerine çok yakındır. Çatmaca Kavşağı, İl Özel İdare Kavşağı ve Orduyeri Köprüsü'nde akşam saatlerinde en yüksek gürültü düzeyi Pazar günü bulunmuştur. Amasra Durakları, Devlet Hastanesi Kavşağı, Gülbucağı ve Kemerköprü noktalarında ise Cuma günü en yüksek gürültü düzeyi tespit edilmiştir (Şekil 5).

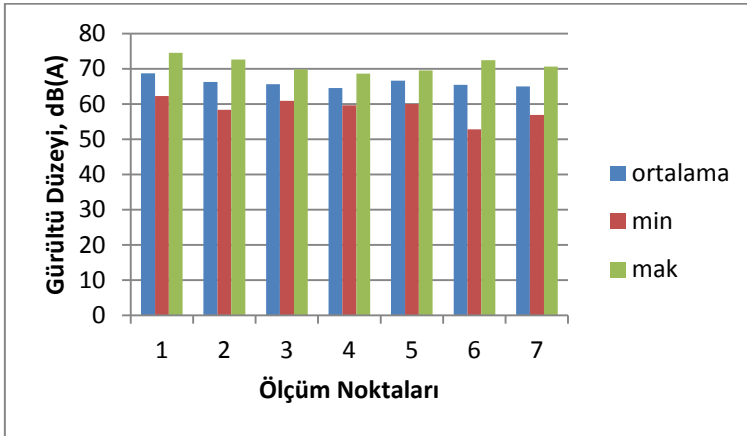


Şekil 4. Ölçüm noktalarında sabah saatleri için belirlenmiş ortalama gürültü seviyeleri

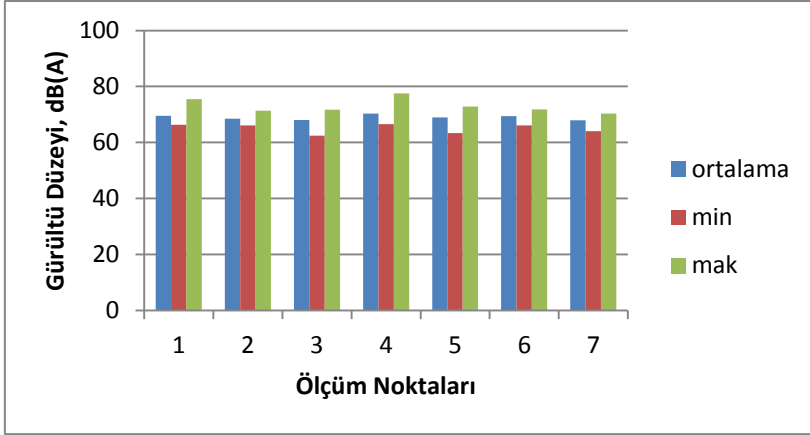


Şekil 5. Ölçüm noktalarında akşam saatleri için belirlenmiş ortalama gürültü seviyeleri

Çarşamba, Cuma, Pazar günlerinde sabah yapılan ölçümlerin ortalama gürültü düzeyi 65.9 dB(A), akşam yapılan ölçümlerin ortalama gürültü düzeyi ise 68.9 dB(A) olarak bulunmuştur (Şekil 6-7). Bununla birlikte, Aydın ve Ateş [19], Konya’da yapmış oldukları çalışmada ortalama gürültü düzeyini 70-80 dB(A) arasında değiştiğini bildirmişlerdir.



Şekil 6. Ölçüm noktalarında sabah saatleri için belirlenmiş ortalama, minimum (min) ve maksimum (mak) gürültü seviyeleri



Şekil 7. Ölçüm noktalarında akşam saatleri için belirlenmiş ortalama, minimum (min) ve maksimum (mak) gürültü seviyeleri

Bulgular bir bütün olarak değerlendirildiğinde, kentin yoğun iş ve konut alanları içinde bulunması ve gürültü ölçümünün sık yapılaşmadan dolayı trafik akışına yakın bir bölgeden yapılması zorunluluğu, elde edilen değerlerin standart değerlerden daha yüksek çıkmasına neden olmuştur. Nitekim, Yılmaz ve Hoçanlı Şanlıurfa kent merkezinde trafik ışıklarının çok kullanılması sebebiyle özellikle sabah ve akşam saatlerinde trafik sıkışığında araçların gürültüye sebep olduklarını belirtmişlerdir [20].

Çalışma alanlarında sabah ve akşam elde edilen en yüksek ortalama gürültü düzeyi 69.1 Leq dB(A)'dır. Çatmaca kavşağının trafik yoğunluğuna bağlı olarak yol kenarında belirlenen noktada gürültü seviyeleri yüksektir. Bunun sebebi ise, bu noktanın Bartın merkezini şehirlerarası otobüs terminali ve Ankara, İstanbul gibi büyük şehirlere bağlayan kavşak olması olduğudur. Çalışmalarda elde edilen sabah ve akşam en düşük ortalama gürültü ölçüm değeri ise Gölbucağı Kavşağında 66.5 dB(A) olarak tespit edilmiştir. Bunun sebebi ise, bu noktanın hastane, okul, yurt gibi kurumlara uzak olması ve aynı zamanda azda olsa konum olarak şehrin yoğun kısmının dışında bulunmasıdır.

Yerleşke içerisinde belirlenen noktalarda yapılan ölçümler neticesinde eşdeğer gürültü seviyeleri 52.8 - 77.5 dB(A) arasında bulunmuştur. Şehir merkezinde ölçümü alınan tüm noktaların gürültü düzeyleri, sabah ve akşam vakitlerinde ÇGDYY EK-VII [24] sınır değerleri aşmaktadır. Kentin belirtilen bölümlerinde müsaade edilen gürültü düzeylerini aşan trafik kaynaklı ciddi bir gürültü sorununun bulunduğu ve trafik yoğunluğu ile orantılı olarak değişen gürültü düzeylerinin yakalanması için bu yoğunluğu azaltıcı önlemlerin alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ölçüm sonuçlarının ÇGDYY'deki değerlerle karşılaştırılması sonucunda; kentin belirtilen bölümlerinde müsaade edilen gürültü düzeylerini aşan trafik kaynaklı ciddi bir gürültü sorununun bulunduğu ve trafik yoğunluğu ile orantılı olarak değişen gürültü düzeylerinin yakalanması için bu yoğunluğu azaltıcı önlemlerin alınması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, yürürlükteki ÇGDYY'de her şehirde gürültü haritası çıkarılması gerektiğine işaret edilmiştir.

İnsanın yaşadığı çevresinin sessizliğini bozan, insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve etkilemekle kalmayıp düzeltilmesi mümkün olmayan sonuçların ortaya çıkmasında büyük etkisi olan gürültünün azaltılması gerektiği herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Toplumun sağlığı üzerinde etkileri giderek artan gürültü kirliliği ve tehlikeleri konusunda toplumların, özellikle genç kuşakların bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Kirlilik sorunlarının tümünde olduğu gibi, sorunun çözümü eğitim ve yönetimden geçmektedir.

Clench-Aas vd. [21] Oslo'da, yerleşim yerlerindeki trafik gürültüsü ve hava kirliliği göstergeleri üzerinde karşılaştırmalı olarak çalışmış ve insanları rahatsız eden çevresel faktörleri alternatif bütünleşik bir yaklaşım

benimseyerek incelemişlerdir. İnsanların egzoz gazından ve yol trafik gürültüsünden zarar görme ihtimalleri ortaya konmuştur. Sonuçlar göstermiştir ki, yol trafik gürültü seviyelerine insanlar ne kadar maruz kalırlarsa, spesifik hava kirliliği seviyesinden, egzoz gazından zarar görme olasılıkları da o kadar yüksektir. Diğer taraftan insanlar ne kadar hava kirliliği seviyelerine maruz kalırlarsa, spesifik gürültü seviyesinden, yol trafik gürültüsünden o ölçüde zarar görecektir. Daha temiz ve sağlıklı bir çevrenin oluşturulması için bilimsel araştırmaların artırılması ve çözümlerin günlük hayata en kısa zamanda ve yüksek düzeyde geçirilmesi gerekmektedir.

Kavşak ve bulvarlara kent iklimine, kent kirliliğine uyum sağlayabilecek dayanıklı, yaprağını dökmeyen bitki örüntüleri yerleştirilmelidir. Ulaşım güzergâhı boyunca binalar ile yol arasında gürültü düzeyini azaltıcı çevreye uyumlu perdeler (yapay, doğal) inşa edilmelidir. Hâkim rüzgâr yönünde ses kaynağının konulmaması ve yeşil kuşak oluşumunun artırılması gerekmektedir. En etkili çözüm, yol kenarlarının sık bir biçimde ağaçlandırılması, caddelerin tek yönlü trafiğe açılması ve yol ortalarına genişliği 1-2 m arasında olan refüjlerin uygulanmasıdır. Cadde genişliklerinin artırılması ile gürültünün geniş bir yayılma alanına sahip olması sağlanmalıdır. Victor ve Gilbert [22] Almanya'nın Hanniasdorf'un ve Baden-Württemberg, Hong Kong, Portekiz'in Porto ve İsviçre'nin Cenevre kentinde trafik yönetimi ile ilgili alınan karar ve uygulamaların, optimal sonuçlarının elde edilmesinin ortaya konulduğu çalışmada; yol hız düşürücüleri, yol daralmaları, yol kesişmeleri ve trafik adalarında yapılan düzenleme ve kısıtlamalar ile yol trafik gürültüsünü 3.5 dB(A) kadar düşürülebileceğini ortaya koymuştur.

Trafiğin yoğun olduğu yerlerde yaya üst geçitleri artırılmalı ve klakson sesi azaltılmalıdır. Şehir merkezinde trafiğe kapalı yaya yolları artırılmalıdır. Araçlar mümkün olduğu kadar şehir dışından geçirilmeli, eğer ağır vasıtaların

şehir içine girmesi zorunlu ise, merkez aktivitelerin yoğun olmadığı şehir bölgelerinden geçişleri sağlanmalıdır. Şehir merkezinde trafik yoğunluğunu azaltmak amacıyla kişiler toplu taşıma araçlarını kullanmaya teşvik edilmelidir.

Öz bölge dağılımı iyi bir şekilde planlanmalı, yani birkaç resmi kuruluş ya da okul birbirine yakın olarak bulunmamalıdır. Böylece aynı saatte işten veya okuldan çıkan insanların trafik yoğunluğu içerisinde yer alması önlenecektir. Her şeyden önce kesin olan bir sonuç vardır ki, trafik gürültüsünün azaltılmasına yönelik çalışmaların en kısa zamanda başlatılması gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de bu konuda çalışmaların yaygınlaştırılması ve desteklenmesi konusunda ilgili kişi, kurum ve kuruluşlara önemli görevler düşmektedir. Bu açıdan, bu tip çalışmaların diğer kent bölgeleri için de yapılarak, planlama kararlarında değerlendirilmesi son derece yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Güremen, L. ve Çelik, C., 2003; “Niğde Merkezinde Yol Trafik Gürültüsü ve Gürültüden Etkilenme Seviyeleri”, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 7, Sayı 1-2, s.15-29.
2. Mavruk, A., 2005, “Yüreğir ve Seyhan (Adana) ilçelerinde Ana Arterlerdeki Toz ve Gürültü Dağılım Haritalarının Hazırlanması”, Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, s.128.
3. Çepel, N., 2002; “Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri”, Tübitak Yayınları, s.1-8.
4. Dintrans, A. ve Préndez, M., 2013; “A Method of Assessing Measures to Reduce Road Traffic noise”, Applied Acoustics, Cilt 74, s.1486-1491.
5. Anonim, 2012; “Gürültü Kaynakları”, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Aile ve Tüketici Hizmetleri,

- http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/G%C3%BCr%C3%BClt%C3%BC%20Kaynaklar%C4%B1.pdf
6. Aktürk, N., Akdemir, O. ve Üzkurt, İ., 2003; “Trafik Işık Sürelerinin Neden Olduğu Çevresel Taşıt Gürültüsü”, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, Sayı 1, s.71-87.
 7. Atmaca, E. ve Peker, İ., 1999; “Sivas’ta Trafik Gürültüsü”, Ekoloji Çevre Dergisi, Cilt 8, Sayı 30, s.3-8.
 8. Nacar Koçer, C., Uslu, G., Işık, H. ve Hanay, Ö., 2007; “Elazığ Kent Merkezinde Gürültü Düzeyi Üzerine Trafik, Endüstri ve Ticaret Faaliyetlerinin Etkisi”, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-27 Ekim, İzmir.
 9. Yılmaz, H. ve Özer S., 1997; “Gürültü Kirliliğinin Peyzaj Planlama Yönünden Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri” Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 28, Sayı 3, s.515-531.
 10. Funda, Y.O., 2012; “Gürültüye Maruziyetin İşitme Üzerindeki Etkilerinin, Sigara Kullanımı ve Kotinin ile İlişkisinin İncelenmesi”, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi, s.103.
 11. Maschke C., Rupp T. ve Hecht K., (2000); “The influence of stressors on biochemical reactions – a review of present scientific findings with noise”, Int J Hyg Environ Health, Cilt 203, s.45-53.
 12. Tsai, K., Lin, M. ve Chen, Y., 2009; “Noise Mapping in Urban Environments”, Applied Acoustics, Cilt 70, s.964-972.
 13. Ilgar, R., 2012; “Çanakkale Şehir İçi Trafikindeki Araç Kaynaklı Gürültü Kirliliğine Yönelik Ön Çalışma”, Zeitschrift Für Die Welt Der Türken, Cilt 4, No 1, s. 253-267.
 14. Anonim(a), 2014; “Bartın İli Coğrafi Konumu Bilgileri”, Özgür Ansiklopedi, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Bart%C4%B1n_\(il\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/Bart%C4%B1n_(il))

15. TÜİK, 2014; “Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri”, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/ulastirmadagitimapp/ulastirma.zul>
16. Anonim(b), 2014; “Özel Halk Otobüsleri”, Bartın Belediyesi, <http://www.bartinhalkotobusleri.com/>
17. Anonim, 2005; “Gürültü Tanımları, Kaynakları, İnsanlar Üzerindeki Olumsuz Etkileri ve Kontrol Altına Alınması”, <http://www.libris.bahcesehir.edu.tr/dosyalar/Tez/047504.pdf>
18. Kim, K., Park, S. ve Kweon, Y., 2007; “Highway traffic noise effects on land price in an urban area”, Transportation Research Part D, Cilt 12, s.275-280.
19. Aydın, M. ve Ateş, N., 1997; “Konya’da Trafik Gürültüsü ve Bazı Önerileri”, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 3,Sayı 3, s. 447-456.
20. Yılmaz, G. ve Hoçanlı, Y., 2008; “Şanlıurfa İli Gürültü Kirliliği Haritası” Çevre Sorunları Sempozyumu, 14-17 Mayıs, İzmir.
21. Clench-Aas, J., Bartonova, A., Klvboe, R. ve Kolbenstvedt, M., 2000; "Oslo traffic study. Part 2: quantifying effects of traffic measures using individual exposure modeling", Atmospheric Enviroment, Cilt 34, No 27, s.4737-4744.
22. Victor, D. ve Gilbert, M., 1999; “Noise Reduction by Urban Traffic management; Swedish National road and Transport Research Institue Report”, s.869.
23. Babalık, F.C. ve Çavdar, K., 1999; “Tekstil İşletmelerinde Karşılaşılan Yüksek Gürültü Seviyeleri; Etkileri ve İndirgeme Yöntemleri”, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi 9/4.
24. Anonim(c), 2014; “Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve YöntemiYönetmeliği”,<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100604-5.htm>
25. Anonim(d), 2014; “Çevresel Gürültü ve Titreşim Yönetimi” http://www.csb.gov.tr/db/mardin/haberler/haberler7576_1.pdf

SiC ile Güçlendirilmiş Al2014 Matrisli Kompozitin Isıl İletkenliği Üzerine Matrise İlave Edilen Mg'un Etkisi

Serkan ATEŞ^{1*}, İbrahim UZUN²

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın/Türkiye

²Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale /Türkiye

Yayın Bilgisi

Yayın Geçmişi
Geliş T.: 15.10.2014
Revizyon T.:
12.11.2014
Kabul T.:19.11.2014

Anahtar Kelimeler

Kompozit,
İnfiltrasyon, Al2014,
SiC, Isıl İletkenlik,
Porozite

Özet

Bu çalışmada 105µm tane büyüklüğüne sahip SiC tozlar içerisinde Al2014 alaşımı basınçlı infiltrasyon tekniği ile emdirilerek metal matrisli kompozit numuneler elde edilmiştir. 13mm çapında, 300mm yüksekliğindeki paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş boruların içerisine SiC tozlar 70mm yükseklik oluşturacak şekilde serbest halde doldurularak bir bilezik ve filtre ile sabitlenmiştir. Al2014 matris malzemesi içerisine ağırlıkça %0, %4, %8 değerlerinde Mg ilave edilerek, 700kPa basınçta, 750°C sıcaklıkta, azot gazı (N₂) atmosferinde 3 dakikada infiltrasyon gerçekleştirilmiştir. Tüm numuneler için tam infiltrasyon elde edilmiştir. Elde edilen numunelerin SEM analizleri sonucunda homojen bir mikro yapı gözlemlenmiştir. Elde edilen numunelerin yoğunlukları ve poroziteleri deneysel olarak, ısı iletkenlikleri ise hem deneysel hem de sayısal olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında matrise ilave edilen Mg miktarının artmasıyla hem kompozitin porozite miktarının hem de ısı iletkenliğinin azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, literatürdeki mevcut bilgilerle karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Keywords:

Composite,
Infiltration, Al2014,
SiC, Thermal
Conductivity,
Porosity

The Effect of Adding Mg to Matrix on Thermal Conductivity of Al 2014 Matrix Composite Powered by SiC

In this study, metal matrix composite samples have been obtained by absorbing Al2014 alloy into SiC powders with 105 µm grain size with the help of pressure infiltration method. SiC powders were filled into tubes made of stainless steel material in 300mm height and 13mm diameter in order to get a 70mm height of the powders and it was fixed by means of a ring and filter. Mg with the values of %0, %4 and %8 weights was added into Al2014 matrix material and infiltration was carried out in 3 minutes, in the atmosphere of nitrogen (N₂), in temperature of 750°C and under 700kPa. A complete infiltration for all samples has been obtained. As a result of the SEM analysis of samples, a homogenous micro structure was observed. The densities and porosities of the samples have been determined experimentally and thermal conductivities of them have been identified experimentally and numerical. From the data obtained, it has been understood that when Mg amount added to matrix increases, both the

porosity amount and thermal conductivity of composite decrease. The results have been given comparatively with the data in literature.

1.GİRİŞ

Tabiatta varolan malzemelerin kısıtlı olmasından dolayı, sanayinin en önemli girdilerinden olan malzemeler teknolojideki hızlı gelişmeye uyum sağlayamamış ve bu yüzden de malzeme ve malzeme bilimindeki gelişmeler kaçınılmaz bir duruma gelmiştir. Artık metaller gibi klasik malzemelerin birçok özellikleri gelişen teknolojinin ihtiyaçları için yeterli olmayınca, daha üstün özelliklere sahip kompozit malzemeler üretilmeye başlanmış ve bu konuda hızlı bir gelişme sürecine girilmiştir. Kompozit malzemeler aslında binlerce yıldan beri mevcuttur. Kompozit malzemelerin klasik malzemelere göre en belirgin özellikleri hafiflik ve sağlamlıktır. Kompozit malzemeler son yıllarda yaygın bir şekilde; havacılık, deniz taşıtları, otomotiv, makine, inşaat, askeri ve uzay teknolojisi alanlarında kullanılmaya başlanmıştır [1-2].

Kompozit malzemeler, takviye ve takviyeyi bir arada tutup malzeme özelliklerine iyileştirme sağlayan matris olmak üzere iki fazdan meydana gelir. 1950 yılından beri sayısız matris ve takviye elemanı kombinasyonları denenmiştir. Bununla birlikte metal matris kompozit teknolojisi hala ilk evrelerinde olup gelişim sürecindedir. Hiç kuşku yok ki önümüzdeki yıllarda önemli sistemler ortaya çıkacaktır[3]. Metal matrisli kompozitleri üretmek için; döküm metotları, toz metalürjisi tekniği, in-situ işlemleri ve infiltrasyon metotları gibi birkaç metot vardır[4-5]. İnfiltrasyon metodu içerisinde birkaç farklı uygulama tekniği barındırır. Bunlar; basınçlı infiltrasyon, basınçsız infiltrasyon ve vakum infiltrasyon tekniğidir[6-7]. Basınçlı infiltrasyon yöntemi, takviye içeren poroz preforma sıvı metalin nüfuz etmesi için sıvı metale mekanik basınç (sıkıştırma döküm) yerine inert gaz basıncı uygulayan bir sıvı infiltrasyon şeklidir[8]. Metal matrisli kompozitlerin matris malzemesi genelde alüminyum ve alüminyum alaşımlarıdır. Magnezyum, demir, titanyum

ve süper alaşımlar gibi matris malzemeleri alüminyuma nazaran daha az kullanılmaktadır[3].

Bu çalışmada ısıtma işlemi sertleştirilebilir 2000 serisi Al 2014 alaşımı matris malzemesi olarak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan SiC, Mg ve Al2014'e ait kimyasal kompozisyon, fiziksel ve ısıtma özellikler aşağıdaki Tablo 1., Tablo 2 ve Tablo 3.'de verilmiştir[9].

Tablo 1. SiC, Mg ve Al2014'ün fiziksel ve ısıtma özellikleri

	Al2014	SiC	Mg
Yoğunluk (g/cm ³)	2,8	3,2	1,74
Özgül Isı (J/kgK)	880	670	856
Isıl İletkenlik (W/mK)	193	77,5	156

Tablo 2. Al 2014'ün kimyasal kompozisyonu

Element	Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn	Diğer
(%)	93,6	0,1	3,9	0,7	0,2	0,4	0,5	0,15	0,25	0,2

Tablo 3. SiC' ün kimyasal kompozisyonu

Element	SiC	Fe ₂ O ₃	C	SiO ₂	Al ₂ O ₃
(%)	99	0,3	0,4	0,1	0,2

Kompozit üretiminde genellikle karbür, nitrür, oksit ve borür gibi refrakter bileşiklerden oluşan endüstriyel tozlar kullanılmaktadır. Ancak daha çok tercih edilen süresiz takviye elemanları partikül ve kılcal kristal formda SiC ve Al₂O₃'dir. SiC'ün sertliği, kırılmaya karşı direnci, elastisite modülü Al₂O₃'den daha yüksek, yoğunluğu ve ısıtma genişleme katsayısı daha düşük olduğundan genelde SiC takviye elemanı olarak kullanılmaktadır[10]. Basınçlı infiltrasyon tekniğinde; sıvı metal sıcaklığı, takviye tane büyüklüğü, infiltrasyon süresi, infiltrasyon basıncı ve alaşım en önemli infiltrasyon parametreleridir. Metal matrisli kompozitlerde takviye ile matris malzemesinin uyumu kompozitlerin

özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. İnfiltrasyon yönteminde sıvı matrisin takviyeyi ıslatma kabiliyeti, infiltrasyon mesafesini önemli ölçüde etkilemektedir. Al matrisli kompozit malzemelerin infiltrasyonunda birçok araştırmada sıvı matrisin Mg içeriği infiltrasyonu arttıran etki gösterdiğini belirtmiştir.

Basıncsız infiltrasyon yöntemiyle Al_2O_3 ve SiC parçacık takviyeli kompozit malzeme üretiminde üretim parametrelerine bağlı olmakla birlikte infiltrasyonun gerçekleşebilmesi için kritik bir Mg miktarına ihtiyaç duyulmaktadır[19]. Basıncılı infiltrasyon yöntemi ile üretilen Al/SiC kompozitlerde matrise %13,9 Mg ilavesi eşik basınç ve matris ile takviye arasındaki ıslatma açısını düşürmektedir[20]. Basıncılı infiltrasyon yöntemi ile üretilen Al-%3Mg/SiC kompozitlerde Mg ilavesi ile düşük sıcaklıklarda bile ($700^{\circ}C$) infiltrasyonun gerçekleştiği belirtilmektedir[21]. SiC tozlara Al-Si-Mg alaşımı basıncsız olarak infiltre edildiğinde infiltrasyon yüksekliği artan Mg miktarları ile artar[22]. Vakumlu infiltrasyonda $100\mu m$ SiC tozlarla üretilen Mg'lu kompozitler Al'lu kompozitlere göre daha iyi ıslatabilirlik özelliği göstermektedirler[23].

Elektronikte kullanılan paketleme malzemeleri; düşük ve uygun termal genleşme katsayısına, yüksek termal iletkenliği, düşük maliyet ve düşük yoğunluğa sahip olmalıdır. Ancak geleneksel paketleme malzemeleri bütün bu özellikleri karşılamadığından seramik takviyeli metal matrisli kompozitler geliştirilmiştir[11]. Bu yüzden kompozit malzemelerin ısı iletkenliklerinin önemi son yıllarda daha fazla öne çıkmıştır. Elektronik endüstrisindeki yeni uygulamalarda; elektronik aygıtların boyutlarının küçülmesi ve güçlerinin artması neticesinde bu aygıtlarda kullanılacak olan malzemeler için ısı iletkenliği oldukça yüksek yaklaşık $250-300(W/mK)$ olan malzemelere gereksinim duyulmaktadır[12]. Kompozitlerin ısı iletkenliğini ölçmek için kullanılan flash tekniği geniş bir kullanım alanına sahiptir ve farklı sıcaklıklarda ısı iletkenliğin ölçülmesine imkan sağlamaktadır[13]. Bu

çalışmada kullanılan flash tekniği zamana bağlı ısı iletkenlik ölçümü esasına dayalı bir yöntem olup, numunenin bir yüzüne uygulanan ısı enerjisinin, diğer yüzeye ulaşmasına bağlı olarak ısı iletkenlik belirlenir.

Literatürde, yukarıda belirtilen infiltrasyon parametrelerine göre şekillenen kompozit özelliklerinin, ısı iletkenlik özelliğine olan etkisini belirleyen birçok teorik modelin yanında birçok da analitik yaklaşım vardır[14-15]. Mikroyapının önemli bir rol oynadığı ısı iletkenliği hesaplamak için kullanılan nümerik metotta gerçek SEM fotoğrafları kullanılmıştır[16].

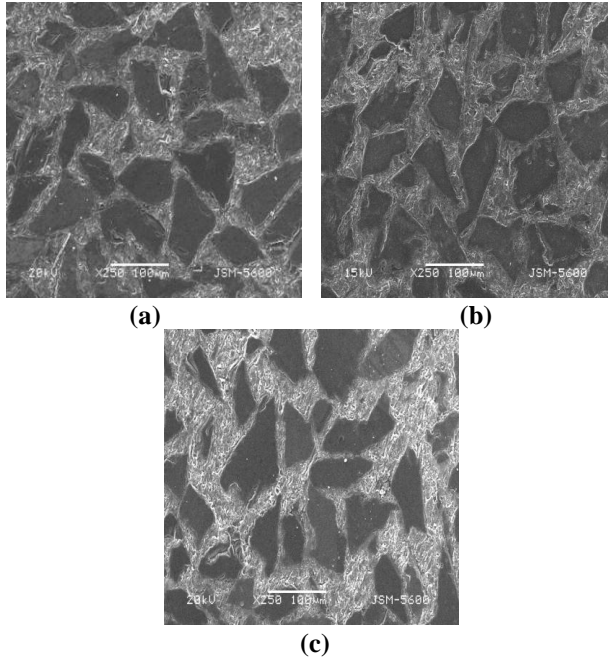
2. DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada metal matrisli kompozit üretiminde takviye elemanı olarak ticari saflıkta 105µm tane büyüklüğüne sahip kimyasal kompozisyonu Tablo 3’de verilen SiC tozlar ve matris malzemesi olarak ise kimyasal kompozisyonu Tablo 2’de verilen Al2014 alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan matris ve takviye elemanına ait fiziksel ve ısı özellikler ise Tablo 1’de verilmiştir. Öncelikle 13mm çapında, 300mm yüksekliğindeki paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş boruların bir ucuna poroz filtre bir bilezik vasıtasıyla sabitlenmiş ve SiC tozlar boru içerisine 70mm yükseklik oluşturacak şekilde serbest halde doldurulmuştur. Daha sonra boru içerisindeki tozların üst kısmı yine bir bilezik ile sabitlenen poroz filtre vasıtasıyla kapatılarak SiC tozlar boru içerisinde sabitlenmiştir. Numunelerden ilkinde Mg ilave edilmemiş, ikinci ve üçüncü numuneye sırasıyla %4 ve %8 oranlarında Mg ilave edilerek 750°C sıcaklıkta, 700kPa basınçta, 3 dakikada azot gazı (N₂) atmosferinde infiltrasyon gerçekleştirilmiştir. Daha sonra borular basınç kabının içerisinden çıkarılarak, oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Numuneler mikro yapı incelemeleri ve yoğunluk, ısı iletkenlik ölçümleri için uygun ölçülerde kesilmişlerdir. Kompozitlerin yoğunlukları 0.0001g hassasiyete sahip “Sartorius YDK 01” marka bir hassas terazide yoğunluk ölçüm kiti vasıtasıyla arşimet prensibine göre belirlenmiştir. Kompozitlerin

mikro yapısı ise SEM (taramalı elektron mikroskobu) ile araştırılmıştır. Malzeme içerisindeki gözenek miktarı (φ) deneysel olarak elde edilen yoğunluk (ρ_d), takviye hacim oranından gidilerek hesaplanan teorik yoğunluk (ρ_t) ve ölçüm yapılan sıcaklıktaki suyun yoğunluğu (ρ_s) kullanılarak aşağıdaki eşitlik (1) ile hesaplanmıştır.

$$\varphi = \frac{\rho_t}{\rho_d} \times \rho_s \quad (1)$$

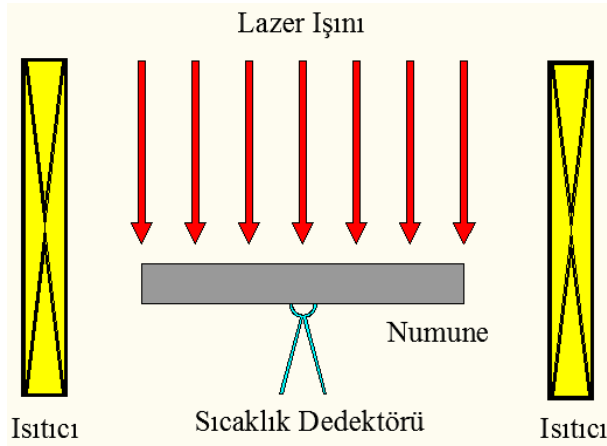
Kompozitlerin mikro yapısı ise yüzey düzeltme ve parlatma işlemlerinden sonra taramalı elektron mikroskobu altında 250 büyütme ile görüntülenmiş elde edilen fotoğraflar Resim 1.'de verilmiştir. Resimler incelendiğinde infiltrasyonun tam olarak gerçekleştiği ve SiC parçacıklarının matris içerisinde homojen olarak dağıldıkları gözlenmiştir.



Şekil 1. Kompozitlerin mikro yapılarının farklı Mg ilavelerindeki SEM görüntüleri (a) %0, (b) %4, (c) %8

Numunelerin ısı iletkenlik değerleri ‘‘Anter Flash Line 2000’’ model cihaz ile Laser Flash tekniği kullanılarak ısı yayılım katsayısından eşitlik (2) ile dolaylı olarak hesaplanmıştır. Zamana bağlı ısı iletkenlik ölçüm temelinde dayalı bu cihazın çalışma prensibi aşağıdaki Resim 2.’de verilmiştir. Bu cihazdaki ölçümler yapılırken numune boyutları cihaza uyarlanmak için Cast 95 ile çapı büyütölerek ölçümler yapılmıştır. Isıl iletkenlik ölçümleri oda sıcaklığı olarak kabul edilen 25°C sıcaklıktan başlanılarak 200°C’ye kadar sekiz farklı sıcaklık değerinde yapılmıştır. Her bir ölçüm cihaz tarafından en az üç kez yapılarak sonuç bu ölçümlerin ortalaması alınarak bulunmuştur.

$$a = \frac{k}{\rho \cdot c} \quad (2)$$



şekil 2. Isıl İletkenlik ölçümü deney düzeneğinin(Laser Flash) şematik gösterimi

3. SONUÇLAR ve TARTIşMA

Matrise ilave edilen Mg’un etkisi ile infiltrasyon tam olarak gerçekleşmiştir. Beklenen bir durum olarak matrise ilave edilen Mg miktarının artması ile infiltrasyon kolaylaşmış ve bunun sonucu olarak porozite miktarı azalmıştır. Her ne kadar porozitenin azalması malzemenin ısı iletkenliğinin

artması anlamına gelse de Tablo 4’de görüldüğü üzere matrise ilave edilen Mg’un ısı iletkenlik değerinin düşük olması nedeniyle üretilen kompozitin ısı iletkenliği matrise ilave edilen Mg miktarı ile azalmıştır. Kompozitin iç yapısında bulunan gözeneklerin içerisinde hava hapsolmuş durumdadır. Havanın ısı iletkenlik değeri kompoziti oluşturan malzemelerden daha düşük olduğundan boşluk bulunması kompozitin ısı iletkenliğini ve mukavemetini düşürmektedir. Yoğunluk farkının belirlenmesinde kompoziti oluşturan malzemelerin karışım yüzdeleri üzerinden hareketle hesaplanan teorik yoğunluklar ile deneysel olarak ölçülen yoğunluklar kullanılmıştır. Porozite ile matrise ilave edilen Mg miktarı arasındaki ilişki grafiksel olarak Resim 3’de gösterilmiştir. İlave edilen Mg’un etkisiyle porozite miktarının doğrusala yakın bir değişim gösterdiği ancak %4 oranındaki Mg ilavesinin doğrusallığı bir miktar bozduğu görülmektedir. Bunun nedeni çok net olarak belirlenemese de infiltrasyon esnasındaki bir filtre sorunu veya malzemelerin tüp içerisine doldurulmasında iyi sıkıştırılamaması olabilir.

Tablo 4. Metal matrisli kompozitlerin porozite miktarları

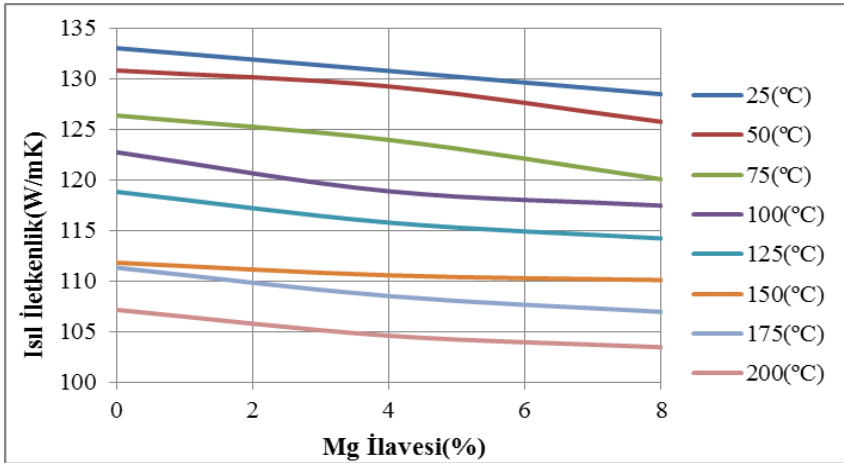
Mg İlavesi (%)	Deneysel Yoğunluk (ρ_d)	Teorik Yoğunluk (ρ_t)	Porozite (%)
0	2,9575	3,0067	1,0167
4	2,9845	2,9643	0,9932
8	3,0128	2,9219	0,9698

Ayrıca kompozitlerin ısı iletkenlik değeri Lazer flash tekniğini kullanılarak, deneysel olarak ölçülmüş ve belirlenen ısı iletkenlik değerleri aşağıda Tablo 5’de verilmiştir. Ölçümler her bir ilave edilen Mg miktarı değerinde üretilen kompozit için sekiz farklı sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Deneysel ölçümlerde cihaz ısı difüzyon değerini ölçtüğünden ısı iletkenlik dolaylı olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamada kullanılan yoğunluk ve özgül ısı büyüklüklerinin sıcaklıkla değişmediği varsayılmıştır.

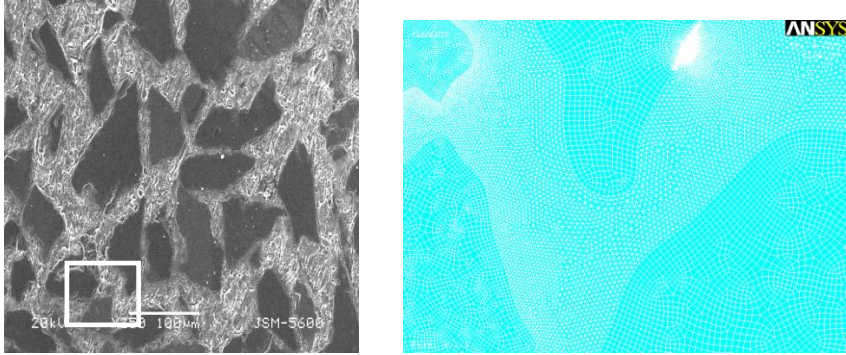
Tablo 5. Isıl iletkenlik değerinin sıcaklık ve Mg ilavesi ile değişimi

Sıcaklık(°C)	Matrise Mg İlavesi(%)		
	0	4	8
25	133,007	130,758	128,458
50	130,797	129,223	125,737
75	126,354	123,943	120,062
100	122,725	118,872	117,456
125	118,818	115,778	114,222
150	111,816	110,568	110,105
175	111,327	108,521	106,967
200	107,164	104,613	103,473

Sekiz farklı sıcaklık ve üç farklı Mg ilavesi için deneysel olarak ölçülen ısı iletkenlik değerleri Resim 3’de verilmiştir. Isıl iletkenliğin hem Mg ilavesi hem de sıcaklıkla azaldığı görülmektedir. Matrise Mg ilavesi üretilen kompozitin porozite miktarını düşürmektedir. Bunun nedeni matrise ilave edilen Mg’un infiltrasyonu kolaylaştırıcı bir etkiye sahip olması ve eriyiğin mikro düzeydeki partiküller arasına daha iyi nüfuz etmesini sağlamasıdır.

**şekil 3.** Isıl iletkenlik değerinin sıcaklık ve Mg ilavesi ile değişimi

Beklenildiği gibi Mg'un ısıl iletkenlik değerinin düşük olması kompozitin ısıl iletkenlik değeri düşmüştür. Bunun nedeni; matrise katılan Mg'un ısıl iletkenlik değerinin Al2014'den daha düşük olması ve böylece matrisin ısıl iletkenliğini düşürmesidir. Sıcaklıkla ısıl iletkenliğin azalması ise SiC kaynaklanmaktadır. SiC'ün negatif sıcaklıklarda ısıl iletkenliğinin yükseldiği oda sıcaklıklarına doğru ve daha yüksek sıcaklıklarda düştüğü bilinmektedir[17-18].



Şekil 4. (a) Matrise %8 Mg ilavesi ile üretilmiş kompozitin SEM görüntüsü(b) Dönüştürülmüş nümerik modelin bir parçası

Sayısal çözümlemede ısıl iletkenliğin düşük çıkmasının nedeni iki boyutlu çözüm durumundaki alan oranlarının SiC lehine fazla olmasıdır. Çünkü SiC'ün ısıl iletkenliği Al2014'ün ısıl iletkenliğinden yaklaşık üç kat daha düşüktür. Alınan numunelerin birisinin SEM görüntüsü Resim 4a'da, sonlu eleman esaslı sayısal çözümünün ağ yapısı ise Resim 4b'de verilmiştir. Sayısal çözümler resimlerin bütünü üzerinde gerçekleştirilmesine rağmen numunenin tamamını temsil etmediği bilinmelidir. Yüzeysel oranlardan gidilerek iki boyutlu sayısal çözümlemede hacimsel oran yakalanacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. İki boyutlu çözümde yüzeysel oranların hacimsel oranlara dönüşümünde ortaya çıkan hatanın %1'in altında olduğu bütün geometriler için görülmüştür. Bu nedenle iki boyutlu sayısal çözümün üç boyutlu çözümlere denk olduğu söylenebilir. Sayısal çözümlemede matris

malzemesinin ısı iletkenlik değeri matrisi oluşturan Al2014 ve Mg'un karışım yzdeleeri uzerinden hareketle hesaplanmıştır.

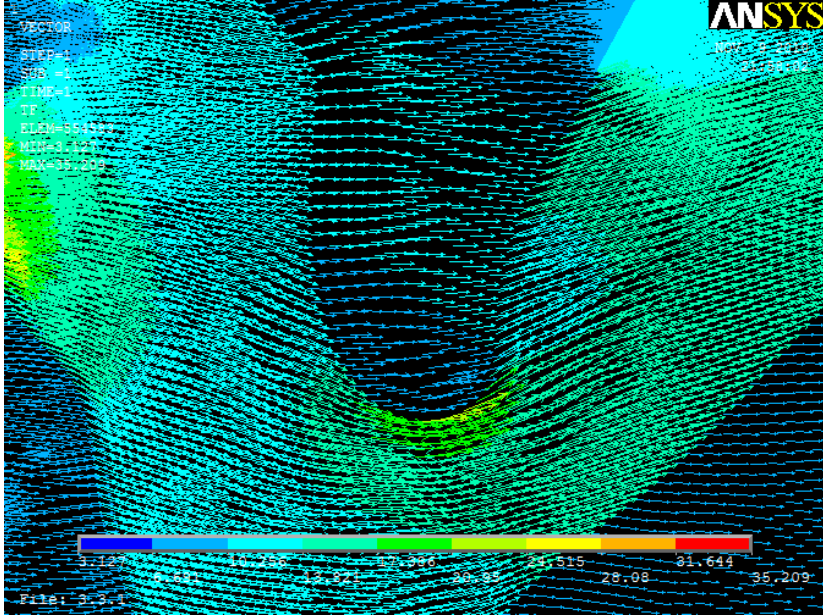
Tablo 6. Farklı modeller ile elde edilen ısı iletkenlik değerleri

Mg İlavesi (%)	Paralel (k_p)	Sayısal	Deneysel
0	133,309	119,396	128,221
4	131,829	118,815	125,699
8	130,349	120,635	122,928

Mg ilavesi ile ısı iletkenliklerin sıcaklıkla değişimleri deneysel olarak 25°C ile 100°C sıcaklıkları arasında ölçölmüş, yapılan ölçömlerin aritmetik ortalaması alınarak Tablo 6'da verilmiştir. Teorik ve sayısal yöntemlerde kullanılan matris ve takviye malzemesine ait ısı iletkenlik değerleri 0°C ile 100°C arasında literatürde verilen değerlerdir. Bu değerlere bakıldığında deneysel sonuçların oldukça tutarlı ve beklenildiği şekilde elde edildiği görölmektedir. Sayısal sonuçlardaki sapma seçilen bölge mikro yapısına bağlı oluşundan ve porozitenin dikkate alınamamasından kaynaklanmaktadır. Teorik yöntemlerden geometrik ve paralel yöntemlerle elde edilen sonuçların birbirine oldukça yakın değerler vermektedir. Bunlardaki sapma da iki malzemeden oluşan kompozitlere yönelik çözümler üretebilmesinden kaynaklanmaktadır. Halbuki gerçek numulerde %1'ler civarında gözenek söz konusudur. Ayrıca teorik yöntemlerde basınç etkisi de söz konu değildir.

SiC/Al2014 kompozitinin mikro yapı fotoğraflarından hareketle sayısal model oluşturulmuştur. Bu model tek boyutlu ısı iletimi şeklinde sınır şartları ile tanımlanarak sıcaklık dağılımı ve ısı akış miktarları hesaplanmış kompozitin efektif ısı iletkenliği belirlenmiştir. Kompozitin seçilen bölgesinde hesaplama düzlemindeki ısı akılarının vektörel gösterimi Resim 5'de verilmiştir. Bu resimden de göröleceği üzere kompoziti oluşturan

malzemelerin ısı iletkenliklerine bağlı olarak vektör büyüklükleri arasındaki fark net olarak görülebilmektedir.



Şekil 5. Seçili bölgede ısı akısının vektörel gösterimi

4. SONUÇ

Matrise ilave edilen Mg miktarının artmasıyla kompozitin porozite miktarı ve ısı iletkenlik değeri azalmıştır. Kompozitin ısı iletkenlik değerlerinin sıcaklığa bağlı olarak sıcaklık arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Isı iletkenlik bir teorik yöntemle de hesaplanarak deneysel sonuçlar desteklenmiştir. Sayısal ve teorik modellerde porozite etkisinin alınmaması bir dezavantaj olarak gözlemlenmiştir.

SEMBOLLER

A_m	Al2014 matrisin yüzey alanı, m ²
A_f	SiC parçacıklarının yüzey alanı, m ²
α	Isı yayılım katsayısı, m ² /s
c	Özgül ısı, J/kg.K
φ	Porozite miktarı, %
ϕ	SiC'ün yüzey alanının, toplam yüzey alanına oranı $\left(\frac{A_m}{A_t}\right)$
k	Isıl iletkenlik, W/mK
k_f	SiC'ün efektif ısıl iletkenliği, W/mK
k_m	Al2014 matrisin efektif ısıl iletkenliği, W/mK
k_p	Paralel modelin ısıl iletkenliği $[(1 - \phi)k_m + \phi k_f]$
P	İnfiltrasyon basıncı, kPa
ρ	Yoğunluk, g/cm ³
ρ_d	DeneySEL yoğunluk, g/cm ³
ρ_t	Teorik yoğunluk, g/cm ³

KAYNAKLAR

1. Davey, N., Metarials Science, A History of Building Metarials, Phoenix Hause, Londra, 2nd Edition, 1965, 1-88.
2. Yalçın, H., Gürü, M., Malzeme Özellikleri, Malzeme Bilgisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 2002, 1-42.
3. Soy. U., Metal Matris Kompozit Malzemeler, Sakarya Üniversitesi 2009.
4. Stefanescu D. M., Dhimdaw D. K., and Ahuja S., Metall. Mater. Trans. 23A. 2328, 1992.
5. Gedeon S. A., and Tangerini I., Mat. Sci. Eng. A, 144, 237, 1991.
6. Buhrmaster C. L., Clark D. E., and Smart H. B., J. Metals, 40, 44, 1988.

7. Aguliar-Martinez J. A., Pech-Canul M. I., Rodriguez-Reyes M., and De Lapena J. L., *Mater. Lett.*, 57, 4332, 2003.
8. Hamzawy, E. M., El-Kheshen, A. A., Zawrah, M. F., *Densification and properties of glass/cordierite composites*, *Ceramics International*, Elsevier., 31: 383-389, 2005.
9. <http://www.matweb.com>
10. Ahlatci, H., Koçer, T., Candan, E. and Çimenoğlu, H., *Wear behaviour of Al/(Al₂O_{3p}+SiC_p) hybrid composites*, *Tribology International*, 39(3), 213-220, 2006.
11. Benal, M.M., and Shivanand, H.K., *Effects of reinforcements content and ageing durations on wear characteristics of Al (6061) based hybrid composites*, *Wear*, Volume 262, Issue 5-6, Pages 759-763, 2007.
12. Zweben C., *Advances in composite materials for thermal management in electronic packaging*, *JOM*, 50:47–60, 1998.
13. Rong, Y., Jia-Jun, L., Bao-Liang, L., Zhen-Bi, Z., and He-Zhuo Miao, L., *Wear*, 210, 39, 1997.
14. Flaquer, J., Ríos A, Martín-Meizoso, A, Nogales, S, Böhm H.J., *Effect of diamond shapes and associated thermal boundary resistance on thermal conductivity of diamond-based composites*, *Comput Mater Sci*, 49:156–63, 2007.
15. Nogales S, Böhm H.J., *The thermal conductivity and thermomechanical behavior of diamond reinforced composites*, *Int J Eng Sci*, 46:606–19, 2008.
16. . Watari, K., *J. Ceram. Soc. Japan*, 109, 7, 2001.
17. Harris, G.L., *Thermal conductivity of SiC* , in *Properties of Silicon Carbide*. Ed. Harris, G.L., EMIS Datareviews Series, N13, A, 5-6. 1995.
18. Burgemeister, E.A., Von Muench, W., Pettenpaul, E., *Thermal conductivity and electrical properties of 6H silicon carbide*. *J. Appl. Phys.* 50, 9, 5790-5794, 1979.

19. Aghajanian, M.K., Rocazella, M.A., Burke, J.T., Keck, S.D., The fabrication of metal matrix composites by a pressureless infiltration technique, *Journal of Materials Science*, 26, 447-454, 1991.
20. Candan, E., Atkinson, H.V., and Jones, H., Effect of magnesium alloying additions on infiltration threshold pressure and structure of SiC powder compacts infiltrated by aluminium based melts, *Journal of Materials Science* 32, p 289-294, 1997.
21. Lee, K.B., Lee, K.W., Heo, S.W., Kwon, H., The effect of infiltration temperature and time on Al-Mg/SiC/sub p/ composites fabricated by pressureless infiltration method, *J of Korean Institute of Metals and Materials*, V 36, n 2, p 242-8, 1998.
22. Martinez, J. A., Pech-Canul, M. I., Rodriguez-Reyes, M., De La Pena, J. L., Effect of processing parameters on the degree of infiltration of SiC_p preforms by Al-Si-Mg alloys, *Materials Letters*, 57, p 4332-4335, 2003.
23. Thakur, S. K., and Dhindaw, B. K., The influence of interfacial characteristics between SiC_p and Mg/Al metal matrix on wear coefficient of friction and microhardness, *Wear* 247, p 191-201, 2000.

Karşıt Akışlı Ranque-Hilsch Vorteks Tüpünde Hava ve Oksijen Akışkanlarının Farklı Nozul Numaralarında Enerji-Ekserji Analizlerinin Deneysel Olarak İncelenmesi

İsmail CEBECİ^{1*}, Mehmet Yavuz BALALI¹, Volkan KIRMACI²

¹K.K. Astsb. MYO K.İğği Makine Bölüm Başkanlığı , Balıkesir/Türkiye

²Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bartın / Türkiye

Yayın Bilgisi

Yayın Geçmişi

Geliş

Tarihi:17.10.2014

Revizyon Tarihi:

19.11.2014

Kabul

Tarihi:28.11.2014

Anahtar Kelimeler

Ranque-Hilsch vorteks tüpü, Isıtma, Soğutma, Ekserji Analizi

Keywords

Ranque-Hilsch vortex tube, Heating, Cooling, Exergy analysis

Özet

Bu çalışmada, iç çapı 10 mm, gövde uzunluğu 100 mm olan karşıt akışlı bir vorteks tüpte, 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı, 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerine kadar, soğutma – ısıtma performansları deneysel olarak incelenerek, ekserji analizi ile sistemdeki kayıp iş ve verim hesaplanmış ve vorteks tüpünde yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek, performansın artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

An Experimental Investigation on Energy-Exergy Analysis of Air and Oxygen in Counterflow Ranque-Hilsch Vortex Tube with Different Nozzle Numbers Abstract

In this study, in a counterflow vortex tube having an inside diameter of 10 mm, a body length of 100 mm, with 2, 3, 4, 5, 6 nozzle numbers, where air and oxygen are used as the pressured fluids, in a range from 150 kPa to 700 kPa with 50 kPa increments, cooling and heating performances are experimentally investigated, with exergy analysis the lost work and efficiency were calculated, and evaluating the data obtained via the experiments in the vortex tube suggestions were made to increase the performance.

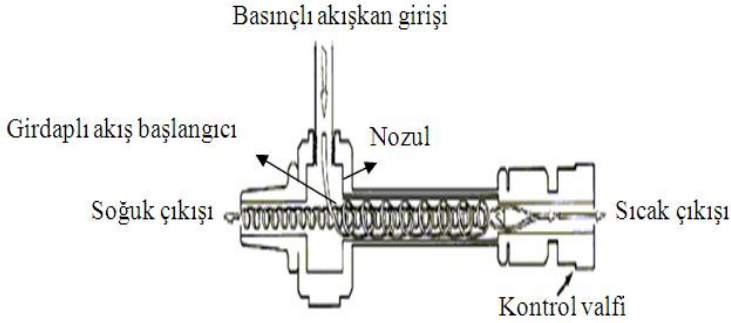
1. GİRİŞ

Vorteks tüplerin ilk keşfi, metalurjist ve fizikçi olan George Joseph Ranque tarafından 1931 yılında olmuş ve Rudolph Hilsch tarafından geliştirilmiştir [1].

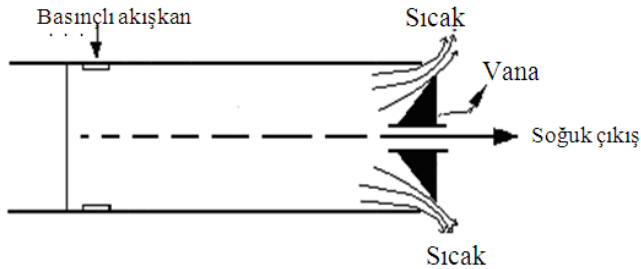
Vorteks tüpü, hareketli bir parçası bulunmayan ve basit bir borudan oluşan basınçlı akışkan kullanılarak, aynı anda hem soğutma hem de ısıtma işlemi gerçekleştiren bir sistemdir [2].

Ebatlarının ufak olması, hızlı rejim süresi, herhangi bir soğutucu akışkan gereksinimi olmamasından dolayı çevresel açıdan zararlı olmamaları gibi birçok özellikleri nedeniyle vorteks tüpler günümüzde birçok soğutma ve ısıtma problemine çözüm olabilmektedirler [3].

Vorteks tüpler, akış ve tasarım özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Akış özelliklerine göre vorteks tüpler, karşıt akışlı ve paralel akışlı olmak üzere iki temel sınıfa ayrılmaktadır. Tasarım özelliklerine göre ise adyabatik ve adyabatik olmayan vorteks tüpler olmak üzere sınıflandırılmaktadırlar. [4,5,6]. Karşıt akışlı ve paralel akışlı vorteks tüpü şekil 1 ve şekil 2 verilmiştir.

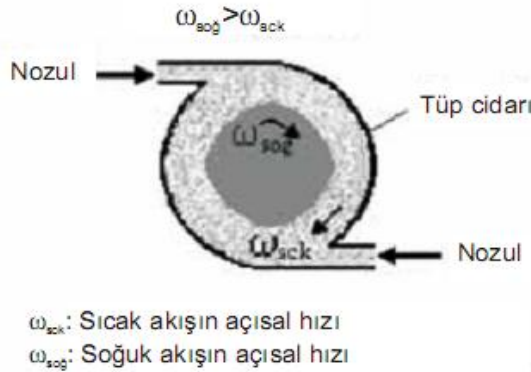


Şekil 1. Karşıt akışlı vorteks tüpünün yapısı



Şekil 2. Paralel akışlı vorteks tüpünün yapısı

Nozullardan vorteks tüpe teğetsel olarak gönderilen basınçlı akışkan, vorteks tüpün silindirik yapısından dolayı, girişteki basınca ve hıza bağlı olarak, vorteks tüp içerisinde yüksek hızlarda dönmeye başlar. Yüksek hızlarda dönen akışkanın tüp cidarındaki sürtünmeden dolayı, tüp cidarı ve tüp merkezindeki akışkan arasında basınç farkı oluşur. Tüp cidarı yakınlarındaki akışkanın hızı, tüp cidarındaki sürtünmenin etkisinden dolayı tüp merkezindeki akışkanın hızına göre daha düşüktür ve merkezdeki akışkan tüp cidarındaki akışkanı ivmelendirmeye çalışır. Bu nedenle merkezdeki akışkan tüp cidarındaki akışkana enerji transfer eder ve vorteks tüpün geometrik yapısına bağımlı olarak bir durma noktasından sonra ters yönde hareket ederek, soğuk çıkış tarafından vorteks tüpü terk eder. Enerji transfer eden soğuk akışkan, enerji transfer edilen akışkan ise sıcak akışkandır (Şekil 3).



Şekil 1. Vorteks tüp içindeki soğuk ve sıcak akış hareketi [7].

Vorteks tüpler, düşük maliyetleri, küçük ve basit tasarımları nedeniyle birçok uygulama alanı bulmaktadır[8]. Bu alanlar; ısıtma ve soğutma uygulamaları, gazların sıvılaştırılması, gaz karışımlarının ayrıştırılması, gazların kurutulması, kimyasal endüstride kullanılması, kar üretimi ve medikal uygulamalarında kullanılabilir [6].

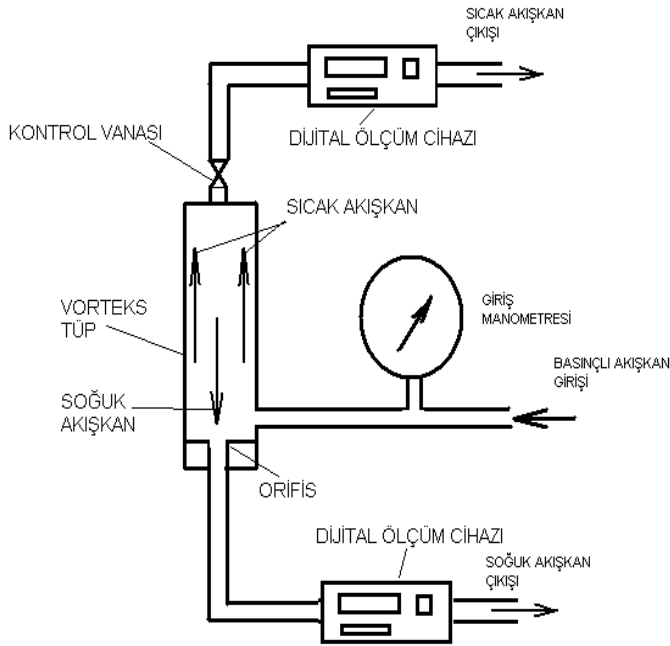
Vorteks tüpler normal soğutma cihazlarına göre birçok avantajları vardır. Vorteks tüpünün diğer soğutma sistemlerine göre avantajları; basit geometriye sahiptirler ve imalatları kolaydır, ebatları küçük ve hafiftir, hareketli mekanik elemanları yoktur ve sızdırmazlık elemanı kullanılmasını gerektirmezler, hareketli elemanları olmadığından minimum aşınma oluşur, kullanılması emniyetli ve portatiftir, ilk yatırım ve bakım maliyetleri düşüktür, rejime gecikmesiz olarak ulaşırlar, fanlar, ısı değiştiriciler, soğutkan, sızıntı oluşturabilen borular veya tesisat malzemeleri gerektirmezler, ekolojik açıdan zararsızdırlar, elektriksel ve kimyasal güç gerektirmezler, bakım gerektirmezler, sıcaklık ayarı kolayca yapılabilmektedir [5,6,8,9].

Vorteks tüplerin diğer soğutma sistemlerine göre dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar; düşük ısı verime sahiptirler. Bu ise uygulama alanlarına önemli sınırlamalar getirmektedir, gürültü seviyeleri yüksektir, hazır basınçlı akışkan kaynağı gerektirirler [8,9,10].

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Deneysel Sistem

Bu çalışmada, iç çapı 10 mm, gövde uzunluğu 100 mm olan adyabatik karşıt akışlı vorteks tüp kullanılmıştır. Vorteks tüp genişliği 55 cm, yüksekliği 33 cm, kalınlığı 1,2 mm olan bir sac levha üzerine yatay konumda sabitlenmiş ve aynı ölçülerde, derinliği 30 cm olan bir çantanın içerisine Şekil 4' de ki gibi yerleştirilmiştir. Vorteks tüpüne, giren havanın basıncını ölçmek için %5 hassasiyetinde PAKKENS marka gliserinli manometre, hacimsel debilerini ölçmek için TSI (Trust. Science, Innovation) marka debimetreler vorteks tüpün çıkışlarına bağlanmıştır. Ayrıca kullanılan debimetre ile bağlandığı noktadaki basınç ve sıcaklık değerleri de okunmaktadır. Sistemde basınçlı akışkan kaynağı olarak kompresör ve oksijen tüpü kullanılmıştır. Sistem elemanları arasındaki bağlantılar basınca dayanıklı pnömatik hortum vasıtasıyla yapılmıştır.



Şekil 4. Deneysel sistem

2.2. Deneilerin Yapılışı

Vorteks tüpünün girişi ile hava kompresörü arasında yüksek basınca dayanıklı plastik hortum quick kuplin vasıtasıyla bağlanmıştır. Hava kompresörü çalıştırılmış ve vorteks tüpe akışkan girişindeki vana yardımıyla deneylerde başlangıç basıncı olan 150 kPa'lık basınç sağlanmıştır. Yapılan basınç ayarlamasından sonra vorteks tüpünün sıcak ve soğuk akışkan çıkışına monte edilen ölçüm cihazlarında okunan sıcaklık değerleri sabit oluncaya kadar aynı basınçta hava, kompresörden gönderilmiştir. Vorteks tüpe girişteki basınç, vorteks tüpünden çıkan sıcak ve soğuk akışkanın sıcaklık değerleriyle birlikte hacimsel debileri de okunmuştur.

Daha sonra 200 kPa olan basınç değerindeki deneye başlamadan önce vorteks tüpünün soğuk ve sıcak akışkan sıcaklığını ölçen dijital termometre ile ortam sıcaklığını ölçen dijital termometrelerin eşit sıcaklık değerine gelinceye

kadar beklenmiş ve okunan değerler eşitlendikten sonra 200 kPa olan basınç değerindeki deneyler yapılmaya başlanmıştır. 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 650 ve 700 kPa basınç değerleri için yapılan deneysel çalışmalarda, 150 kPa basınçta yapılan işlemler, imal edilmiş olan bütün nozullarla tekrarlanmıştır.

Vorteks tüpünde 150 kPa ve 700 kPa arasında basınçlı hava gönderilerek yapılan deneyler tamamlandıktan sonra hava kompresörü bağlantısı sistemden çıkarılarak, yerine basınçlı akışkan kaynağı olarak Oksijenin muhafaza edildiği tüp bağlanmıştır. Hava için yapılan bütün deneyler oksijen tüpü ile de yapılarak deneyler tamamlanmıştır.

Deneyde elde edilen sonuçların doğruluğu için bir deney 3 kez tekrarlanmış ve elde edilen değerlerin ortalamaları alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bir giriş ve bir çıkışlı sürekli akışlı açık sistemler için kütle korunumu,

$$\sum \dot{m}_{\text{gir}} = \sum \dot{m}_{\text{çıkş}} \quad (1)$$

\dot{m}_{gir} : Girişteki akışkanın kütleli debisi, kg/s

$\dot{m}_{\text{çıkş}}$: Çıkıştaki akışkanın kütleli debisi, kg/s

şeklinde yazılabilir. Eşitlik 1 vorteks tüpü için Eşitlik 2 şeklinde yazılabilir.

$$\dot{m}_{\text{çıkş}} = \dot{m}_a + \dot{m}_b \quad (2)$$

Vorteks tüpünde performansa önemli ölçüde etki eden soğuk akışkanın kütle debisinin, girişteki akışkanın kütle debisine oranı y_c olarak tanımlanmış ve Eşitlik 3 ile verilmiştir.

$$y_c = \frac{\dot{m}_b}{\dot{m}_{\text{gir}}} \quad (3)$$

\dot{m}_a : Sıcak akışkanın kütleli debisi, kg/s

\dot{m}_b : Soğuk akışkanın kütleli debisidir, kg/s

Vorteks tüplerde, sıcak çıkış tarafında bulunan vananın açılıp kapanması ile y_c oranı değişmektedir. Yapılmış olan bu deneysel çalışmada, vorteks tüpün sıcak akış çıkışındaki vana tam açık konumda bırakılarak deneyler yapıldığından y_c oranı değişmemektedir. Deneyler sırasındaki y_c oranı yaklaşık olarak 0,36 olmaktadır. Vorteks tüpü için ekserji denkliği:

$$E_{gir} - E_{çkş} - E_k = \Delta E \quad (4)$$

Ekserji kaybı, Eş. 5 ile verilmiştir.

$$E_k = \dot{m}_{gir} e_{gir} - \dot{m}_{çkş} e_{çkş} \quad (5)$$

Vorteks tüpü için tersinmezlik hızı İ Eş. 6, 2. yasa verimi ise Eş. 7, Eş. 8 – 11' de verilmiştir.

$$I = \dot{m}_{gir} e_k \quad (6)$$

$$n_u = \frac{\sum \dot{m}_{çkş} e_{çkş}}{\sum \dot{m}_{gir} e_{gir}} \quad (7)$$

$$\sum \dot{m}_{çkş} e_{çkş} = \dot{m}_{gir} e_{gir} - E_k \quad (8)$$

$$n_u = \frac{\sum \dot{m}_{gir} e_{gir} - E_k}{\sum \dot{m}_{gir} e_{gir}} \quad (9)$$

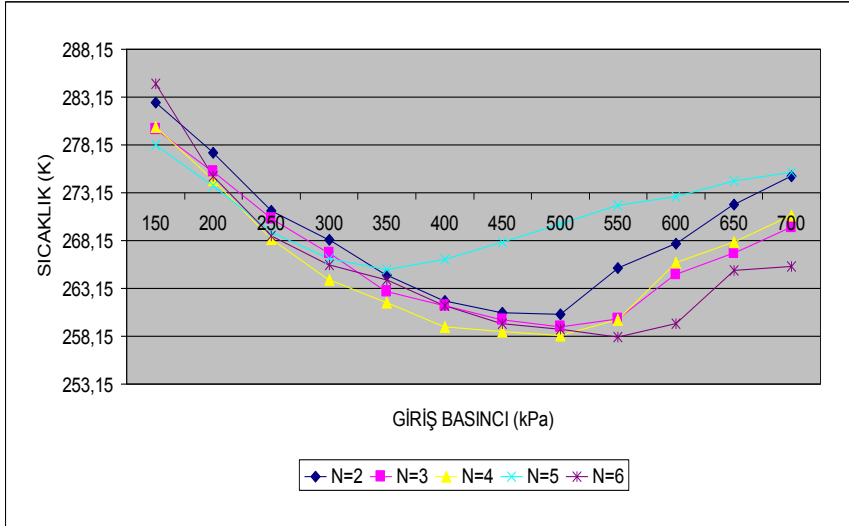
$$n_u = \frac{\sum \dot{m}_{gir} e_{gir} - T_0 \Delta S_{toplama}}{\sum \dot{m}_{gir} e_{gir}} \quad (10)$$

$$n_{ii} = 1 - \frac{T_0 \Delta S_{toplama}}{\sum \dot{m}_{gir} e_{gir}} \quad (11)$$

formülleriyle hesaplanabilirler .(Dinçer, 2005).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Vorteks tüpünde basınçlı akışkan olarak havanın kullanıldığı 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki vorteks tüpü soğuk akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklıklar ($T_{soğ}$) Şekil 6'da verilmiştir.

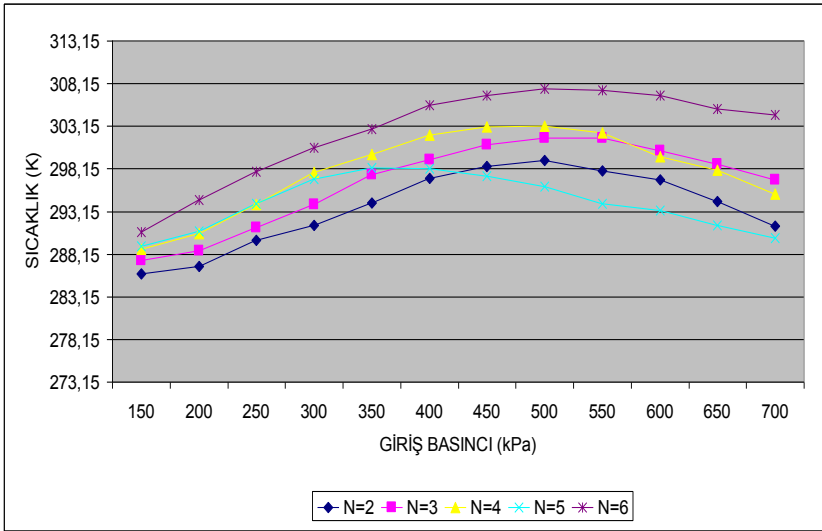


Şekil 6. Hava, N=2,3,4,5,6, $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için $T_{soğ}$ değişimleri.

Bütün nozul sayıları (N) için en düşük soğuk akışkan sıcaklıkları ($T_{soğ}$) incelendiğinde, N=5 ve giriş basıncı (P_{gir}) 350 kPa değeri için, en yüksek $T_{soğ}$

değeri 265,15 K olarak, $N=6$ ve $P_{gir}=550$ kPa için, en düşük $T_{soğ}$ değeri 258,05 K olarak ölçülmüştür. $N=5$ hariç, bütün nozullerde en düşük $T_{soğ}$ değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman $T_{soğ}$ değerinin arttığı görülmüştür. $N=5$ için en düşük $T_{soğ}$ değeri 350 kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman $T_{soğ}$ değerinin arttığı görülmüştür.

Şekil 7’de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak havanın kullanıldığı ve 150 kPa’ dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki vorteks tüpü sıcak akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklıklar (T_{sic}) verilmiştir.

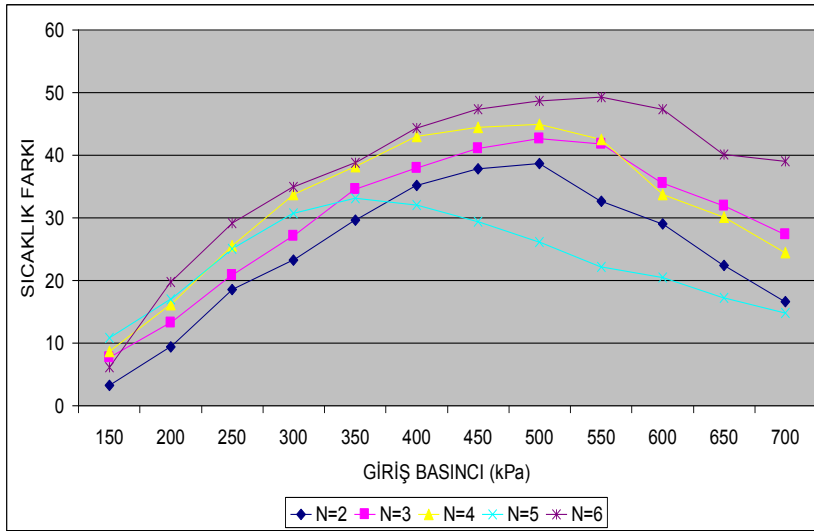


Şekil 7. Hava, $N=2,3,4,5,6$ ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için T_{sic} değişimleri.

Bütün nozul sayıları (N) için en yüksek sıcak akışkan sıcaklıkları (T_{sic}) incelendiğinde, $N=5$ ve giriş basıncı (P_{gir}) 350 kPa değeri için, en düşük T_{sic} değeri 298,25 K olarak, $N=6$ ve $P_{gir}=500$ kPa için, en yüksek T_{sic} değeri 307,55 K olarak ölçülmüştür. $N=5$ hariç, bütün nozullerde en yüksek T_{sic} değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri

arttırıldığı zaman $T_{sıc}$ değerinin azaldığı görülmüştür. $N=5$ için en yüksek $T_{sıc}$ değeri 350 kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman $T_{sıc}$ değerinin azaldığı görülmüştür.

Şekil 8’de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak havanın kullanıldığı ve 150 kPa’ dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki, vorteks tüpün performans değeri olarak da adlandırılabilen sıcak akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklık ($T_{sıc}$) ile soğuk akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklık ($T_{soğ}$) arasındaki fark olan, ΔT ($T_{sıc} - T_{soğ}$) değerleri verilmiştir.

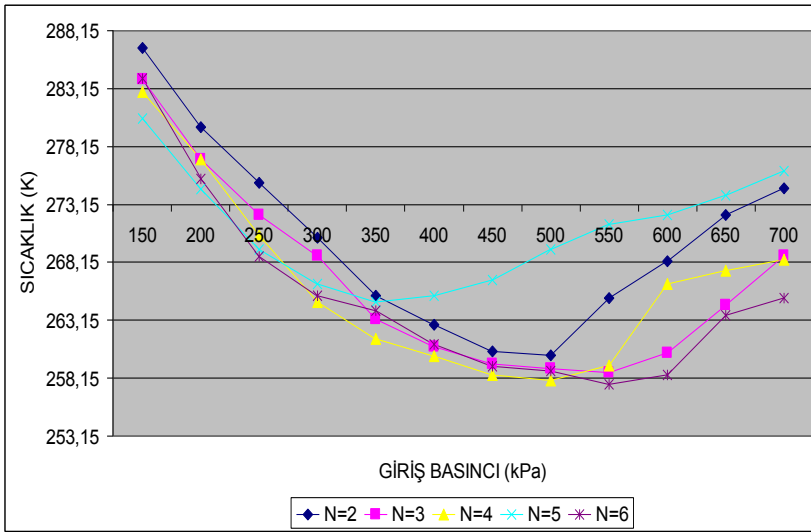


Şekil 8. Hava, $N=2,3,4,5,6$ ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için ΔT ($T_{sıc} - T_{soğ}$) değişimleri.

Bütün nozul sayıları (N) için en yüksek sıcaklık farkı (ΔT) incelendiğinde, $N=5$ ve giriş basıncı (P_{gir}) 350 kPa değeri için, en düşük ΔT değeri 33,1 K olarak, $N=6$ ve $P_{gir}=550$ kPa için, en yüksek ΔT değeri 49,3 K olarak ölçülmüştür. $N=5$ hariç, bütün nozullerde en yüksek ΔT değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman ΔT değerinin azaldığı görülmüştür. $N=5$ için en düşük ΔT değeri 350

kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri artırıldığı zaman ΔT değerinin azaldığı görülmüştür (Şekli 8).

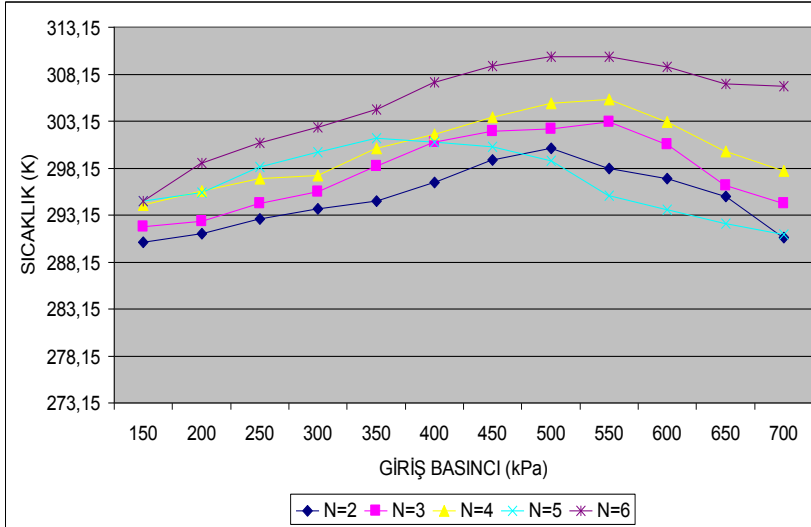
Şekil 9'da 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa'dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki vorteks tüpü soğuk akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklıklar ($T_{soğ}$) verilmiştir.



Şekil 9. Oksijen, N=2,3,4,5,6 ve P_{gir} =150 – 700 kPa için $T_{soğ}$ değişimleri

Bütün nozul sayıları (N) için en düşük soğuk akışkan sıcaklıkları ($T_{soğ}$) incelendiğinde, N=5 ve giriş basıncı (P_{gir}) 350 kPa değeri için, en yüksek $T_{soğ}$ değeri 264,75 K olarak, N=6 ve P_{gir} =550 kPa için, en düşük $T_{soğ}$ değeri 257,65 K olarak ölçülmüştür. N=5 hariç, bütün nozullarda en düşük $T_{soğ}$ değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri artırıldığı zaman $T_{soğ}$ değerinin arttığı görülmüştür. N=5 için en düşük $T_{soğ}$ değeri 350 kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri artırıldığı zaman $T_{soğ}$ değerinin arttığı görülmüştür.

Şekil 10'da 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki vorteks tüpü sıcak akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklıklar (T_{sic}) verilmiştir.

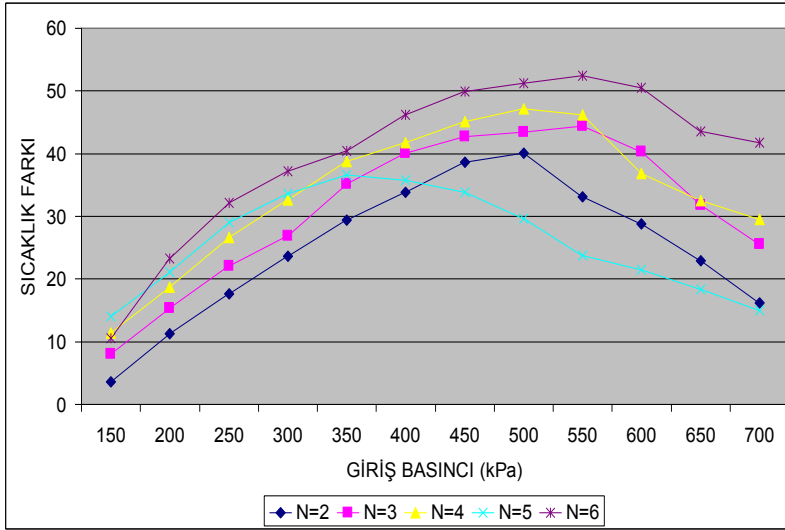


Şekil 10. Oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için T_{sic} değişimleri.

Bütün nozul sayıları (N) için en yüksek sıcak akışkan sıcaklıkları (T_{sic}) incelendiğinde, N=2 ve giriş basıncı (P_{gir}) 500 kPa değeri için, en düşük T_{sic} değeri 300,25 K olarak, N=6 ve $P_{gir}=500$ ve 550 kPa için, en yüksek T_{sic} değeri 310,05 K olarak ölçülmüştür. N=5 hariç, bütün nozullarda en yüksek T_{sic} değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri artırıldığı zaman T_{sic} değerinin azaldığı görülmüştür. N=5 için en yüksek T_{sic} değeri 350 kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri artırıldığı zaman T_{sic} değerinin azaldığı görülmüştür.

Şekil 11'de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki, vorteks tüpün performans değeri olarak da adlandırılabilen sıcak akışkan çıkış

ucunda ölçülen sıcaklık (T_{sic}) ile soğuk akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklık ($T_{soğ}$) arasındaki fark olan, ΔT ($T_{sic} - T_{soğ}$) değerleri verilmiştir.

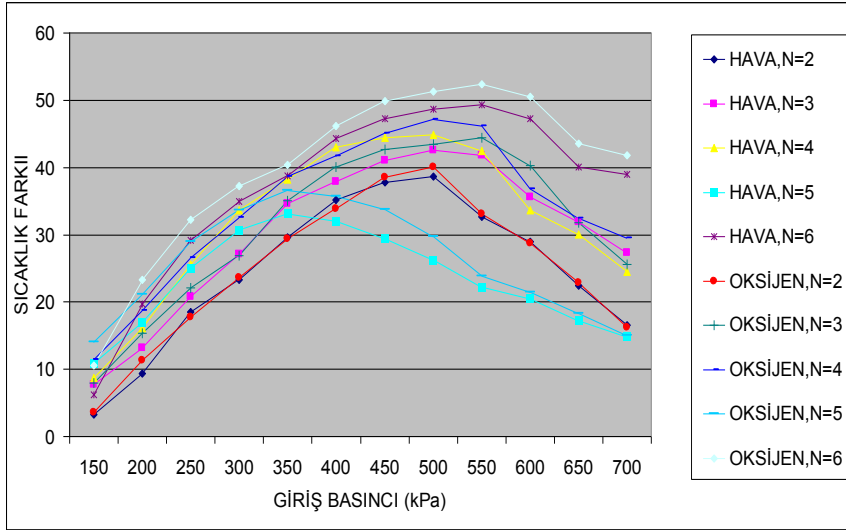


Şekil 11. Oksijen, $N=2,3,4,5,6$ ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için ΔT ($T_{sic} - T_{soğ}$) değişimleri.

Bütün nozul sayıları (N) için en yüksek sıcaklık farkı (ΔT) incelendiğinde, $N=5$ ve giriş basıncı (P_{gir}) 350 kPa değeri için, en düşük ΔT değeri 36,6 K olarak, $N=6$ ve $P_{gir}=550$ kPa için, en yüksek ΔT değeri 52,4 K olarak ölçülmüştür. $N=5$ hariç, bütün nozullarda en yüksek ΔT değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman ΔT değerinin azaldığı görülmüştür. $N=5$ için en düşük ΔT değeri 350 kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman ΔT değerinin azaldığı görülmüştür.

Şekil 12'de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki, vorteks tüpün performans değeri olarak da adlandırılabilen sıcak akışkan çıkış ucunda ölçülen sıcaklık (T_{sic}) ile soğuk akışkan çıkış

ucunda ölçülen sıcaklık ($T_{soğ}$) arasındaki fark olan, ΔT ($T_{sıc} - T_{soğ}$) değerleri verilmiştir.

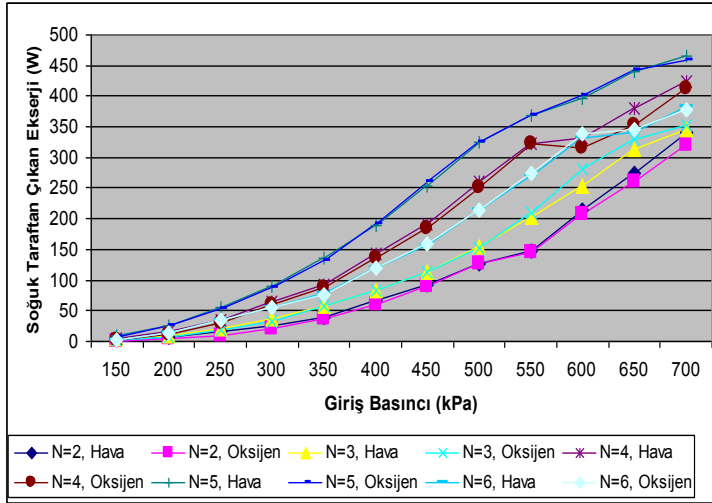


Şekil 12. Hava ve Oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için ΔT ($T_{sıc} - T_{soğ}$) değişimleri.

Bütün nozul sayıları (N) için en yüksek sıcaklık farkı (ΔT) incelendiğinde, en düşük ΔT değerleri N=5 ve giriş basıncı (P_{gir}) 350 kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 33,1 K ve 36,6 K olarak ölçülmüştür. En yüksek ΔT değerleri ise N=6 ve $P_{gir}=550$ kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 49,3 K ve 52,4 K olarak ölçülmüştür. Hava ve oksijen için N=5 hariç, bütün nozullarda en yüksek ΔT değeri 500-550 kPa basınç değeri arasında ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman ΔT değerinin azaldığı görülmüştür. N=5 için en düşük ΔT değeri 350 kPa basınç değerinde ölçülmüş ve bundan sonra basınç değeri arttırıldığı zaman ΔT değerinin azaldığı görülmüştür.

Şekil 13'de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç

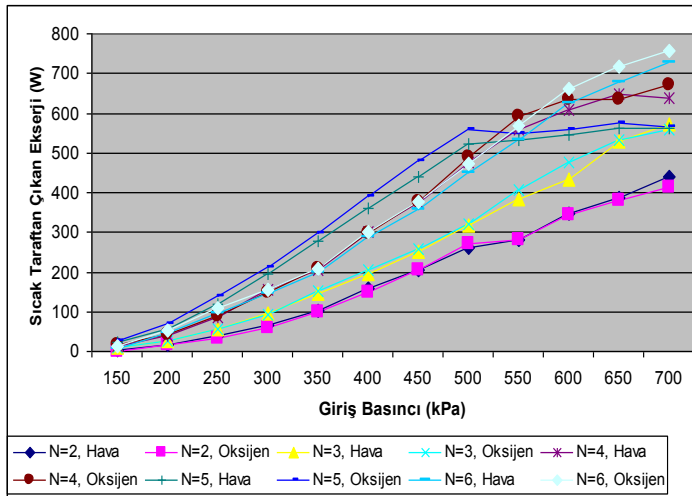
değerlerindeki, Soğuk Akım Tarafından Çıkan Ekserji ($\dot{E}_{soğ}$) değerleri grafik olarak verilmiştir. Bütün nozul sayıları (N) için $\dot{E}_{soğ}$ değerleri incelendiğinde, en düşük $\dot{E}_{soğ}$ değerleri, hızın ve kütsel debinin en düşük değeri olan $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, hava ve oksijen için 0,12 W ile 9,9 W arasında değiştiği görülmüş ve en düşük $\dot{E}_{soğ}$ değeri; $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, N=2, oksijen için 0,12 W olarak hesaplanmıştır. En yüksek $\dot{E}_{soğ}$ değerleri ise N=5 ve $P_{gir}=700$ kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 466 W ve 459 W olarak hesaplanmıştır. Hava ve oksijen için bütün nozullerde en yüksek $\dot{E}_{soğ}$ değerleri 700 kPa basınç değerinde en düşük $\dot{E}_{soğ}$ değeri ise 150 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Basınç değeri arttığı zaman $\dot{E}_{soğ}$ değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 13. Hava ve oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için, soğuk taraftan çıkan ekserji ($\dot{E}_{soğ}$) değişimleri.

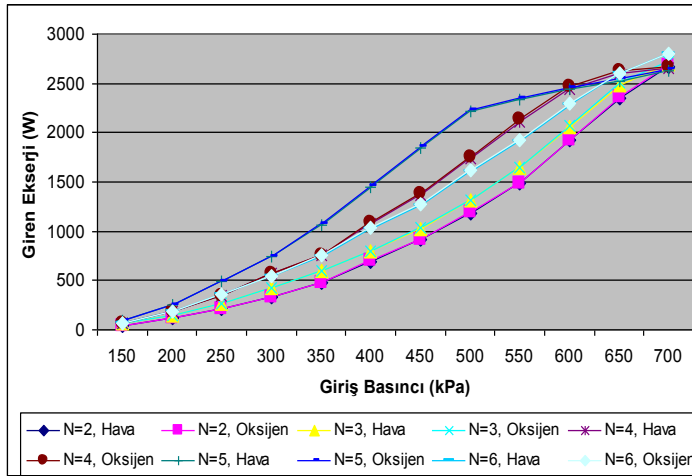
Şekil 14'de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç

değerlerindeki, Sıcak Akım Tarafından Çıkan Ekserji (\dot{E}_{SCK}) değerleri grafik olarak verilmiştir. Bütün nozul sayıları (N) için \dot{E}_{SCK} değerleri incelendiğinde, en düşük \dot{E}_{SCK} değerleri, hızın ve kütleysel debinin en düşük değeri olan $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, hava ve oksijen için 2 W ile 27 W arasında değiştiği görülmüş ve en düşük \dot{E}_{SCK} değeri; $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, N=2, hava ve oksijen için sırasıyla 3 W ve 1,55 W olarak hesaplanmıştır. En yüksek \dot{E}_{SCK} değerleri ise N=6 ve $P_{gir}=700$ kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 727 W ve 758 W olarak hesaplanmıştır. Hava ve oksijen için N=5 hariç, bütün nozullarda en yüksek \dot{E}_{SCK} değerleri 700 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. N=5 için ise en yüksek \dot{E}_{SCK} değeri 650 kPa değerinde hesaplanmıştır. Bütün nozul sayılarında en düşük \dot{E}_{SCK} değeri 150 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Basınç değeri arttığı zaman \dot{E}_{SCK} değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 14. Hava ve oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için, sıcak taraftan çıkan ekserji (\dot{E}_{SCK}) değişimleri.

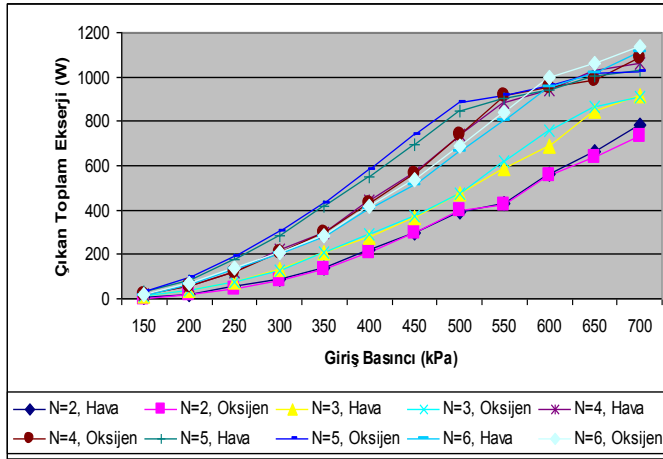
Şekil 15’de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa’ dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki, Giren Ekserji (\dot{E}_{GIR}) değerleri grafik olarak verilmiştir. Bütün nozul sayıları (N) için \dot{E}_{GIR} değerleri incelendiğinde, en düşük \dot{E}_{GIR} değerleri, hızın ve kütsel debinin en düşük değeri olan $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, N=2, hava ve oksijen için sırasıyla 43,51 W ve 43,61 W olarak hesaplanmıştır. En yüksek \dot{E}_{GIR} değerleri ise N=6 ve $P_{gir}=700$ kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 2800 W ve 2806 W olarak hesaplanmıştır. Hava ve oksijen için bütün nozullerde en yüksek \dot{E}_{GIR} değerleri 700 kPa basınç değerinde en düşük \dot{E}_{GIR} değeri ise 150 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Basınç değeri arttığı zaman \dot{E}_{GIR} değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 15. Hava ve Oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için, giren ekserji (\dot{E}_{GIR}) değişimleri.

Şekil 16’da 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa’ dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç

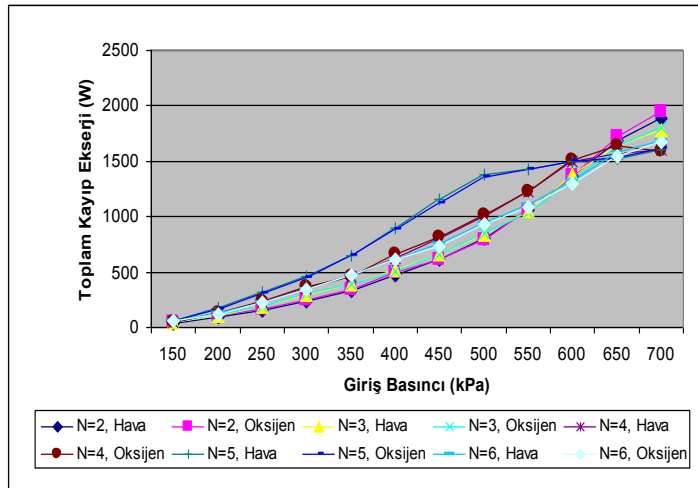
değerlerindeki, Çıkan Toplam Ekserji (\dot{E}_{CKS}) değerleri grafik olarak verilmiştir. Bütün nozul sayıları (N) için \dot{E}_{CKS} değerleri incelendiğinde, en düşük \dot{E}_{CKS} değerleri, hızın ve kütsel debinin en düşük değeri olan $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, hava ve oksijen için 1,67 W ile 35 W arasında değiştiği görülmüş ve en düşük \dot{E}_{CKS} değeri; $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, N=2, hava ve oksijen için sırasıyla 6 W ve 1,67 W olarak hesaplanmıştır. En yüksek \dot{E}_{CKS} değerleri ise N=6 ve $P_{gir}=700$ kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 1109 W ve 1134 W olarak hesaplanmıştır. Hava ve oksijen için, bütün nozullarda en yüksek \dot{E}_{CKS} değerleri 700 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Bütün nozul sayılarında en düşük \dot{E}_{CKS} değeri 150 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Basınç değeri arttığı zaman \dot{E}_{CKS} değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 16. Hava ve Oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için, çıkan toplam ekserji (\dot{E}_{CKS}) değişimleri.

Şekil 17'de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa' dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç

değerlerindeki, Toplam Kayıp Ekserji (\dot{E}_{KYP}) değerleri grafik olarak verilmiştir. Bütün nozul sayıları (N) için \dot{E}_{KYP} değerleri incelendiğinde, en düşük \dot{E}_{KYP} değerleri, hızın ve kütsel debinin en düşük değeri olan $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, hava ve oksijen için 38 W ile 60 W arasında değiştiği görülmüş ve en düşük \dot{E}_{KYP} değeri; $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, N=2, hava ve oksijen için sırasıyla 38 W ve 42 W olarak hesaplanmıştır. En yüksek \dot{E}_{KYP} değerleri ise N=2 ve $P_{gir}=700$ kPa değerinde, hava ve oksijen için sırasıyla 1883 W ve 1942 W olarak hesaplanmıştır. Hava ve oksijen için, N=4 hariç bütün nozullerde en yüksek \dot{E}_{KYP} değerleri 700 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. N=4 için en yüksek \dot{E}_{KYP} değeri oksijen için 650 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Bütün nozul sayılarında en düşük \dot{E}_{KYP} değeri 150 kPa basınç değerinde hesaplanmıştır. Basınç değeri arttığı zaman \dot{E}_{KYP} değerinin de arttığı görülmüştür.



Şekil 17. Hava ve Oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için, kayıp ekserji (\dot{E}_{KYP}) değişimleri.

Tablo 1’de 2, 3, 4, 5, 6 nozul sayılarında, basınçlı akışkan olarak hava ve oksijenin kullanıldığı ve 150 kPa’ dan 50 kPa aralıklarla 700 kPa basınç değerlerindeki, çıkıştaki toplam ekserjinin (\dot{E}_{CKS}) girişteki toplam ekserjiye (\dot{E}_{GIR}) oranı olan ve ikinci yasa verimi olarak adlandırılan (η_{II}) değerler verilmiştir. Bütün nozul sayıları (N) için η_{II} değerleri incelendiğinde, en düşük η_{II} değeri, hızın ve kütleesel debinin en düşük değeri olan $P_{gir}=150$ kPa giriş basıncında, N=2 ve oksijen için %4 olarak görülmüştür. En yüksek η_{II} değeri ise N=6 ve $P_{gir}=550,600$ kPa değerinde, oksijen için %44 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Hava ve oksijen, N=2,3,4,5,6 ve $P_{gir} = 150 - 700$ kPa için, ikinci yasa verimi (η_{II}) değişimleri.

N=	2		3		4		5		6	
Verim=	η_{II} %		η_{II} %		η_{II} %		η_{II} %		η_{II} %	
P_{gir}	Hava	Oksijen	Hava	Oksijen	Hava	Oksijen	Hava	Oksijen	Hava	Oksijen
150	13	4	26	17	28	29	35	39	15	24
200	18	16	25	24	30	30	32	36	32	36
250	26	21	29	27	35	34	36	39	37	39
300	27	24	31	29	39	37	39	40	37	38
350	30	28	35	35	39	39	39	40	37	38
400	32	30	35	36	41	40	38	40	40	41
450	33	32	36	36	41	41	38	40	41	42
500	33	33	36	36	42	42	38	40	42	43
550	29	29	36	37	42	43	39	39	42	44
600	29	29	33	36	39	39	39	39	42	44
650	28	27	34	34	40	38	40	40	39	41
700	29	27	34	33	40	41	39	39	40	40

Hava ve oksijen için, $N=5$ hariç bütün nozullerde en yüksek η_{ii} değerleri, 450 kPa giriş basıncı ve üst değerlerinde elde edilirken, $N=5$ için en yüksek η_{ii} değerleri hava ve oksijen için neredeyse bütün giriş basınçlarında aynı değerlerde seyretmiştir.

Yapılmış olan bu çalışmanın sonuçları dikkate alınarak incelendiğinde nozul sayısı altıdan daha fazla olacak şekilde ve kaskat sistem için deneyler yapılabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Özkul N (1999) “Uygulamalı Soğutma Tekniği”, Makina Mühendisleri Odası, Yayın No:115, Ankara, s. 24-25.
2. Althouse A, D Turnquist C H, Bracciano A F (1979) “Modern Refrigeration and Air Conditioning”, The Goodheart-Willcox Company Inc., South Holland, pp. 633.
3. Balmer R (1998) “Pressure Driven Ranque-Hilsch Temperature Separation in Liquids”, Journal of Fluids Engineering-Trans. of Asme, 110, 2, pp.161-164.
4. Azarov A I (1998) Qualimetric Method of comprasion of Refrigerating Systems According to the Totality of Their Technological and Operational Characteristics. Int Conf. Resources Saving in Food Industry. 143 – 144.
5. Özgür A E (2001) Vorteks Tüplerin Çalışma Kriterlerine Etki Eden Faktörlerin ve Endüstrideki Kullanım Alanlarının Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
6. Yılmaz M, Kaya M, Karagöz Ş ve Erdoğan S (2007) Vorteks tüp tasarımı - I. Bölüm. Makine Tek Dergisi, 116, 100-106.
7. Dincer K, Başkaya Ş (2009) Ekserji Analiz Metoduyla Karşıt Akışlı Ranque Hilsch Vorteks Tüpün Tapa Açısının Ekserji Verimliliğine Etkisinin Değerlendirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 24, No 3, 533-538.

8. Nabhani N (1989) Hot –Wire Anemometry Study of Confined Turbulent Swirling Flow, PhD Thesis , Bradford University, Bradford, U.K.
9. Cockerill T T (1998) Thermodynamics and Fluid Mechanics of a Ranque-Hilsch Vorteks Tube. PhD Thesis, University of Cambridge.
10. Yılmaz M, Çomaklı Ö, Kaya M ve Karlı S (2006) Vorteks Tüpleri: 1 Teknolojik Gelişim. Mühendis ve Makina, 47 (553), 46-54.

Çok Noktalı Şekillendirme İle Parça Üretimi

İsmail DURGUN, Emre DORUK*

TOFAŞ, Türk Otomobil Fabrikası A.Ş., Bursa/Türkiye

Yayın Bilgisi

Yayın Geçmişi

Geliş Tarih: 25.11.2014
Revizyon Tarihi: 09.12.2014
Kabul Tarihi: 26.12.2014

Anahtar Kelimeler

Çok noktalı şekillendirme, sac metal şekillendirme

Keywords:

Multi-point forming, sheet metal forming

Özet

Çok noktalı şekillendirme esnek bir imalat yöntemidir. Bu yöntem özellikle değişen boyutlardaki sac metallerin 3 boyutlu şekillendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışma, çok noktalı şekillendirme yönteminin temel prensiplerini ve bu yöntem kullanılırken karşılaşılabilecek problemleri incelemektedir. Çalışma kapsamında ayrıca pot çemberi ve elastik yastık kullanımının şekil verme kalitesine etkisi ve sac metallerin şekillendirilmesindeki en büyük problem olan geri esnemeyi etkileyen faktörler incelenmiştir.

Part Production Using Multi-Point Forming Abstract

Multi-point forming is a flexible manufacturing method. This method is used to shape of varying sizes 3D sheet metal. This study examines basic principles of multi-point forming method and the problems that are encountered when using this method. We also investigated influence sheet metal forming quality in case of using drawbead and elastic pillow and factors that effect springback which is the biggest problem on sheet metal forming.

1. GİRİŞ

Çok noktalı şekillendirme (MPF), metal sacların yüzeylerinin üç boyutlu şekillendirilmesinde kullanılabilen esnek bir yöntemdir. Geleneksel yöntemlerin kullanıldığı üretimde sac metale verilecek belirli bir form, sadece o formu verebilmesi için özel olarak hazırlanmış kalıp ile sağlanabilmektedir. Kalıpların tasarımı ve üretimi masraflı ve vakit alan bir iştir ayrıca büyük oranda işçinin ve tasarımcının tecrübesine bağlıdır.

Değişken formlu bir kalıp kullanarak sacların şekillendirilmesi fikri; tasarım tekrarlamalarını hızlı ve neredeyse masrafsız olarak yapmaya imkân

vermektedir. MPF metodu sayesinde farklı formlardaki sac metallerin tek bir kalıp sistemi kullanılarak şekillendirilmesi mümkün olmaktadır. Havacılık, uzay, gemi ve otomotiv endüstrileri gibi modern endüstrilerde yüzey panellerinin şekillendirilmesi önemli rol oynamaktadır. Bu endüstrilerdeki ihtiyaç sonucunda MPF teknolojisinde son yıllarda birçok gelişmeler olmuştur [1,8].

Çok noktalı şekillendirmede geleneksel kalıpların yerini alt ve üst olmak üzere bir çift pim matrisi alır ve bu pimlerin bağıl pozisyonu hedeflenen forma göre değişiklik gösterebilmektedir. Her bir pimin pozisyonunun kontrolü sonucu pim matrisi çok noktalı kalıba dönüşür. Bu çok noktalı kalıp sayesinde farklı şekillerdeki üç boyutlu sac metal parçaların şekillendirilmesi yapılabilmektedir.

Klasik birçok noktalı şekillendirmede sistem dört ana bileşenden oluşmaktadır: Pres, uygun bir CAD/CAE/CAM yazılımı, bilgisayar kontrol sistemi ve form ölçüm sistemi. Pres sistemin temel elemanıdır. CAD/CAE/CAM yazılımı çok noktalı kalıbın üç boyutlu formunu meydana getirir ve şekil verme işlemi esnasında oluşabilecek kusurları öngörmek amacıyla sayısal analizleri yürütür. Bu sırada CAD yardımıyla oluşturulan form bilgisayar kontrol sisteminin komutuyla çok noktalı kalıpta oluşturulur. Ölçüm sistemi ise oluşturulan parçayı ölçer ve kapalı çevrim sistemlerde CAD programına geri bildirim göndererek geri esneme kayıplarının önlenmesini sağlar [2, 10, 12, 24, 25].

Literatürde çok noktalı şekillendirme ile yapılan çalışmalar incelendiğinde parça yüzey kalitesi, kırışma, çukurlaşma, kalıp maliyetleri, geri esneme telafisi gibi konular üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir [3-14].

Liu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, elastik yastık kullanımının çok noktalı sac şekillendirme analizlerindeki etkilerini araştırmış ve simülasyon ortamında elastik yastık kullanım şartlarını optimize etmişlerdir. Optimizasyonu yapılmak istenen parametreler, elastik yastığın kalınlığı ve

sürtünme katsayısıdır. Bu parametrelerin iyileştirilmesi ile çok noktalı şekillendirme ile elde edilecek parça yüzey kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır [15].

Maier ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok noktalı şekillendirme ile üretilen sac metal parçanın üretimi esnasında geri esneme telafisi için sisteme geri besleme yapan bir data toplama yazılımı geliştirmişlerdir. Bu yazılım ile çok noktalı şekillendirme yöntemi ile geri esnemesiz sac metal parça üretimi mümkün olabilmektedir [16].

Fuxing ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, titanyum alaşımlı sac parçanın çok noktalı şekillendirme ile simülasyon ortamında üretimini gerçekleştirmişlerdir. Çok noktalı şekillendirmenin en temel problemlerinden olan kırılma ve çukurlaşma problemi ile titanyum alaşımlı malzeme kullanıldığında karşılaşılmamıştır. Ayrıca elastik yastık ve pot çemberi kullanımı da çıkan parçanın form alma kalitesini olumlu yönde etkilemektedir [5].

Jia ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, bölgesel çok noktalı şekillendirme ile çok büyük boyutlardaki sac metal parçaların şekillendirmesine yeni bir yaklaşım getirmişlerdir. Bu metot ile büyük sac metal parçaların şekillendirilmesi kademeli olarak MPF presi ile yapılmaktadır [6, 22, 27, 28].

Li ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok noktalı şekillendirme tiplerinden olan gererek şekillendirme yöntemi ile sac parça üretiminin sanal analizleri gerçekleştirilmiştir. Elastik yastık kullanımı ve geri esneme telafisinin gererek şekillendirmede nasıl kullanıldığı ve verimi araştırılmıştır. Elastik yastığın kalınlığı 8 mm, sürtünme faktörü ise 0.1'dir [7].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sonuç olarak; çok noktalı şekillendirme teknolojisi kalıp maliyetini azaltır, esnek kullanım sistemi sağlar ve parçada eşit deformasyon dağılımı elde etmek için elverişlidir. Dolayısıyla ar-ge prototip çalışmaları için uygun bir sac metal şekillendirme yöntemidir. Fakat parça boyutsal hassasiyeti, yüzey kalitesi ve geri esneme telafisi

konularında gelişime açıktır. Yapılan bu çalışmada, çok noktalı şekillendirme yöntemi avantaj ve dezavantajları ile birlikte ele alınmış, parça üretiminde yaşanan bazı problemlere sunulan çözümler ve bulgular tespit edilmiştir.

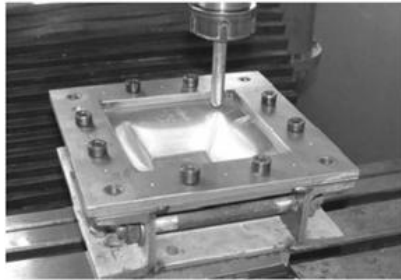
1.1.Yeniden Ayarlanabilir Kalıplar Kullanarak Sac Metallerin Şekillendirilmesi

Yeniden ayarlanabilir imalat yöntemleri, sistem yapılandırmasında hızlı değişimler yapabilmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu yöntemlere örnek olarak; sayısal kontrollü şekillendirme (inkremental şekillendirme) yeniden ayarlanabilir mandrel ile sıvama, yeniden ayarlanabilir zımba ile hidro-şekillendirme, çok noktalı şekillendirme gibi imalat yöntemleri verilebilir [15].

1.1.1. Sayısal Kontrollü Şekillendirme (İnkremental Şekillendirme)

Bu metotta basit geometri (çoğu zaman yarım küre şeklinde) bir takım makinanın dikey eksenine monte edilir ve bu takımın hareketi sonucu kademeli olarak sac metale hedeflenen şekil verilir. Bu işlem üç veya daha çok eksenli bir CNC tezgâhı kullanarak yapılabilmektedir.

İşlenen parçanın yüzey kalitesi yüksektir. İşlem maliyeti geleneksel kalıpla şekillendirmenin % 5-10'u civarındadır. İşlenen parçanın doğruluğu; geri esneme, parça şekli, takım şekli ve boyutu, parça kalınlığı, parçanın malzemesi ve izlenen takım yoluna bağlıdır. Oldukça yavaş bir yöntemdir.



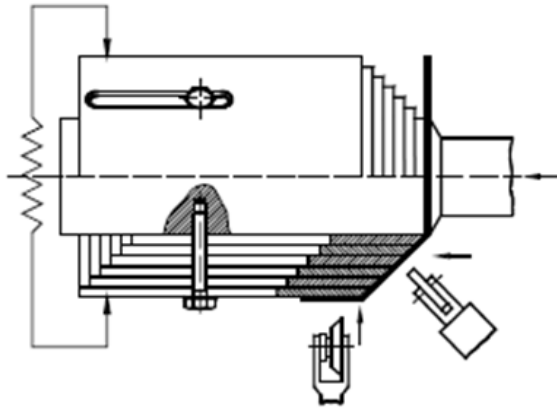
Şekil 1. Sayısal kontrollü şekillendirme [15]

Yöntemin uygulanmasında kullanılan takım rijit malzemeden olabildiği gibi (genellikle karbür ve HSS) , su jeti ve lazer kullanılarak yapılan form

verme çalışmaları da mevcuttur. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde takımın geometrisinin yarım küre şeklinde sabit uçlu ya da yataklanmış serbest olarak dönebilen küre şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Şu ana kadar yapılan çalışmalar genellikle sac malzemeler için yapıldığından eğer uç metal olacaksa uygulanacak sacda daha sert bir uç kullanılması gerekecektir. Sayısal kontrollü şekillendirmede şekillendirmeyi etkileyen parametreler; takımın şekli, ilerleme hızı, Z yönündeki ilerleme, karşı takımın kullanılması vb. olarak sıralanabilir [23, 26].

1.1.2. Yeniden Ayarlanabilir Mandrel ile Sıvama

İçi boş ve dairesel formlu sac metal parçalar elde etmek için sıvama mükemmel bir yöntemdir. Yüksek devir sayılarında sac metalin mandrel üzerine sıvanması yoluyla istenilen form elde edilir. Mandrel teleskobik başlardan oluşur ve her bir başın aksel yönde pozisyonu sayısal olarak kontrol edilmektedir.

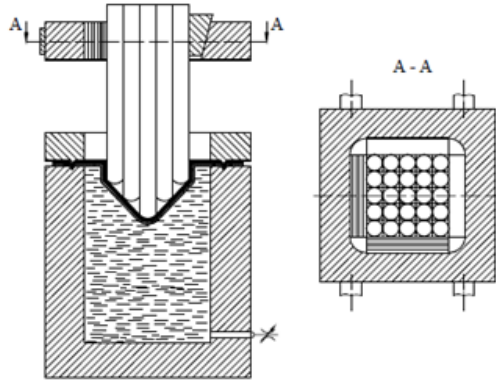


Şekil 2. Yeniden ayarlanabilir mandrel ile sıvama [15]

1.1.3. Yeniden Ayarlanabilir Zımba ile Hidro-Şekillendirme

Hidro-şekillendirme, basınçlı şekillendirme sıvısından faydalanarak yapılan sac metal şekillendirme işlemlerinin bir alt grubunu oluşturmaktadır. Zımba birçok pim yan yana ve düzenli bir şekilde diziliminden oluşmaktadır. Her bir pimin düşey ekseninde sayısal ve bağımsız olarak kontrol edilmesi ile istenilen form oluşturulur.

Kalıp ve zımbanın düşük aşınma oranı, daha iyi bir plastik deformasyon dağılımı ve takım maliyetinin azalması sebebiyle kayda değer ekonomik tasarruflar sağlanmaktadır. Yüzey için ikinci bir operasyon ihtiyacının azalması sebebiyle otomotiv ve havacılık endüstrisi bu konuya büyük ilgi göstermektedir.

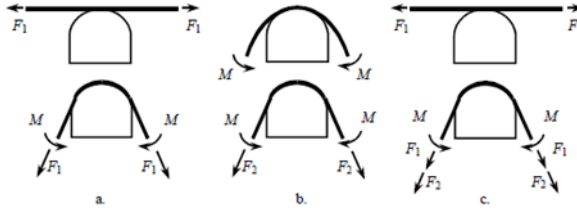


Şekil 3. Yeniden ayarlanabilir zımba ile hidro-şekillendirme [15]

1.1.4. Çok Noktalı Şekillendirme

Çok noktalı şekillendirme yöntemi gererek şekillendirme için MPF ve derin çekme için MPF olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Gererek şekillendirme için MPF yönteminde sadece alt kalıp kullanılmaktadır. Sac metale uçlarından çekme gerilmesi verilip kalıba sarılarak istenilen form verilmektedir.

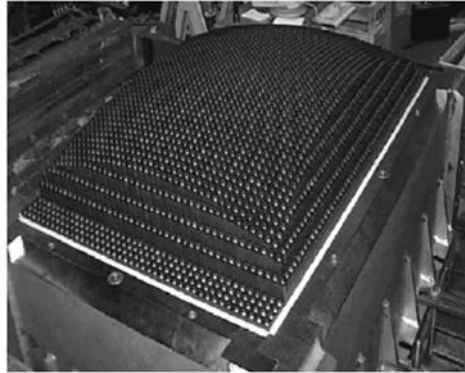


Şekil 4. Gererek şekillendirmede operasyon tipleri [15]

Gererek şekillendirme işlemi Şekil 4'te görüldüğü gibi üç farklı şekilde yapılabilmektedir:

- Sac metal önce gerilir, sonra kalıba sarılır.
- Sac metal önce kalıba sarılır, sonra gerilir.
- Sac metal önce gerilir, sonra kalıba sarılır ve bir miktar daha gerilir.

Şekil 5'te gererek şekillendirmede kullanılan tek kalıp görülmektedir.



Şekil 5. Gererek şekillendirmede kullanılan tek kalıp [15]

Derin çekme için MPF metodunda kalıp alt ve üst olmak üzere iki parçadan oluşur ve her bir kalıbı düzenli bir şekilde dizilmiş pimler oluşturur. Her bir

pimin bağımsız olarak kontrol edilebilmesi en uygun şekillendirme yolu kullanarak işlem yapmaya imkan verdiği için ortaya çıkabilecek kırışma, yırtılma gibi sorunlar en aza indirgenmiş olur [16]. Şekil 6'da derin çekmede kullanılan pimli alt ve üst kalıp görülmektedir.



Şekil 6. Derin çekme için MPF (alt ve üst kalıp)

Wang ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarda, çok noktalı gererek şekillendirme ile düşük üretim adetlerindeki uçak dış kabuk parçalarının üretimi ilgilenmişlerdir. Çok noktalı gererek şekillendirme işleminde zımba elemanının çıkan parça üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yarım küresel şekle sahip zımba ucunun farklı yarıçap değerlerinde şekillendirme kabiliyetine bakmışlar, bunlarla ilgili analizleri sanal olarak gerçekleştirmişlerdir. Yapılan analizler sonucu optimum çözümün zımba elemanın tepe açısının 30° olduğu tasarımda yakalandığı bulunmuştur [8].

Cai ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok noktalı şekillendirmede en temel problemlerden olan; kırışıklık, çukurlaşma ve geri esnemenin sonlu elemanlar ile modellenmesini gerçekleştirmişlerdir. Seçilen düz bir plaka için yapılan simülasyon sonuçları, fiziksel testlerle karşılaştırılmıştır. Elastik yastık kalınlığının, üretilen parçanın yüzey kalitesine direkt olarak etkisi olduğunu

gözlemlemişler. Konvansiyonel derin çekmede olduğu gibi pot çemberi kullanımı da kırışıklıkları önlemede bir çözüm olarak kullanılabilir [9].

1.1.5. Yöntemlerin kıyaslanması

Sayısal kontrollü şekillendirme (İnkremental Şekillendirme) yönteminde bu işlem için kullanılan özel aparat, sadece sac metali tutan yapı ve şekillendirme takımı olduğu için diğerlerine göre en maliyetsiz yöntemdir. Ancak oldukça yavaş bir yöntemdir. Takımın sadece düşey ekseninde çalışması nedeniyle içe doğru meyilli formlar verilemez ancak bu sorun 5 veya daha çok eksenli CNC freze kullanımıyla aşılabilmektedir.

Yeniden ayarlanabilir mandrel ile sıvama işlemi sadece aksel simetrik içi boş dairesel parçaların şekillendirilmesinde kullanılabilir. Parçada homojen deformasyon dağılımı elde etmek diğer yöntemlere göre daha zordur.

Yeniden ayarlanabilir zımba ile hidro şekillendirme yönteminde ise parçada ve kalıpta oluşan aşınma en düşük seviyededir. Elde edilen parça yüzeyi kalitesi diğer yöntemlere göre iyidir. Şekillendirilen malzeme ve kalınlıkları; verilmek istenen form ve elde edilebilecek basınç ile sınırlıdır.

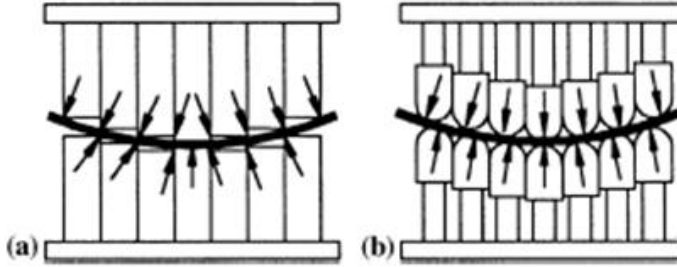
Çok noktalı şekillendirme yönteminde ilk yatırım maliyeti diğerlerine nazaran yüksektir. İşlem oldukça hızlıdır. Çevrimiçi ölçüm ve kapalı çevrim kontrole elverişlidir. Geri esneme telafisi, tekrarlamalı şekillendirme ve kademeli şekillendirme gibi özellikleriyle diğerlerine göre daha esnek bir kullanım sağlamaktadır.

2. SAC METAL ŞEKİLLENDİRME İÇİN MPF TEKNOLOJİSİ

2.1. Temel Prensipler ve Deformasyon Karakteristikleri

Birçok kalıp kullanmak yerine farklı formlara sahip yüzeyleri şekillendirirken, alttaki ve üstteki pimlerin yüksekliğini ayarlayarak MPF kalıbı kullanılabilir. Şekillendirilmek istenen yüzey ve pimlerin kontrolünde pimlerin formunun büyük etkisi vardır. Eğer pimlerin ucu düz olursa, iş parçası neredeyse tamamen çizgiler ve köşelerle temasta olacak, bu

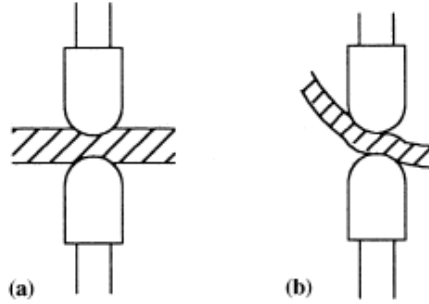
da birçok hata ortaya çıkaracaktır. Pimlerin hareketinin hesaplanması ve kontrolü tasarlanabilir ve bundan dolayı pimlerin uç kısımlarının yuvarlatılmasında fayda vardır. Şekil 7’da düz ve yuvarlak uçlu pimler gösterilmektedir [17].



Şekil 7. (a) düz uçlu ve (b) yuvarlak uçlu pimler [17]

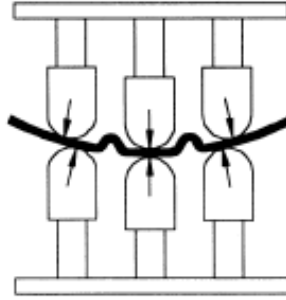
Şekil verme işlemi esnasında sac metalde plastik deformasyonun sağlanabilmesi için pimlere yeterli basınç uygulanmalıdır. Bu yolda temas noktası gerçekte düz bir yüzeye dönüşür. Fakat pimlerin ucunun toplam alanı sac metalin toplam alanından çok daha az olduğu için kolayca çukurlaşmalar oluşabilmektedir.

Şekil 8’de iş parçasının hizalı ve hizasız olduğu durumlar gösterilmektedir. İş parçası hizalıyken temas noktasında incelme olur fakat çukurlaşma alanının bağıl olarak küçük olması sebebiyle bunun çok fazla bir etkisi yoktur. İş parçası hizalı değilse, kalınlık çok fazla değişmemesine rağmen çukurlaşma alanı çok daha fazladır. Bundan dolayı çukurlaşma MPF metodunda dikkate alınması gereken temel hatalardan biridir [17].



Şekil 8. (a) hizalı ve (b) hizasız parça [17]

MPPF’de görülen diğer bir hata ise temas noktalarının alanının çok az olması sebebiyle ortaya çıkan kırışıklıklardır. Kırışıklıklar Şekil 9’de de görüldüğü gibi kararsızlığın kolayca yer aldığı parçanın baskısız bölümlerinde oluşmaktadır [17].



Şekil 9. Kırışıklık oluşumu [17]

Sonuç olarak MPPF’de görülen çukurlaşma, kırışıklık gibi hataların temel sebebi pim ve sac metal arasındaki temas noktalarının alanının küçük olmasıdır. Bu nedenle MPPF uygulamalarındaki anahtar faktörlerden birisi temas noktalarının alanını mümkün olduğunca artırmaktır. Bu noktada yay

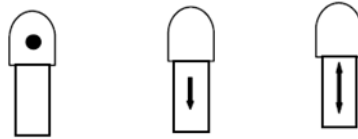
çeliğinden ya da poliüretandan yapılmış bir elastik yastık kullanımı gündeme gelebilmektedir [18].

Chen ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok noktalı şekillendirmenin esnekliğinden yararlanarak büyük boyutlardaki parçaların bölüm bölüm şekillendirilmesini içeren yöntemi kullanmışlardır. Fiziksel uygulamayı simülasyon sonuçları ile karşılaştırmışlardır. Aynı parçayı hem çok noktalı şekillendirme yöntemi ile hem de bölgesel çok noktalı şekillendirme ile üretmişler ve sonuçların bölgesel şekillendirmede daha verimli olduğunu görmüşlerdir [11].

2.2. Çok Noktalı Şekillendirmenin Tipleri

Hareket kabiliyetine göre sınıflama yapılacak olursa MPF’te kullanılan pimleri; bağıl bağlamalı, pasif ayarlamalı ve aktif ayarlamalı olmak üzere üç sınıfta toplamak mümkündür ve bunlar Şekil 10’da gösterilmektedir [19].

- Bağıl bağlamalı (sabit pim): pimler şekil verme işleminden önce gerekli yüksekliklere göre ayarlanmaktadır.
- Pasif ayarlamalı: pimler işlem esnasında karşı pimden gelen kuvvet etkisinde pasif olarak hareket etmektedir.
- Aktif ayarlamalı: yükseklik, hız ve hareket yönü işlem esnasında aktif olarak ayarlanmaktadır.



Şekil 10. (a) sabit pim (b) pasif pim (c) aktif pim [19]

Şekil 10’da gösterilen ve sistemi (erkek ve dişi kalıbı) oluşturan pimlerin serbestlik derecesi doğrudan sistemin esnekliğini etkilemektedir. Sabit pim

kullanılan çok noktalı şekillendirme kalıbında daha sınırlı sayıda farklı türden parça basılabilirken, aktif pim kullanılan çok noktalı şekillendirme kalıpları esnek bir üretim kapasitesine sahiptir.

Tür / Durum	Çok Noktalı Kalıp	Çok Noktalı Yarı Kalıp	Çok Noktalı Pres	Çok Noktalı Yarı Pres
Başlangıç				
İlerleme				
Son				

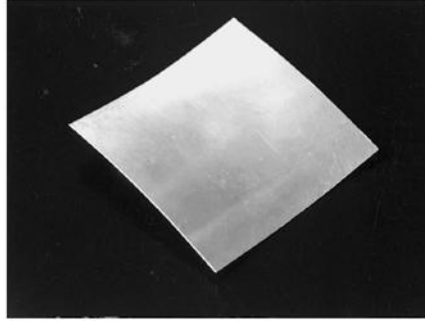
Şekil 11. MPF Yöntemleri [17]

Şekil 10’da gösterilen üç tip pimin farklı kombinasyonları ile Şekil 11’de görülen dört çeşit çok noktalı şekillendirme yöntemi ortaya çıkmaktadır. Bunların birincisi alt ve üst kalıbın sabit pimlerden oluştuğu çok noktalı kalıpla şekillendirme (Multi Point Die Forming) metodudur. Bu metot geleneksel kalıpla şekillendirmeye benzer fakat kalıp ayırık pimlere bölünmüştür. İkincisi alt kalıbın pasif üst kalıbın sabit pimlerden oluştuğu çok noktalı yarı-kalıpla şekillendirme (Multi Point Half Die Forming) metodudur. Üst kalıptaki sabit pimler işlem öncesi istenilen forma göre ayarlanmaktadır. İşlem esnasında alt kalıptaki pimler karşı pimlerden gelen kuvvet etkisinde işlem sonuna kadar pasif olarak hareket etmektedir. Bu metodun en önemli özelliği kontrol edilen pimlerin sayısının açık olarak düşmesidir. Üçüncü metot ise alt ve üst kalıptaki pimlerin tamamının aktif pimlerden oluştuğu çok noktalı pres şekillendirme (Multi Point Press Forming) metodudur. Bu metotta pimler istenilen forma işlemden önce değil işlem esnasında ayarlanmaktadır. Pimler arasında bağlı bir hareket vardır ve her bir pim küçük bir pres gibi davranmaktadır. Bu metot

kuvvet durumunun en iyi olduğu tamamen esnek bir karakteristik sergilemektedir ve en iyi deformasyon dağılımını elde etmek amacıyla deformasyon yolu serbest olarak değiştirilebilmektedir. Dördüncü ve son metot ise çok noktalı yarı pres şekillendirme (Multi Point Half Press Forming) metodudur. Bu metotta alt kalıptaki pimler pasif, üst kalıptaki pimler ise aktif pimlerden oluşmaktadır. İşlem esnasında aktif pimler ayarlanır ve pasif pimler aktif pimlerin etkisinde işlem sonuna kadar pasif olarak hareket etmektedirler. Pim hareketlerinin kontrolü, üretilecek parçanın CAD geometrisi üzerinden takım yolu tanımlanarak ve tanımlanan bu takım yolunun CNC dik işleme merkezine (G-kodları olarak) programlanması ile gerçekleştirilmektedir. İmalat sonrasında elde edilen parçanın optik ölçümleri yapılarak, parçanın CAD geometrisi ile karşılaştırılır. Şekil 12’de çok noktalı şekillendirme metodu ile şekillendirilmiş bir sac metal parça görülmektedir.

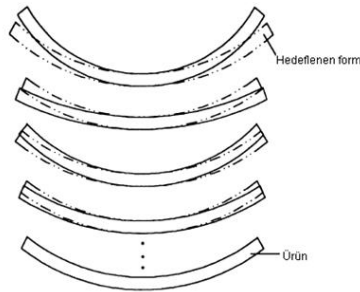
Teoder ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, yeniden ayarlanabilir çok noktalı şekillendirmede farklı geometrik konfigürasyonlar üzerinde çalışmışlardır. Matlab programı kullanılarak, zımba (hareketli pinler) grubu hareketleri etkin bir şekilde kontrol edilmiş, yöntem ile elde edilen parçaların şekillendirilebilirlik kapasiteleri artırılmıştır [13].

Wang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, gererek çok noktalı şekillendirme yönteminde çukurlaşmalara sebep olan lokal gerilme ve deformasyonlar üzerinde durmuşlardır. Çalışmada, elastik yastık kullanımı ve pim boyutları ile ilgili bir dizi simülasyon yapılmış, kullanılan pim yarıçapı 25 mm olduğunda kullanılması gereken elastik yastığın 30 mm kalınlığında olması gerektiği bulunmuştur. Çalışmada ayrıca, kullanılan pim büyüklüğü azaldıkça oluşan çukurların azaldığı tespit edilmiştir [14].



Şekil 12. MPF ile şekillendirilmiş sac metal [17]

Şekil verme işlemi esnasında yük kaldırıldıktan sonra sac metalde kalınlık üzerindeki düzgün olmayan deformasyon dağılımının sonucu olarak geri esneme olmaktadır. Yani kalıntı gerilmelerin sonucunda geri esneme olmaktadır. Bu problem MPF metodu kullanılarak pimlerin hassas ayarı ile çözülebilmektedir. Hatta MPPF'in esnek karakteristiğinden faydalanarak sac metale geri esneme olmadan şekil vermek mümkündür. Çünkü Şekil 13'den de anlaşılacağı üzere aktif pimler şekil vermenin her aşamasında hedeflenen formu yakalamak için geri esneme telafisi yapmaktadır. Bunun için aktif pimlerin yönünü ve hareket hızlarını iyi programlamak gereklidir. Böylece yukarıda bahsedildiği gibi geri esneme olmadan parça imalatı mümkün olmaktadır.

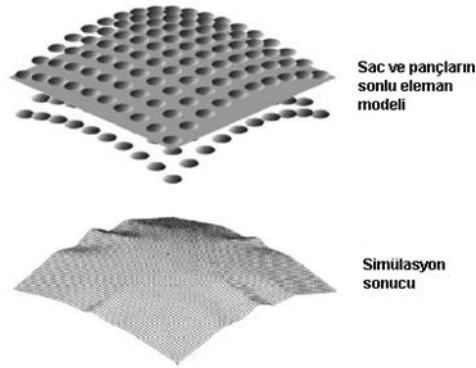


Şekil 13. Tekrarlamalı şekil verme [17]

2.3. Şekil Verme Hatalarının Tahmini ve Kontrolü

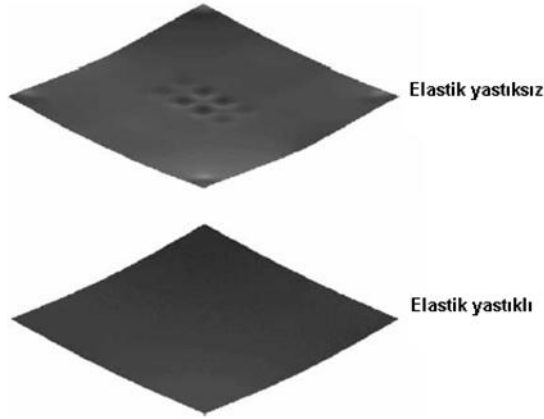
Kırışıklıklar ve çukurlaşmalar MPF’de görülen en temel kusurlardır. Temas koşullarının geleneksel kalıptakine göre farklı olmasından dolayı kırışma olayı farklılıklar göstermektedir.

Şekil verme kusurlarını tahmin etmek için sayısal analiz verimli bir yoldur. Fakat MPF’de temas sınırlarının karmaşıklığı nedeniyle şekil verme işleminin sayısal analizi geleneksel kalıptakine göre çok daha karışıktır. Şekil 14’de MPF’in sonlu eleman modeli ve analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 14. MPF’in sonlu eleman modeli ve simülasyon sonuçları [15]

MPF’de görülen kırışıklıklar pot çemberi kullanımı ile veya deformasyon yolunun saptanması ile giderilebilmektedir. MPF’de pimler sac metale etkiyen birleşik yükler olarak temsil edilir ve bu birleşik yükler sac metalin deformasyonunu yüksek oranda bölgeselleştirir, bunun sonucunda ise sac metalde çukurlaşmalar oluşur. Bu çukurlaşmaları engellemek için araya poliüretan, kauçuk, yay çeliği gibi malzemelerden mamul elastik yastık koymakta fayda vardır. Şekil 15 elastik yastık kullanılarak ve kullanılmayarak yapılan MPF simülasyonlarının sonuçlarını göstermektedir.

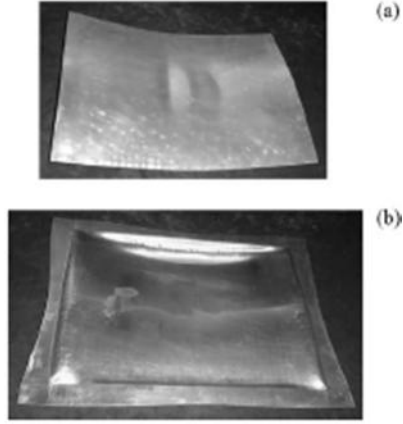


Şekil 15. MPF'de çukurlaşma simülasyonu [15]

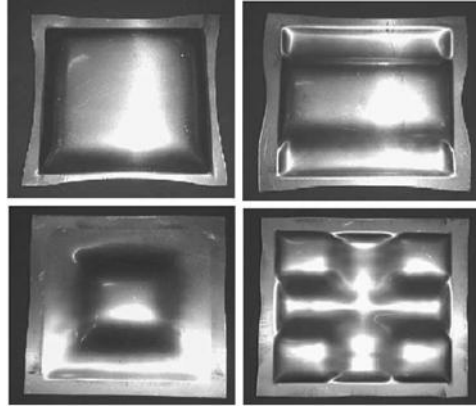
Paunoiu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, çok noktalı şekillendirmede geri esneme telafisini ele almışlardır. Geri esneme telafisi için bir model oluşturulmuştur. Üretilecek modelin yüzeyi ayrı geometrilere bölünür, bu yüzeyin zımba yüzeyi ile temas ettiği noktalar belirlenir. Bu bilgiler Dynaform yazılımına aktararak geri esneme sanal ortamda modellenir ve bu bilgiler daha sonra geri esneme telafisinde kullanılmaktadır [12].

2.4. Pot Çemberi Kullanarak MPF

Kompleks şekilli 3 boyutlu sac metal parçaların geniş deformasyonlarla şekillendirilmesi esnasında düzlem içi baskı kuvvetleri sıklıkla kırıksıklığa yol açar. Geleneksel derin çekme işleminde sac metal pot çemberi ile çevresel olarak baskı altında tutulmaktadır. Bu baskı kuvveti ne çok fazla ne de çok az olmalıdır. Kuvvet çok olursa malzemenin akmasına izin verilmez yırtılma olur, az olursa malzeme gereğinden fazla akarak kırıksıklıklar oluşabilmektedir. MPF'de de yine pot çemberi tekniği kullanılarak kırıksıklıklar elimine edilebilir. Şekil 16 ve Şekil 17'te pot çemberi kullanılarak ve kullanılmayarak MPF işlemi uygulanmış sac metal parçalar görülmektedir.



Şekil 16. MPF ile şekillendirilmiş parçalar (a) pot çemberli ve (b) pot çembersiz [15]



Şekil 17. Pot çemberi kullanarak MPF ile şekillendirilmiş parçalar [15]

3. ELASTİK YASTIK KULLANIMININ ŞEKİL VERME KALİTESİNE ETKİSİ

Çok noktalı şekillendirmede pimler sac metale birleşik yükler aktarır ve bu olay pimlerin temas noktası ve çevresindeki küçük alanda çukurlaşmalara sebebiyet verir. Sac metal ve pimler arasında kullanılacak elastik yastık birleşik yükleri yayılı yüke dönüştürerek kuvvet dağılımını dengelemektedir. Elastik yastık şekil verme işlemi esnasında verilmek istenen geometrinin kenar ve köşe noktalarında kırılma olayı ile karşılaşır ve fazla malzemenin kaçacak yeri olmamasından dolayı sac metal ile kenetlenmesi sebebi ile kırışıklıklar sac metale de aktarılır. Bu yüzden kullanılan elastik yastığın malzemesi ve kalınlığı önemli parametrelerdir. Elastik yastık yumuşak olursa pimler elastik yastığı ezerek sac metale nüfuz eder ve çukurlaşmalar giderilememiş olur. Elastik yastık sert olursa istenilen form sac metale verilemez.

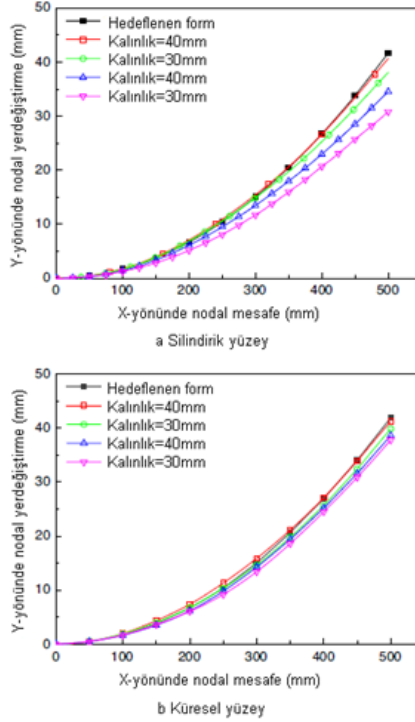
Aynı zamanda elastik yastık ucuz olmalı ve birçok kez kullanılabilmelidir. İdeal elastik yastık başlangıçta çok yumuşak, sacla arasındaki boşluk tamamen kapandığında ise mükemmel katılığa olmalıdır [12]. Alfaidi, Xiaoxing ve Nwir elastik yastığın şekillendirme kalitesine etkisini inceledikleri çalışmada Ls-Dyna programını kullanarak; 1 mm kalınlığında StE 260 sac metal ve 1,2 gr/cm³ yoğunluktaki 50 MPa kayma modüllü 38 Mat_Blatz_Ko_Foam tipi elastik yastık kullanılarak yapılan sayısal analizde en iyi sonuçların elastik kalınlığının sac metal kalınlığına eşit olarak alındığında ortaya çıktığı bulmuşlardır [20].

4. ÇOK NOKTALI ŞEKİLLENDİRMEDE GERİ ESNEMEYİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

MPF'de geri esnemeyi etkileyen faktörler ana olarak sac kalınlığı, deformasyon miktarı ve malzeme özelliklerinden oluşmaktadır. Bu faktörlerin etkisini detaylı bir şekilde incelemek için Li, Seo ve arkadaşları MPF metodu ile şekillendirilen farklı geometrilerdeki iş parçalarının sanal analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Detaylar takip eden alt başlıklarda verilmektedir [21].

4.1. Sac Kalınlığı

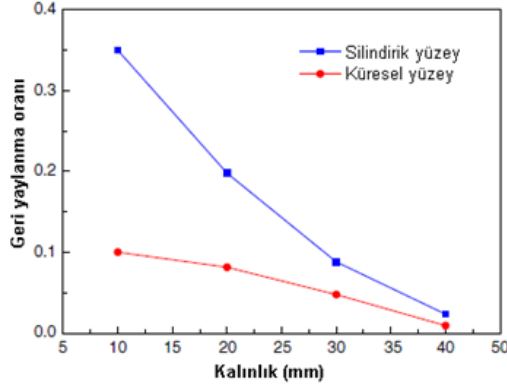
3 mm eğrilik yarıçaplı; 10, 20, 30 ve 40 mm kalınlıktaki silindirik ve küresel parçaların MPF işleminin ve geri esneme olayının bir dizi sanal analizi yapılmıştır. Şekil 18’de görüldüğü gibi iş parçalarının işlem sonrasındaki şekli ile hedeflenen şekil karşılaştırılmıştır.



Şekil 18. Şekillendirilen parçaların geri esneme sonrası profilleri ve hedeflenen şekil [21] a. Silindirik yüzey b. Küresel yüzey

Şekilden de görüldüğü üzere geri esneme analizlerinde silindirik ve küresel yüzeyli iş parçaları kullanıldığında şekil sapması sac metal kalınlığının artmasıyla azalır. Bunun sebebi aynı hedeflenen şekle sahip olduklarında kalın parçada plastik deformasyon miktarının ince parçadakine göre fazla olmasıdır.

Bundan dolayı kalın parçadaki geri esneme miktarı ince parçadakine göre daha azdır. Şekil 19'de görüldüğü gibi silindirik ve küresel yüzeyli iş parçaları için sac kalınlığı arttıkça geri esneme oranı azalmaktadır.

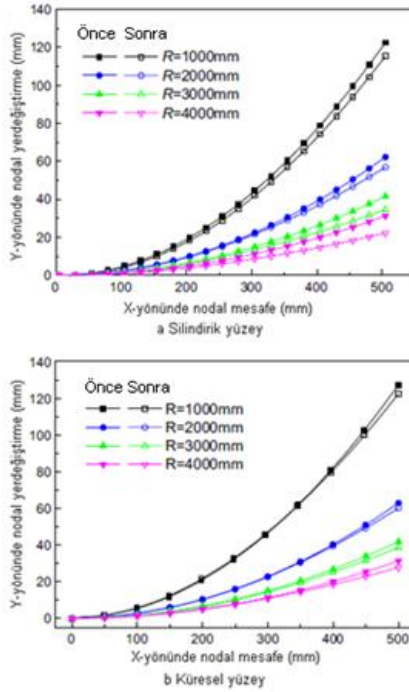


Şekil 19. Geri esneme oranları (gerçek model ile kalıptan çıkan parça arasındaki boyutsal sapma, mm/mm) ve sac kalınlığı arasındaki değişim [21]

Küresel yüzeyliye ait olan ile karşılaştırıldığında silindirik yüzeyli parçaya ait eğrinin önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Bu karmaşık şekilli parçaların geri esnemesinin basit şekilli parçalara göre sac kalınlığına daha az duyarlı olduğunu göstermektedir.

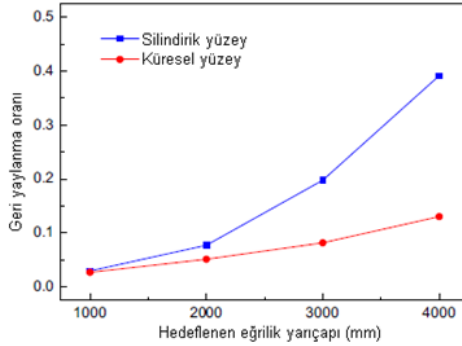
4.2. Deformasyon Miktarı

Şekil verme işlemindeki küçük yarıçaplı kıvrımlar büyük deformasyon miktarları oluştururlar. Deformasyon ve geri esneme miktarı arasındaki ilişkiyi incelemek için, küresel ve silindirik yüzeyli 20 mm kalınlığındaki; 1, 2, 3 ve 4 mm yarıçaplı kıvrımlı parçaların MPF işleminin ve geri esneme olayının sayısal analizleri yapılmıştır. Şekillendirilen parçaların geri esnmeden önce ve sonraki profilleri Şekil 20'de görülmektedir.



Şekil 20. Farklı eğrilik yarıçapında şekillendirilen iş parçalarının geri esnemenen önce ve sonraki profilleri (R: hedeflenen eğrilik yarıçapı) a. Silindirik yüzey b. Küresel yüzey [21]

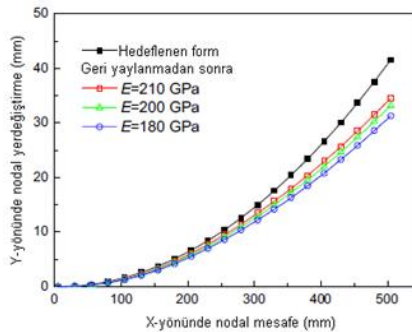
Şekilden de görüldüğü üzere silindirik ve küresel yüzeyli parçaların her ikisi için de şekil sapması eğrilik yarıçapının azalmasıyla paralel olarak azalmaktadır. Bunun sebebi yarıçapın azalmasıyla birlikte toplam deformasyon içerisindeki elastik deformasyon oranının küçülmesidir. Bundan dolayı elastik geri dönüş deformasyon miktarının artmasıyla azalmaktadır. Kıvrım yarıçapına bağlı olarak değişen geri esneme oranları Şekil 21’de görülmektedir.



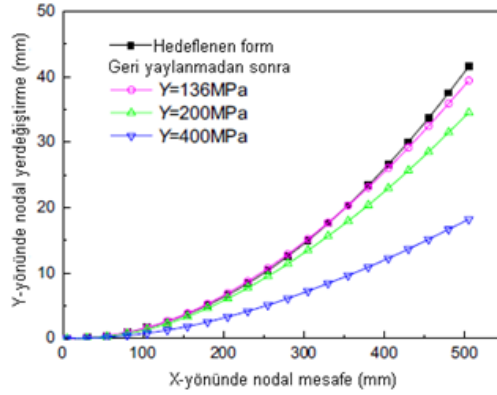
Şekil 21. Kırırım yarıçapına bağlı olarak değişen geri esneme oranları (gerçek model ile kalıptan çıkan parça arasındaki boyutsal sapma, mm/mm) [21]

4.3. Malzeme Özellikleri

Elastiklik modülü ve akma dayanımı çok noktalı şekillendirmede geri esnemeyi etkileyen diğer önemli faktörlerdir. Silindirik yüzeyli, 20 mm kalınlığında, 3 mm kırırım yarıçaplı ve farklı elastiklik modülü ve akma dayanımına sahip malzemelerin MPF işleminin ve geri esneme olayının simülasyonları yapılmıştır. Şekillendirilen parçaların profili arzulanan şekle ait profillerle Şekil 22 ve Şekil 23'de görüldüğü gibi karşılaştırılmıştır.



Şekil 22. Farklı elastiklik modülüne sahip parçaların geri esneme sonrası profilleri ve arzulanan profil [21]



Şekil 23. Farklı akma dayanımına sahip parçaların geri esneme sonrası profilleri ve arzulanan profil [21]

Şekillerden de görüldüğü üzere geri esneme akma dayanımının artmasıyla ve elastiklik modülünün azalmasıyla artmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikle yeniden ayarlanabilir kalıplar ile yapılan sac metal şekillendirme yöntemleri tanıtılmıştır. Bu yöntemlerden çok noktalı şekillendirme yönteminin (MPF) temel prensipleri, deformasyon karakteristikleri, tipleri, ortaya çıkabilecek şekillendirme kusurları ve kontrolü anlatılmış ve pot çemberi kullanımının faydalarına değinilmiştir. Son olarak ta elastik yastık kullanımının etkisi ve geri esnemeyi etkileyen faktörler incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Çok noktalı derin çekme işleminde kırışmalar ve çukurlaşma temel şekillendirme kusurlarıdır. Konvansiyonel derin çekme işlemlerinde baskı plakası kullanımı kırışmanın önlenmesi için etkili bir yöntemdir ve bu yöntem, çok noktalı derin çekme işlemi için de geçerlidir.

- Çok noktalı şekillendirme teknolojisi kalıp maliyetini azaltır, esnek kullanım sistemi sağlar ve parçada eşit deformasyon dağılımı elde etmek için elverişlidir.
- Çok noktalı şekillendirme yönteminde kullanılan pimlerin her birinin hareket kontrolü birbirlerine göre izafi olarak gerçekleştirilerek (bir yazılım yardımıyla) daha iyi yüzey kalitesi ve geri esneme telafisi elde edilebilir.
- MPF kalıbında pim sayısı ne kadar fazla olursa o kadar iyi yüzey elde edilir ancak pim sayısı arttıkça pimler inceleyeceği için mukavemet düşer ve aynı zamanda montaj da zorlaşır. Bu yüzden pim sayısının optimizasyonu yapılmalıdır.
- Çok noktalı şekillendirme yöntemleri içerisinde MPPF yöntemi tamamen esnek karakteristiği ile ön plana çıkmaktadır. Kapalı çevrim kontrol ile ve işlem içi kontrol ile en uygun şekillendirme yolu elde edilerek mükemmel deformasyon dağılımına sahip, yüksek doğrulukta parçalar elde edilebilir.
- Çukurlaşmalar elastik yastık kullanımıyla önenebilir. Elastik yastık kalınlığı sac metal kalınlığına eşit alındığında en iyi sonuçlar elde edilmiştir.
- Sac kalınlığı ve şeklin karmaşıklığı arttıkça geri esneme azalmaktadır. Deformasyon miktarı arttıkça geri esneme azalmaktadır. Akma dayanımının artmasıyla ve elastiklik modülünün azalmasıyla geri esneme artmaktadır.
- Elastik yastığın kalınlığı ile kullanılan pimlerin yarıçapı arasında bir korelasyon vardır. İncelenen örnek makalede bu oran 25 mm pim yarıçapına karşılık 30 mm kalınlığında elastik yastık kullanımını öngörmektedir.
- Büyük sac parçaların şekillendirilmesinde bölgesel çok noktalı şekillendirme yöntemi ile, kademeli olarak parça form verme işlemi gerçekleştirilebilmektedir.
- Yöntemde kullanılan pim çapı/yarıçapı arttıkça, elde edilecek parçanın üzerinde oluşan çukurlaşmalar artmaktadır.

- Prototip kalıpları yapılan ve çok noktalı pimlerle şekillendirilen sac parçalar üzerinden pimin temas ettiği noktalar belirlenerek, tersine mühendislikle geri esneme telafisi daha etkin bir biçimde yapılabilir.
- Bu metot özellikle gemi dış sacları ve büyük hacimli depolama kaplarının parçaları gibi büyük boyutlu karmaşık şekilli ve fazla derin olmayan parçaların üretimi için uygundur.

Çok noktalı şekillendirme yöntemi keskin hatlara sahip olmayan geometrilerin sac metale verilmesinde sürdürülebilirliğiyle ön plana çıkmaktadır. Günümüz araçlarında kullanılan sac metallerde giderek daha da fazla keskin hatlar ön plana çıkmaktadır. Bu yöntem otomotiv endüstrisi için çok kullanışlı değildir. Genellikle sürekli geometrilerden oluşan keskin hatları olmayan; uçak, yüksek hızlı tren, gemi gibi araçların ya da inşaat sektöründe kullanılan dış yapı panellerinin şekillendirilmesinde ve mikro boyutta düşünüldüğünde kafatası ağını oluşturan protezlerin şekillendirilmesinde çok noktalı şekillendirme yöntemini kullanmak verimli ve doğru bir seçim olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Walczyk, D. R., Lakshmikanthan, J., Kirk, D. R., Development of a Reconfigurable Tool for Forming Aircraft Body Panels, Journal of Manufacturing Systems, (17), 287-296, 1998.
2. Li, M.Z., Cai, Z.Y., Sui, Z., Yan, Q.G., Multi-point forming technology for sheet metal parts, Journal of Materials Processing Technology, (129), 333-338, 2002.
3. Li, Q., Lu, C., Fu, W., Tieu, K., Li, M., Gong, X., Optimization of cushion conditions in micro multi-point sheet forming, Journal of Materials Processing Technology, (212), 672-677, 2012.

4. Maier, C., Banu, M., Paunoiu, V., Steet metal forming analysis with multipoint reconfigurable die using data mining technique, Universtiy of Galati, ISSN 1221-4566, 2007.
5. Fuxing, T., Mingzhe, L., Zhongyi, C., Xiangji, L., Formability analysis on the process of multi-point forming for titanium alloy retiary sheet, Int J Adv Manuf Technol, (41), 1059-1065, 2009.
6. Liu, W., Jia, S.S., Zhang, C.M., Li, M.Z., Generation and suppression of local severe plastic deformation in sectional multi-point forming, Int J Adv Manuf Technol, (32), 705-710, 2007.
7. Liu W., Yang, Y.Y., Li, M.Z., Numerical simulation of multi-point stretch forming and controlling on accuracy of formed workpiece, Int J Adv Manuf Technol, (50), 61-66, 2010.
8. Wang, S., Cai, Z., Li, M., Numerical investigation of the influence of punch element in multi-point stretch forming process, Int J Adv Manuf Technol, (49), 475-483, 2010.
9. Cai, Z.Y., Wang, S.H., Li, M.Z., Numerical investigation of multi-point forming process for sheet metal: wrinkling, dimpling and springback, Int J Adv Manuf Technol, (37), 927-936, 2008.
10. Paunoiu, V., Cekan, P., Gavan, E., Nicoara, D., Numerical Simulations in Reconfigurable Multipoint Forming, Int J Mater Form, (1), 181-184, 2008.
11. Chen, J.J., Li, M.Z., Liu, W., Wang, C.T., Sectional multipoint forming technology for large-size sheet metal, Int J Adv Manuf Technol, (25), 935-939, 2005.
12. Paunoiu, V., Teodor, V., Epureanu, A., Spring back Compensation in Reconfigurable Multipoint Forming, Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on System Science And Simulation in Engineering, February 2014, Greece.

13. Paunoiu, V., Teodor, V., Gavan, E., Nicoara, D., Algorithm for the Geometric Configuration of the Reconfigurable Multipoint Forming Dies, ISSN 1221- 4566, 2009.
14. Wang, S., Cai, Z., Li, M., Lan, W., Numerical simulation on the local stress and local deformation in multi-point stretch forming process, Int J Adv Manuf Technol, (60), 9, 901-911, 2011.
15. Paunoiu, V., Epureanu, A., Nicoara, D., Ciocan, O., A review of the sheet metal forming methods using reconfigurable dies, Technologies in Machine Building, 45-50, 2006.
16. Cai, Z., Li, M., Optimum path forming technique for sheet metal and its realization in multi-point forming, Journal of Materials Processing Technology, (110), 136-141, 2001.
17. Mingzhe, L., Yuhong, L., Su, S., Li, G., Multi-point forming: a flexible manufacturing method for 3d surface sheet, Journal of Materials Processing Technology, (87), 277-280, 1999.
18. Liu C., Li M., Fu W., Principles and apparatus of multi-point forming for sheet metal, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (35), 1227-1233, 2008.
19. Pham, D. T., Su, S. Z., Li, M. Z., Liu, C. G., Digital dieless tooling and jigless tooling technology for manufacturing 3d panels using multi-point forming methodology, FP6-Aero-030877.
20. Alfaidi, M.F., Li, X., Nwir, M.A., Effect of rubber pad on forming quality in MPF process, The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering, 26-28 February 2010, Singapore.
21. Li, L., Seo, Y.H., Heo, S.C., Kang, B.S., Kim, J., Numerical simulations on reducing the unloading springbackwith multi-step multi-point forming technology, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, (48), 45-61, 2010.

22. Korkmaz, Z., Gavas, M., Sac Metallerin Çok Noktalı Derin Çekme Yöntemiyle Şekillendirilmesi, Teknoloji, (3), 271-278, 2005.
23. Sladojevic, J., Müller, H., “Rapid tooling approaches for small lot production of sheet-metal parts”, Journal of Materials Processing Technology, 2001, v115, II, s.97-103.
24. Emmens, W. C., Sebastiani, G., van den Boogaard, A.H., “The technology of incremental sheet forming – a brief review of the history”, J. of Materials Processing Tech, 2010, v.210, s.981-997.
25. Dai, K., Wang, Z. R., Fang, Y., “CNC incremental sheet forming of an axially symmetric specimen and the locus of optimization”, J. of Materials Processing Tech., 2000, v.102, s.164-167.
26. Shankar, R., Jadhav, S., Goebel, R., Homberg, W., Kleiner, M., Incremental sheet metal forming of preformed sheets, Proc. 8th Int. Conf. on Technology of Plasticity, 2005, Verona-Italy.
27. Jurisevic, B., Kuzman, K., Junkar, M., Water jetting technology: an alternative in incremental sheet metal forming, Int. J. of Advanced Manufacturing Tech., 2006, v31, s.18-23.
28. Okoye, C. N., Jiang, J. H., Hu, Z. D., Application of electromagnetic-assisted stamping (EMAS) technique in incremental sheet metal forming, Int. J. of Machine tools & Manufacture, 2006, v46, s.1248-1252.