



International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year : 2017

Volume : 1

Issue : 1



IJMSIT

International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year :2017

Volume : 1

Issue : 1

Editor-in-Chief

Asst. Prof. Dr. Turgut ÖZSEVEN

Assistant Editor

Asst. Prof. Dr. Ebubekir YAŞAR

Editorial Board

Prof. Dr. Fedai İnanır, Yıldız Teknik
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Yahya Altunpak,
Abant İzzet Baysal University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Murat Canayaz,
Yüzüncü Yıl University, Turkey

Prof. Dr. Filiz Ersöz, Karabük
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Ali Durmuş, Erciyes
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Murat Topal, Munzur
University, Turkey

Prof. Dr. İsmail Rakıp Karaş, Karabük
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Berna Saraçoğlu
Kaya, Cumhuriyet University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Önder Gürsoy,
Cumhuriyet University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Ayşe Gül İnce,
Akdeniz University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Engin Şahin, Bayburt
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Recep Özdağ,
Yüzüncü Yıl University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Enes Dertli, Bayburt
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Esra Uçar Sözmen,
Cumhuriyet University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Şükrü Yıldız, Ahi
Evrans University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. M. Emin Aydın,
University of the West of England,
UK

Assist. Prof. Dr. Kazım Hanbay,
Bingöl University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Taner Ersöz, Karabük
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Oğuz Fındık,
Karabük University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Mete Çelik, Erciyes
University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Ümit Atilla, Karabük
University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Tolga Karaköy,
Cumhuriyet University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Muharrem Düğenci,
Karabük University, Turkey

Assist. Prof. Dr. Yaşar Özyiğit,
Akdeniz University, Turkey

International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies

Year: 2017, Volume: 1, Issue: 1

CONTENTS

Integration of Vocational Schools to Industry 4.0 by Updating Curriculum and Programs	1-3
Atık Alüminyumdan Elde Edilen Matrise Grafen Takviyesiyle Üretilen Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi.....	4-8
Genetik Algoritma Kullanılarak Ağırlıklandırılmış Myriad Filtrelerin Optimizasyonu	9-14
Ekolojik Malzemeler Kullanarak Üretilen Isı Yalıtım Levhalarının Özelliklerinin İncelenmesi ...	15-17
Fosfojips ve Perlit Katkılı Sıvaların Su Emme Miktarlarının 24 Deneysel Tasarım Yöntemiyle Belirlenmesi.....	18-20
Evaluation of Recovery of Aquatic Plants Used in Wastewater Treatment and Discharged as Waste.....	21-23
Siber Saldırı Yöntemleri ve Türkiye'nin Siber Güvenlik Mevcut Durum Analizi	24-28
The Effect of Cold Rolling on Mechanical Properties of Zircaloy-4	29-35
The Effect of Production Parameters on Secondary Dendrite Arm Spacing (SDAS) and Estimation of Cooling Rate by SDAS in Functionally Graded Al-Cu Eutectic Alloy.....	36-41
Patlatma Kaynaklı Yer Hareketi İçin Bilgisayar Yazılımının Geliştirilmesi	42-46

Integration of Vocational Schools to Industry 4.0 by Updating Curriculum and Programs⁺

Ali Durmus^{1*} and Abdulkadir Dağlı¹

¹Department of Electricity and Energy, Kayseri Vocational College, Erciyes University, Turkey

*Corresponding author: alidurmus@erciyes.edu.tr

Abstract – In recent years, the industry has been trying to meet our sectorial requirements in an innovative, reliable and fast manner. For this reason, Industry 4.0, this is a new industrial reform that has been linked to industrialization studies, initiated high-tech strategy, real-time data processing and cyber-physical systems. The first step is to be taken in the field of education in order for Turkey to develop a qualified workforce, export the values it produces and become a country that has a say in both the region and the international arena. It is seen that most of the unemployment rates in our country are made by college graduates. This demonstrates the necessity of updating appropriate programs and curriculums in developing technology. Especially in the industry, low cost, high quality and fast production oriented approaches are on the agenda, necessitating the use of advanced technologies. Therefore, curriculums need to be refreshed so that they can be integrated into the Philosophy of Industry 4.0 of the Vocational School laboratories. Thus, it is possible that graduates of the programs compliant with the Industry 4.0 curriculum can be employed in the smart factories created in their own field. This work; The aim was to draw attention to the need for the upgrading of higher education programs in order to train the staff to adapt to the industry's reforms.

Keywords – Vocational Training, Industry 4.0, Curriculum, Integration, Innovations

I. INTRODUCTION

Concept 'Industry 4.0' first emerged in Germany in 2011 and has become a rising value in the world due to the economic and social benefits it provides especially in the field of production. The Industry 4.0 revolution refers to the transformation of production structures into digital systems using information technologies [1]. Innovative technologies emerging from industrial revolutions have been the result of some professional groups and have led to the emergence of new business lines. In this context, it is inevitable that Vocational Schools which provide technical education in particular should update the curriculum and laboratory facilities by adapting to Industry 4.0. The first step is to be taken in the field of education in order for Turkey to develop qualified labor force, to export the values it produces, and to become a country with both regional and international talents.

Today's education systems cannot be adapted to the rapid development of working life. For this reason, many employers do not have the technical staff with the application skills they are demanding. For this reason, many employers do not have the technical staff with the application skills they demand. According to a field assessment of McKinsey with employers and newly graduated people, approximately 40% of employers show a lack of skills as the primary reason for not being able to find people suitable for basic jobs [2, 3].

Today, particularly in the fields of information and technology, the developments rapidly change the qualifications of the desired workforce in the period of expansion and contraction of the economy. In order to be able to adapt to this rapid change, especially the vocational training parts of higher education institutions have to train the qualified personnel to meet the needs of the industry. It is only through providing qualified vocational training. Today,

the movement of labor as well as capital mobility has increased significantly in the world. Received diplomas and certificates not only on a national scale is inevitable that the worldwide recognition. The need for the development of curriculum for vocational schools has therefore arisen [3].

Curriculums of Vocational Schools need to be re-audited so that they can keep pace with the rapidly changing industry conditions in recent years. Although protocols have been made for the development of laboratories within the scope of industry-university cooperation, the expected yield has not been obtained [4]. Therefore, it is not possible for the graduates of existing programs to be employed in sectors adapted to Industry 4.0. This will require specialized staff especially in areas such as data analysis, software, cyber security, robotic applications, mechatronics, digital business processes. Vocational education curricula developed on the basis of qualified, innovative and competitive foundations not only contribute to the countries applying them but also to the development of countries on a global scale. Technical schools; curriculums of programs such as Mechatronics, Electricity, Electronics, Biomedical Device Technology, Automotive, Machinery, Computer Programming, Logistics should be made compatible with Industry 4.0.

II. HISTORY OF INDUSTRIAL REVOLUTIONS

The steam-powered mechanical systems in the first industrial revolution have been transformed into a structure in which cyber-physical systems take place in a very short time. In the first industrial revolution, mechanical production systems emerged by using water and steam power. In the ongoing process, mass-producing technologies have emerged using electric energy and this is called the second industrial revolution. At the beginning of the 1970s, the automation of production processes, along with the intensive use of

electronic technology, led to digital transformation, making the production processes in the industry faster. The industrial revolutions can be described as follows: production with the help of machines, serialization of production, automation of production, and finally the 4th industrial revolution, adaptation to the production systems of information and communication technologies. In summary, these processes led to a shift from muscle strength to mechanical strength [5]. We can define the fourth industrial revolution as the digitalization of the industry by communicating all the structures within the production systems. This revolution, which accelerates the production processes by making all the units in the production systems communicate with each other over the internet, promises that intelligent systems will be in all areas.

III. VOCATIONAL AND TECHNICAL EDUCATION

Vocational and Technical Education should provide the students with appropriate information equipment in accordance with the requirements of the advanced age in their general skills. Vocational and Technical Education structuring in our country should have a system that aims to social and economic development of the country, provides a possibility to meet the needs of everyone who wants to be a profession, provides a practical training in laboratories equipped with new technology and cooperates with all common working partners. With a strong vocational training, it will be possible for individuals to acquire new skills, to switch between different disciplines and to acquire them from the source of knowledge. At the same time, increasing the competitiveness in the global world, providing employment in many areas including production and service area, and preventing unemployment will also be through healthy and structured Vocational and Technical Education. Today, the rapid development in knowledge and technology has caused some of the existing professions to disappear and the grounds for the emergence of new professions. At the same time, at the beginning of this century, various economic and social problems emerged under the influence of globalization and rapid change, and states used public resources as grants in order to solve these problems, thus causing large scale financial problems. There is a need for a more active and innovative Vocational and Technical Education system that will address many of these and similar problems, starting with the fact that the various risk areas that come to the square are also making life difficult [6].

In Council of Higher Education (YÖK) legislation; vocational colleges are defined as higher education institutions aiming at raising qualified human resources for certain professions, continuing education for two years and giving degree of associate degree. To students who are entitled to graduate from this school; who graduated from technical programs take the title of "Technician" while graduates of administrative and social sciences take the title of "Professional Staff" bearing the name of the department where they graduated [7].

When assessed according to world standards, the Vocational and Technical Education structure in our country is not in a position to meet the needs of the sector and to follow technological progress closely. It is foreseen that the joint work of all stakeholders in the system necessitates the restructuring of Vocational and Technical Education. Today, as science and technology develops new professions, Higher

Education Institutions are needed to meet the qualified human needs of these professions. Therefore, it is inevitable to update the curriculum of theoretical and practical courses in Vocational and Technical Education Institutions.

Table 1. Electrical Program Course Plan

I. Semester Course Plan					
Course unit code	Course unit title	Lecture	Recitation	Local Credits	ECTS
MAT011	Mathematics-I	4	0	4	4
BIK011	Computer Applications	2	0	3	3
TBI011	Scientific Principles of Technology	2	0	3	3
EEO011	Electric And Electronic Measurements	3	1	6	6
DDA011	Direct Current Circuit Analysis	3	1	4	4
TUR011	Turkish Language-I	2	0	2	2
ATI011	P. of Ataturk and His. of Turkish Rv-I	2	0	2	2
MYD	Foreign Language-I	2	0	2	2
ENY	Energy Management	1	1	2	2
TES011-4	Complem. Electric Serv. And Systems	1	1	2	2
TOTAL		22	4	30	30
II. Semester Course Plan					
Course unit code	Course unit title	Lecture	Recitation	Local Credits	ECTS
MAT011-B	Mathematics-II	2	0	2	2
BDT011-B	Computer Aided Design-I	1	1	2	2
ADA011-B	Alternative Current Circuit Analysis	3	1	3	3
AEL011-B	Analog Electronic	3	1	3	3
EST011-B	Electric Network Installations	1	1	2	2
LM011-B	Electric Machines-I	3	1	3	3
TUR011-B	Turkish Language-II	2	0	2	2
MYD	Foreign Language II	2	0	2	2
ATI011-B	P. of Ataturk and His. of Turkish Rv-II	2	0	2	2
OTT011-4	Special Installation Techniques	3	1	3	3
STJ011-B	Summer Practice-I	0	7	6	6
TOTAL		22	13	30	30
III. Semester Course Plan					
Course unit code	Course unit title	Lecture	Recitation	Local Credits	ECTS
BDT011-3	Computer Assisted Design-II	1	1	2	2
SAE011-3	Digital Electronic	3	1	5	5
ELM011-3	Electric Machines-II	3	1	4	4
EBA011-3	Electric Maintenance And Troubles.	1	1	2	2
SAT011-3	System Analysis And Design-I	1	1	3	3
EUD011-3	Pro. Tran. and Distr. of Elect. Energy	3	1	4	4
YGT011-4	High Voltage Techniques	1	1	2	2
TOTAL		13	7	22	22
Elective Course					
EKS011-3	The Systems of Electromec. Rem. Con.	3	1	4	4
SRT011-3	Winding Technique	3	1	4	4
TT011-3	Telecommunication Technology	3	1	4	4
TOTAL		21	10	30	30
IV. Semester Course Plan					
Course unit code	Course unit title	Lecture	Recitation	Local Credits	ECTS
GUE011-4	Power Electronics	3	1	4	4
ETP011-4	Electricity Installation Plans	3	1	4	4
PLD011-4	Programmable Controllers	3	1	4	4
SAT011-4	System Analysis And Design-II	1	1	2	2
SKP011-4	Agreement, Inspection And Plan	3	1	3	3
FIT011-4	Factory Manufacture Techniques	1	1	2	2
STJ011-4	Summer Practice-II	0	7	6	6
TOTAL		14	13	25	25
Elective Course					
Course unit code	Course unit title	Lecture	Recitation	Local Credits	ECTS
EKE011-4	Industrial Control And Elements	1	1	2	2
ISU011-4	Advanced Digital Practices	3	1	3	3
TOTAL		18	15	30	30

IV. RECOMMENDED COURSES FOR INDUSTRY 4.0

With the fourth industrial revolution, labor qualifications in the primarily service and production sectors are expected to change. In particular, vocational training institutions should re-examine their course content, course descriptions, curricula and program outputs, focusing on trained human resources that Industry 4.0 already needs. Industry 4.0's workforce expectations are technology use, knowledge competence, motivation for learning, problem solving, cooperation, team work, easy adaptation of change, agility etc. Therefore, we have to raise skills-based, software-driven, coding-aware, production-minded, creative, entrepreneurial young people. The factories of your future are now looking for more outcome-focused employees who know how to make assessments and solve problems.

Under normal conditions, some of the features sought in engineers now need to be found in intermediate stages. It will not be possible to operate the factory of the future with untrained and unskilled labor. It should also be noted that 68% of the total workforce in our country is in general high school and under high school. The training of 68% of those who have profession today does not comply with Industry 4.0. In addition, the remaining 32% of the profession is not suitable for the future. In this case, we must first question our vocational education and higher education system [8].

Erciyes University Kayseri Vocational School Electrical and Energy Department Electrical Education Program 2017/2018 Education Course Plan is given in Table 1. As you can see from this table, our department has been teaching two years and four semesters of formal education. The same curriculum is applied to primary and secondary education students. In order to graduate from our department, a student must take a total of 120 ECTS credits and give it successfully. At the end of the four semesters, the average grade of a student must be at least two to graduate. In addition, our students are required to do internship for 20 days at the end of the second and fourth semesters as industrial application training. The students who graduated by providing the necessary conditions get the title of Electrical Technician. Graduates of electrical program have the opportunity to find jobs in many different sectors.

It needs to be changed in the current curriculum to meet Industry 4.0 expectations. Topics that will be the basis for Industry 4.0 are smart factories, sensors, renewable energy sources, digital data analysis, digital electronics, energy management, data security, internet traffic, internet of objects. When we review our course plan under industry 4.0, many courses from our plan do not fit industry 4.0. From our current curriculum; Courses such as Energy Management, Computer Aided Design, Digital Electronics, Power Electronics, Programmable Controllers, Telecommunication Technology can be based on Industry 4.0 and its contents are being updated in this scope to make this cycle more suitable. In addition, within the scope of the fourth industrial revolution, the curriculum should be expanded. Lessons that can be added to the curriculum include lectures such as Network Technologies, Data Analysis, Data Security, Robot Technology, Intelligent Factory Systems, Smart Home Systems, Cloud Computing, Virtual Reality, Next Generation Control Systems, Custom Designed Electric Machines, Scada Systems. At the same time, with an innovative approach, modeling and simulation-based laboratories have to be established in all sectors, especially in the production and service sectors of Industry 4.0 technologies. In summary, Vocational and Technical Education has evolved in line with the needs and standards of Industry 4.0, and some workforce with some new features has emerged. As vocational colleges, we have also introduced the need to add curricula to some of the new courses in order to train people with these qualities and to update the appropriate courses that have already been integrated into the Industry 4.0.

V. CONCLUSION

In this study, it is aimed to train electric technicians who know and apply the concept of Industry 4.0 by implementing new curriculum programs that will be prepared in the framework of the fourth industrial revolution rationale. In

sectors that have been adapted to Industry 4.0, it is not possible for graduates from existing programs to be employed. In this context, the need for equipped staff will arise especially in areas such as data analysis, software, cyber security, robotic applications, mechatronics, digital business processes. Technical schools; It is foreseen that curriculums of programs such as Mechatronics, Control and Automation, Biomedical Device Technology, Electricity, Electronics, Automotive, Machinery, Computer Programming, Logistics must be adapted to Industry 4.0 as well as curriculums must be updated in Health Science, Social Sciences and Law. The Vocational and Technical Education curricula, based on qualified, innovative and competitive foundations, contribute not only to the countries that apply them but also to the development of countries on a global scale. It is thought that the cultivation of human resources is as important as the intelligent devices and systems for the conversion of the industry 4.0.

REFERENCES

- [1] (2017) Tübitak Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı website. [Online]. Available: http://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_t_yh_v2-03ocak2017.pdf
- [2] (2016) McKinsey Global Institute website. [Online] Available: <http://www.mckinsey.com/global-themes/employment-and-growth/technology-jobs-and-the-future-of-work>
- [3] (2017) Eğitimde Dönüşüm Vakfı Sanayi 4.0 Ve Mesleki Eğitim. website. [Online]. Available: <http://www.egitimdedonusumvakfi.org/upload/files/mesleki-egitim-raporu.pdf>
- [4] (2017) Erciyes Üniversitesi Kayseri Meslek Yüksekokulu website. [Online]. Available: <https://kmy.erciyes.edu.tr>
- [5] (2017) Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu website. [Online]. Available: <http://www.endustri40.com/dorduncu-endustri-devrimi-sanayinin-dijitallesmesi>
- [6] Türkiye Mesleki ve Teknik Eğitim Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2018. Available: <http://abdigm.meb.gov.tr/projeler/ois/017.pdf>
- [7] E. Ekşioğlu and B. Kurt, "Türkiye'de Mesleki Eğitimde Gelinek Nokta," in Proc. MESTEK 2017, 2017, pp 293-307.
- [8] (2017) Mesleki ve Teknik Eğitim Sendikası website. [Online]. Available: <http://www.metesen.org/endustri4-0meleki-egitim>

Atık Alüminyumdan Elde Edilen Matrise Grafen Takviyesiyle Üretilen Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi[†]

Burak Öztop^{1*}, Mevlüt Gürbüz²

¹Merzifon Meslek Yüksekokulu, Amasya Üniversitesi, Türkiye

²Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

*(burak.oztop@amasya.edu.tr)

Özet – Bu çalışmada, atık alüminyum içecek kutularından elde edilen matrise ağırlıkça %0.1, %0.3 ve %0.5 oranlarında grafen takviyesi yapılmıştır. Karıştırmalı döküm yöntemi ile kompozit malzemeler üretilmiştir. Grafen yüzde ağırlık oranlarının, üretilen kompozitlerin yoğunluk, sertlik ve mikroyapısına olan etkisinin ne olduğunun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Kompozitlerin kristal yapıları X-ışını difraktometresiyle (XRD), mikroyapıları ise taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) analiz edilmiştir. Grafen yüzde ağırlık oranının artmasıyla sertlik, 70 HV'den 80,05 HV'ye yükselmiş ve en yüksek sertlik %0.1 takviye oranında elde edilmiştir. Mikroyapı analizlerine göre grafen plakaların Al tane sınırlarına yerleştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Atık alüminyum içecek kutusu, grafen, alüminyum matrisli kompozit, karıştırmalı döküm, sertlik, mikroyapı.

Investigation of Properties of Composites Produced by Reinforcement Graphene Matrix Obtained from Waste Aluminium

Abstract – In this study, waste aluminum beverage cans were used as matrix materials which reinforced with %0.1, %0.3 and %0.5 wt. graphene. Stir casting method was used to fabricate composites. Effect of the graphene amount on density, hardness and microstructure of composites was purposed. The crystal structure and microstructure of the composites were analyzed with X-ray diffraction device (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). From the results, the hardness of composites increased from 70 HV to 80.05 HV for % 0.15 graphene amount. According to microstructural analyses the graphene was located to aluminum grain boundaries.

Keywords – Waste aluminium beverage can, graphene, aluminium matrix composite, stir casting, hardness, microstructure.

I. GİRİŞ

Enerji, iletişim, ulaşım, havacılık ve uzay sektörlerindeki teknolojik gelişmelerin sonucunda yeni malzemelere olan gereksinim artmıştır. Bundan dolayı, günümüz teknolojisinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek ve konvansiyonel malzemelere göre daha yüksek özgül mukavemet, yüksek sertlik, yüksek aşınma direnci, yüksek ısı direnç ve düşük yoğunluk gibi üstün özellikler sergileyen kompozit malzemelerin üretimi ve kullanımı gün geçtikçe artmaktadır [1], [2]. Kompozit malzemeler matris türüne bağlı olarak, polimer matrisli kompozit (PMK), seramik matrisli kompozit (SMK) ve metal matrisli kompozit (MMK) şeklinde üç ana sınıfa ayrılmaktadır [3]. MMK üretiminde matris olarak sünek metaller olan Al, Mg, Zn, Cu, Ti ve Ni veya bunların alaşımları kullanılmaktadır; takviye malzemesi olarak ise silisyum karbür (SiC), bor (B), grafit, alümina (Al₂O₃), tungsten (W) ve molibden (Mo) gibi bir çok takviye türleri kullanılmaktadır [4], [5]. Son yıllarda teknolojik gelişmeler doğrultusunda, yüksek dayanım ve hafifliğin öne çıktığı, fiyatın ise ikincil önemde kaldığı otomotiv endüstrisi ile uzay ve havacılık sektöründe yapılan araştırmalar, ağırlıklı olarak alüminyum matrisli kompozitler (AMK) üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Genelde AMK'lar toz metalurjisi ya da sıvı faz yöntemleriyle üretilmekle birlikte parçacık takviyeli AMK'lar sıvı faz yoluyla daha kolay üretilmektedirler. Sıvı faz üretim tekniklerinde en çok kullanılan yöntemlerden biri hem düşük maliyetli hem de basit bir yöntem olması nedeniyle karıştırmalı döküm yöntemidir [3], [6], [7].

Grafen, karbon atomlarının tek düzlemde altıgen yapıda dizilmesi sonucu oluşan iki boyutlu, bir atom kalınlığında karbon allotropu bir yapıdır [8]. Bilinen en ince malzeme olan grafenin çekme mukavemeti 130 GPa ve elastisite modülü 1 TPa'dır [9]. Grafen bu üstün mekanik özellikleri nedeniyle kompozit üretiminde son yıllarda önemli bir takviye elemanı haline gelmiştir.

Alüminyum ve alaşımları, takviye malzemeleri ile fiziksel ve kimyasal uyumluluk, hafiflik, düşük yoğunluk, yüksek elektrik, yüksek ısı iletkenliğine sahip olmaları ve geniş uygulama alanları nedeniyle MMK'larda matris malzemesi olarak tercih edilmektedirler [2]. Son yıllarda inşaat, havacılık, uzay ve ulaştırma gibi birçok alanda kullanılan alüminyumun geri dönüşümü, hem doğal kaynakların hem de enerji kaynaklarının kullanımını azaltacağından çevrenin korunması açısından önemlidir [10]. İçecek kutuları, hem alüminyumun

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

en yaygın kullanıldığı alanlardan biri olarak hem de alüminyum geri dönüşüm piyasasının temel taşı olarak karşımıza çıkmaktadır [11], [12]. Bu bilgiler doğrultusunda, endüstriyel olarak tekrar değerlendirilebilir özellikte olan atık alüminyum içecek kutularının kompozit malzeme üretiminde matris malzemesi olarak kullanılması ile üretim maliyetleri düşürülerek AMK malzemelerin ticari kullanımının yaygınlaşacağı öngörülmektedir.

Wang vd, toz metalurjisi yöntemi ile ağırlıkça %0,3 oranında grafen nanotabaka takviyeli alüminyum kompozit üretmişler ve takviyesiz Al matrise göre kompozitin çekme dayanımının %62 arttığını belirlemiştirler [13]. Rashad vd, ağırlıkça %0,3 oranında grafen takviyesi sonucu saf alüminyumun çekme dayanımı ile sertliğinin arttığını, basma dayanımının ise düştüğünü gözlemlenmiştir [14]. Gao vd, toz metalurjisi yöntemi ile ağırlıkça %0.1, 0.3 ve 0.5 oranında grafen takviyeli alüminyum kompozit üretmişlerdir. Grafen takviyeli alüminyum kompozitlerin çekme dayanımı başlangıçta artmakla birlikte grafen takviyesinin artmasıyla azalmış ve kompozitin grafen içeriği %0.3 olduğunda çekme dayanımı maksimuma ulaşmıştır [15]. Venkatesan ve Xavior, karıştırma döküm yöntemi ile hazırladıkları %0.33, %0.55 ve %0.77 gibi farklı ağırlık oranlarında grafen takviyeli alüminyum metal matrisin mekanik özelliklerini incelemiştirler. Çalışma sonucunda, karıştırma döküm yöntemiyle optimum sonuçların elde edilmesi için ağırlıkça %0.33 grafen oranını önermişlerdir [16]. Yapılan çalışmalardan görüldüğü üzere atık alüminyumun grafenle güçlendirilmesine yönelik çalışmaların bulunmaması ve pahalı toz metalurjisi yöntemlerine alternatif olması çalışmayı özgün kılmaktadır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Matris ve Takviye Malzemesi

Bu çalışmada matris malzemesi olarak daha önce yapılmış çalışmalarda kullanılan saf alüminyum veya ticari alüminyum alaşımları yerine atık alüminyum içecek kutuları, takviye malzemesi olarak ise kalınlığı ortalama 5-8 nm, çapı yaklaşık 10 µm olan grafen kullanılmıştır. Grafen takviye oranları ağırlıkça %0.1, %0.3 ve %0.5 olarak belirlenmiş ve kompozit malzemelerin üretimi için karıştırmalı döküm yöntemi kullanılmıştır.

B. Kompozit Malzemelerin Üretimi

Kompozit üretimi için öncelikle matris malzemesi hazırlanmıştır. Hazırlanan bir ön ergitme düzeneğinde içecek kutuları yaklaşık 1000 °C sıcaklıktaki ergitme potasının içine sırayla atılarak, ergime öncesi üzerlerindeki boya tabakasının yanması sağlanmıştır. AMK malzeme üretimi için karıştırma sistemli elektrikli ergitme fırını tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır. Dış pota, paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiştir. Dış pota üzerine bağlanan 1,5 kW gücünde tek panjurlu seramik plakalı rezistans yardımıyla sıcaklığı 900 °C'ye kadar çıkabilen bir elektrikli fırın elde edilmiştir. Fırın içerisindeki sıcaklığın kontrolü için tek modüllü kontrol cihazı ve standart 8 mm rakorlu M12 K-tip termokupl kullanılmıştır. Hem ergitme hem de döküm potası olarak kullanılacak şekilde fırının içerisine paslanmaz çelikten yapılan bir başka pota yerleştirilmiştir. Takviye malzemesinin matris içerisine karıştırılabilmesi için devir sayısı ayarlanabilen (200–3000 rpm) masa üstü mekanik karıştırıcı kullanılmıştır. Mekanik

karıştırıcıda kullanılan karıştırma mili, paslanmaz çelik malzemeden ve bir ucu 40 mm çapında dört kanatlı olarak imal edilmiştir.

Atık alüminyumdan elde edilen matris malzemeleri, hassas terazide tartılarak ağırlıkları tespit edilmiştir. Tespit edilen bu ağırlıklara göre de grafen parçacıkları, belirlenmiş olan ağırlıkça yüzde takviye oranlarına (%0.1, %0.3 ve %0.5) göre tartılarak hazırlanmıştır. Ergitme fırınının sıcaklığı 700-750 °C'ye çıkarılarak, grafen ilaveli matris malzemesi ergitme potasının içine konulmuştur. Potadaki matris malzemesi ergidikten sonra karıştırma işlemi sırasında sıvı metalin takviye malzemesini iletme yeteneğini arttırmak ve matris-takviye ara yüzeyi oluşturmak için sıcaklık 630-650 °C arasına indirilmiştir. Eriyik karışım, 400 rpm hızla 5 dakika karıştırılmıştır. Sıcaklık 700 ±10 °C'ye çıkarılarak karışım yine aynı hızla 1 dakika daha karıştırılarak homojenleştirme yapılmıştır. Karışım bu sıcaklıkta 10 dakika bekletilmiş ve döküm işleminden hemen önce yüzeyindeki oksit filmi alınmıştır. Daha sonra karışım, önceden ısıtılmış (450-500 °C) metal kalıba dökülmüştür. Katılaşmaya kadar kalıp içinde bekletilen kompozit malzeme, sonrasında kalıptan çıkarılarak soğuması için oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Numuneler Çizelge 2.1'de gösterildiği şekilde kodlanmıştır.

Çizelge 2.1. Malzeme kodları

Malzeme	Kod
Al	AL
Al - % 0.1 Grafen	ALGR01
Al - % 0.3 Grafen	ALGR03
Al - % 0.5 Grafen	ALGR05

C. Yoğunluk ve Porozite Ölçümü

Üretilen kompozit malzemelerin ve takviyesiz matris malzemesinin deneysel olarak yoğunluk ölçümleri Arşimet prensibi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Karışımlar kuralına [(matris yoğunluğu x yüzde matris ağırlık oranı) + (takviye malzemesi yoğunluğu x yüzde takviye ağırlık oranı)] göre ise teorik yoğunlukları belirlenmiştir. Malzemelerin teorik yoğunluk ile ölçülen gerçek yoğunluk değerleri kullanılarak porozite oranları,

$$\% \text{ porozite} = \left(\frac{\rho_{\text{teorik}} - \rho_{\text{deneysel}}}{\rho_{\text{teorik}}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

D. Sertlik Ölçümü

Takviyesiz matris malzemesinin ve üretimi yapılan kompozit malzemelerin sertliklerini tespit etmek ve artan ağırlıkça takviye oranlarına bağlı olarak kompozit malzemelerde meydana gelen sertlik değişimlerini belirlemek için sertlik ölçümleri Vickers sertlik ölçüm yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. TMTECK marka HV-1000B tipi sertlik ölçüm cihazında 20 saniye süre ile 1.96 N (200 g) yük altında her bir numune için 6 kez ölçüm yapılmış ve ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak sertlik değerleri tespit edilmiştir.

E. Mikroyapı Analizi

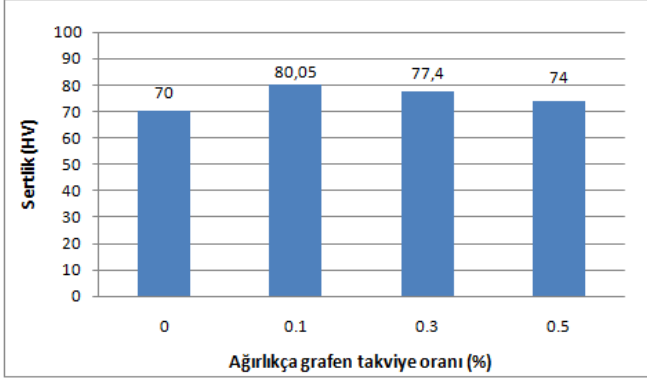
Üretimi gerçekleştirilen kompozitlerin ve takviye malzemesi olarak kullanılan grafenin X-ışınları kırınım (XRD) analizleri, Rigaku Smartlab marka X ışını kırınım cihazı ile

gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hem grafenin mikroyapı analizi hem de kompozitlerden hazırlanan numunelerin kırık yüzeylerinden gerçekleştirilen mikroyapı incelemeleri için EDS donanımlı Jeol JSM 7001F tipi taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Sertlik

Takviyesiz matris malzemesi ile grafen takviyeli kompozit malzemelerin sertlik değerleri grafik olarak Şekil 3.1'de verilmiştir.

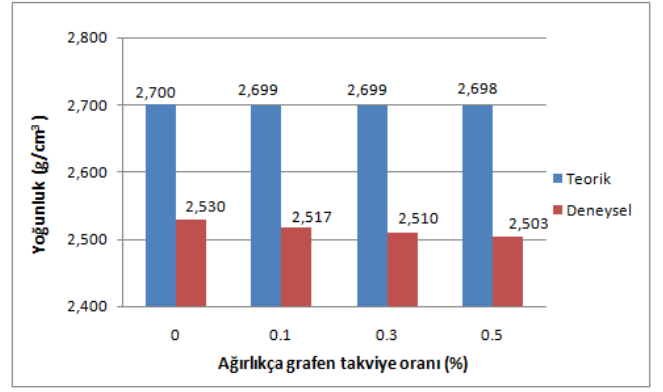


Şekil 3.1. Grafen yüzde ağırlık oranı ile sertlik değişimi

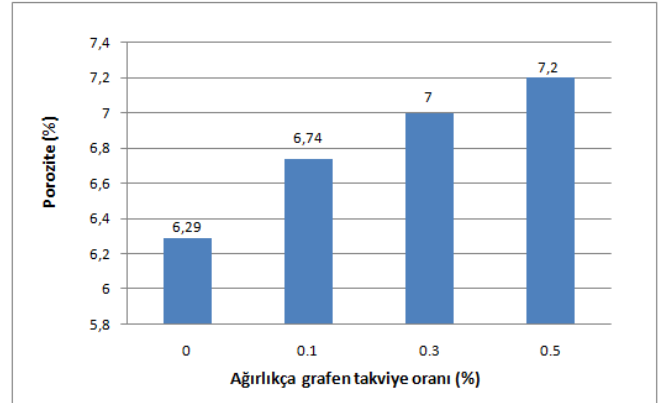
Grafen yüzde ağırlık oranının artmasıyla kompozit malzemelerin sertliği 70 HV'den 80,05 HV'ye kadar artmış ve en yüksek sertlik ağırlıkça %0.1 takviye oranında elde edilmiştir. Bu oranın üzerindeki ilavelerde ise matrise göre sertlik değerleri daha fazla olmasına rağmen takviye oranının artmasıyla sertliğin düştüğü belirlenmiştir. Takviye oranının artmasıyla kompozitlerin sertliğinde görülen artış, takviye malzemesinin sertliğinin yanı sıra aynı zamanda matris içerisinde toplanmadan homojen olarak dağılması sonucu gerçekleşmektedir. Tozların birbiriyle etkileşime girmesi, homojen olmayan toprakların oluşmasına ve dolayısıyla da sertliğin düşmesine neden olmaktadır. [17]. Ağırlıkça %0.1'in üzerinde takviye oranında sertlik değerinin gittikçe azalmasının, bu duruma bağlı olarak gerçekleştiği düşünülmektedir.

B. Yoğunluk ve Porozite

Takviyesiz matris malzemesinin ve kompozit malzemelerin teorik ve deneysel yoğunlukları Şekil 3.2'de, takviye oranlarına göre porozite oranlarının değişimi ise Şekil 3.3'de verilmiştir. Grafenin yoğunluğunun, matrisin yoğunluğundan düşük olması nedeniyle ağırlıkça takviye oranlarının artmasıyla, kompozit malzemelerin yoğunluklarının da azaldığı görülmüştür. Porozite oranları ise kompozitler içindeki grafen takviye oranının artmasıyla artmıştır. Bu sonuç daha önceki çalışmalarda da gözlenmiştir [6], [18]-[20].



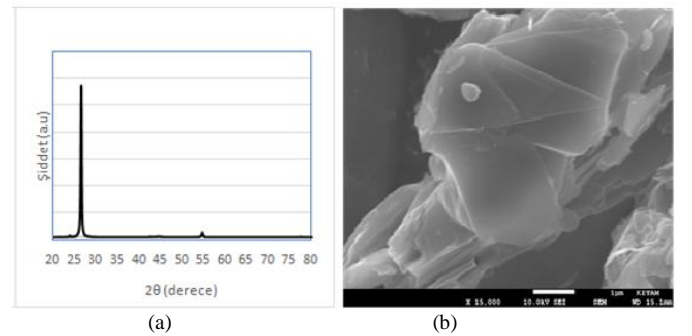
Şekil 3.2. Grafen takviye oranlarının artışıyla yoğunluk değişimi



Şekil 3.3. Grafen takviye oranlarının artışıyla porozite değişimi

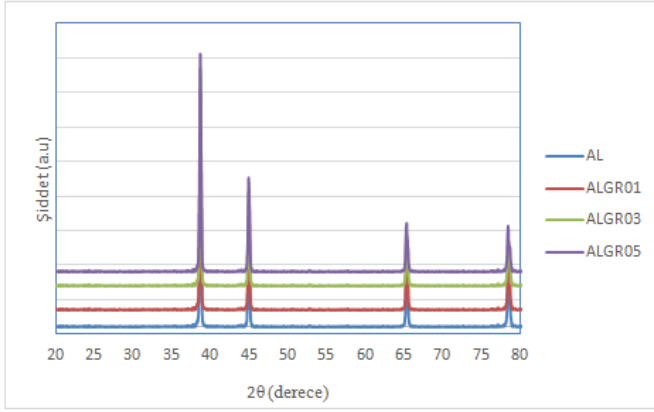
C. Mikroyapı

Şekil 3.4'de kompozit üretiminde kullanılan grafenin XRD ve SEM analizleri verilmiştir. XRD analizinden kullanılan tozların tamamen grafen olduğu, SEM analizinden ise kullanılan grafenin üst üste istiflenmiş ve tabakalı bir yapıda olduğu görülmektedir.



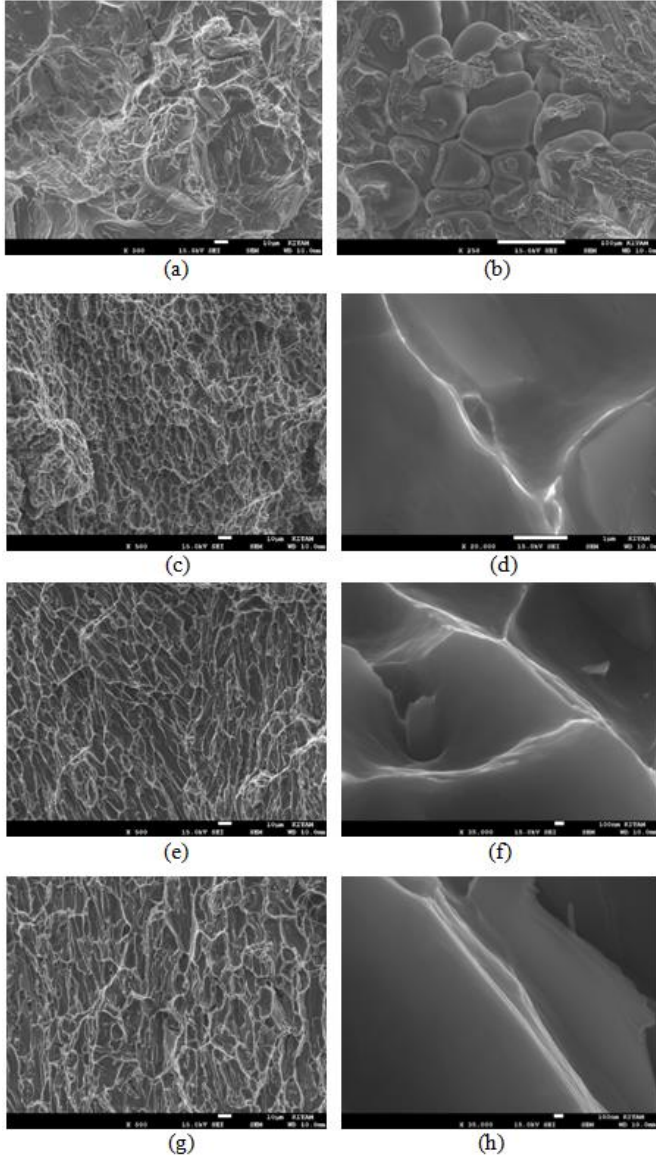
Şekil 3.4. Grafen tozlarının XRD örgü deseni (a) ve SEM analizleri (b)

Şekil 3.5'de ise grafen takviyeli alüminyum kompozitlerin XRD örgü deseni verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere yapıda grafene ait pikin bulunmaması; kullanılan grafen miktarının eser miktarda olması ve cihazın deteksiyon limitinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.5. Takviyesiz ve grafen takviyeli Al kompozitlerin XRD örgü deseni

Şekil 3.6'da, üretilen grafen takviyeli kompozitlerin SEM görüntüleri bulunmaktadır. Kırık yüzey SEM görüntülerinden grafen plakaların (aydınlık bölgeler), Al tane sınırlarına yerleştiği görülmektedir. Grafen plakaların tane sınırlarında bariyer olarak davranarak dislokasyon hareketini engellediği ve mukavemet artışı sağladığı öngörülmektedir.



Şekil 3.6. Takviyesiz ve grafen takviyeli Al kompozitlerin kırık yüzey görüntüleri: (a-b) AL, (c-d) ALGR01, (e-f) ALGR03, (g-h) ALGR05

IV. SONUÇ

- 1) Atık alüminyum içecek kutularından elde edilen matrisle grafen takviyesiyle kompozit malzemelerin üretimi, karıştırma döküm yöntemi kullanılarak başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.
- 2) Takviye yüzde ağırlık oranının artmasıyla sertlik, 70 HV'den 80,05 HV'ye yükselmiş ve en yüksek sertlik %0.1 takviye oranında elde edilmiştir. Bu oranın üzerindeki ilavelerde ise matrisle göre sertlik değerleri daha fazla olmasına rağmen, artan grafen miktarıyla topaklanma eğiliminin artması sonucu sertliğin düştüğü belirlenmiştir.
- 3) Takviye yüzde ağırlık oranının artmasıyla, kompozit malzemelerin yoğunluklarının azaldığı, porozitenin ise arttığı tespit edilmiştir.
- 4) Grafen takviyeli kompozitlerin kırık yüzey SEM görüntülerinden, grafen plakaların Al tane sınırlarına yerleştiği ve homojen dağıldığı görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1] Ö. Özkök, "α-Si₃N₄ içeren alüminyum matrisle kompozit malzeme üretimi ve özelliklerinin araştırılması," *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi Anabilim Dalı*, Ankara, Türkiye, Nisan 2004.
- [2] C. Kılıç, "Sıkıştırma döküm yöntemi ile üretilmiş ve soğuk haddelenmiş AlMg₃/SiCp kompozitinin aşınma özelliklerinin incelenmesi," *Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı*, Edirne, Türkiye, Ağustos 2008.
- [3] M.K. Surappa, "Aluminum matrix composites: Challenges and opportunities," *Sadhana*, vol. 28, no. 1-2, pp. 319-334, February/April 2003.
- [4] O. Toprak, "AlMg₃/SiCp kompozitlerinin basma dayanımı özelliklerinin incelenmesi," *Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı*, Edirne, Türkiye, Şubat 2010.
- [5] E. Şahin, "AlMg₃/SiCp kompozit malzemelerinin darbe davranışının takviye oranı ile değişiminin incelenmesi," *Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı*, Edirne, Türkiye, Ağustos 2011.
- [6] G. Sur, Y. Şahin ve H. Gökkaya, "Ergimiş metal karıştırma ve basınçlı döküm yöntemi ile alüminyum esaslı tanecik takviyeli kompozitlerin üretimi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 20, no. 2, pp. 233-238, Mart 2005.
- [7] J. Hashim, L. Looney and M.S.J. Hashmi, "Metal matrix composites: production by the stir casting method," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 92-93, pp. 1-7, August 1999.
- [8] M. C. Şenel, M. Gürbüz ve E. Koç, "Grafen takviyeli alüminyum matrisli yeni nesil kompozitler," *Mühendis ve Makina*, vol. 56, no. 669, pp. 36-47, Ağustos 2015.
- [9] C. Lee, X. D. Wei, J. W. Kysar and J. Hone, "Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene," *Science*, vol. 321, pp. 385-388, July 2008.
- [10] D. Pulat, M. Altubay, E. Erzi, Ç. Yüksel ve D. Dışpınar, "Alüminyum geri dönüşümünde verimlilik ve akışkanlığın incelenmesi," *15th International Materials Symposium (IMSP'2014)*, 2014, pp. 905-909.
- [11] Ç. Ediz, "Alüminyumun geri dönüşüm süreci ve süreçte kullanılan malzemelerin alüminyum bileşenlerine etkileri," *Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bilecik, Türkiye, 2011.
- [12] N. İzgi, "Alüminyumun geri dönüştürülmesi ve özelliklerinin geliştirilmesi," *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, Türkiye, Mayıs 2011.

- [13] J. Wang, Z. Li, G. Fan, H. Pan, Z. Chen and D. Zhang, "Reinforcement with graphene nanosheets in aluminum matrix composites," *Scripta Materialia*, vol. 66, no.8, pp. 594–597, January 2012.
- [14] M. Rashad, F. Pan, A. Tang and M. Asif, "Effect of graphene nanoplatelets addition on mechanical properties of pure aluminum using a semi-powder method," *Progress in Natural Science: Materials International*, vol. 24, no.2, pp. 101-108, April 2014.
- [15] X. Gao, H. Yue, E. Guo, H. Zhang, X. Lin, L. Yao and B. Wang, "Preparation and tensile properties of homogeneously dispersed graphene reinforced aluminum matrix composites," *Materials & Design*, vol. 94, pp. 54-60, January 2016.
- [16] S. Venkatesan and M. A. Xavier, "Mechanical behaviour of aluminium metal matrix composite reinforced with graphene particulate by stir casting method," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, vol. 10, no. 1, pp.55-59, January - March 2017.
- [17] M. Singla, D. D. Dwivedi, L. Singh and V. Chawla, "Development of aluminium based silicon carbide particulate metal matrix composite," *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, vol. 8, no. 6, pp. 455-467, 2009.
- [18] M. Kok, "Production and mechanical properties of Al₂O₃ particle reinforced 2024 aluminium alloy composites," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 161, no. 3, pp. 381-387, 2005.
- [19] U. Çöçen, K. Önel and İ. Özdemir, "Microstructures and age hardenability of Al-5%Si-0.2%Mg based composites reinforced with particulate SiC", *Composites Science and Technology*, vol. 57, no. 7 pp. 801-808, 1997.
- [20] İ. Özdemir, Ü. Çöçen and K. Önel, "The Effect of forging on the properties of particulate – SiC - reinforced aluminium - alloy composites", *Composites Science and Technology*, vol. 60, no.3, pp. 411-419, February 2000.

Genetik Algoritma Kullanılarak Ağırlıklandırılmış Myriad Filtrelerin Optimizasyonu[†]

Hasan Zorlu¹, Şeyda Sunca^{2*}

¹Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

²Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

*(seyda.sunca@gop.edu.tr)

Özet –Bu çalışmada ağırlıklandırılmış Myriad filtrelerin evrimsel algoritmalarından olan Genetik Algoritma ile optimizasyonu ele alınmış ve bu algoritmanın performansı farklı karakteristikteki α -bağımlı gürültü durumlar için test edilmiştir. Bununla birlikte Genetik algoritmanın başarımı türeve dayalı klasik bir algoritma ile karşılaştırılmıştır. Myriad filtre yapısı son yıllarda, dürtü gürültülü ortamlar (özellikle α -bağımlı gürültü) için güçlü bir doğrusal olmayan filtre yapısı olarak kullanılmaktadır. Bu filtre yapısı haberleşme, işaret ve görüntü işleme alanlarına başarıyla uygulanmıştır. α -bağımlı gürültü α 'nın $0 < \alpha \leq 2$ şeklindeki değişimine bağlıdır. Burada $\alpha=1$ durumunda oluşan gürültü Cauchy dağılımlı, $\alpha=2$ durumunda oluşan gürültü ise Gaussian dağılımlıdır. Evrimsel algoritmalar öğrenme, genelleme yapma, kolaylıkla farklı problemlere uygulanabilme ve gürültüye karşı toleranslarından dolayı farklı problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda, α -bağımlı gürültülü durumlar için Genetik algoritma kullanılarak düşük optimizasyon hatası ile Myriad filtre ağırlıklarının tespit edilebileceği gözlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde Genetik algoritmanın Myriad filtrelerin optimizasyonunda başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler –Ağırlıklandırılmış Myriad filtre, α -bağımlı gürültü, Genetik algoritma.

Optimization of Weighted Myriad Filters Using Genetic Algorithm

Abstract –In this study, Optimization of myriad filters by genetic algorithm from evolutionary algorithms are studied and this performance is tested for α -stable noise situations in different characteristics. Also performance of Genetic Algorithm is compared with a derivative based classical algorithm. Myriad filter structure has been used in recent years as a powerful nonlinear filter structure for impulsive noisy environments (especially α -stable noise). This filter structure has been successfully applied to the fields of communication, signal and image processing. The α -stable noise depends on the change of α in the form $0 < \alpha \leq 2$. In this case, the noise that occurs in case of $\alpha = 1$ is Cauchy and the noise that occurs in case of $\alpha = 2$ is Gaussian distributed. Evolutionary algorithms are frequently used to solve different problems due to learning, generalization, application of different problems easily and noise tolerance. As a result of the studies made, for the α -stable noise cases, it has been observed that Myriad filter weights can be detected with low optimization error by using Genetic algorithms. When evaluated generally, Genetic algorithm has been found to be successful in optimizing myriad filters.

Keywords –Weighted Myriad Filter, α -stable noise, Genetic Algorithm.

I. GİRİŞ

İstatistiksel işaret işleme probleminde en iyi çözümü elde etmek için genel yaklaşım, probleme ait belirli işaret ve gürültü modellerinin oluşturulması şeklindedir. Ancak bu yaklaşım kullanılarak elde edilen en iyi çözümde küçük sapmalar göz ardı edilmektedir. Klasik istatistiksel işaret işleme teorisinde istatistiksel karakteristiklerin modellenmesinde Gaussian modeller sıklıkla kullanılmaktadır. Gaussian model bazı gerçek dünya işlemleri için geçerli olmaktadır. Ancak gerçek hayatta birçok Gaussian olmayan durum meydana gelmektedir. Örneğin, fiziksel işlemlerin büyük bir kısmı doğada dürtü şeklinde olup Gaussian olmayan dağılımlarla daha kesin bir şekilde modellenilebilmektedir. Dürtü işaretleri ve gürültüleri, bir veri dizisi içerisinde, keskin, sivri veya arada sırada oluşan durumlar şeklinde karakterize edilmektedir. Dürtü işlemlerine örnek olarak, radyo hatlarında

meydana gelen atmosferik gürültü, okyanus akustik gürültüsü ve telefon kanallarında anahtarlama geçişleri esnasında oluşan gürültüler, verilebilir [1,2]. Sistemler, Gaussian olmayan gürültülü durumlarda Gaussian modellerle optimize edildiğinde performans düşmesi olmaktadır [2]. Örnek olarak, doğrusal bir filtre ile filtrelenen herhangi bir veri dizisi içinde aykırı değerlerin oluştuğu durumlarda, filtre performansı düşmektedir. Dürtü gürültüsü ile mücadele etmek için güçlü istatistik (robuststatistics) teorisine dayanan birçok teknik geliştirilmiştir [3,4].

Son yıllarda, dürtü gürültülü işlemlerin tam bir modeli olarak kabul edilen α -sabitli dağılıma dayalı işaret işleme çalışmaları önemli ölçüde artmaktadır [5]. α -sabitli gürültü α 'nın $0 < \alpha \leq 2$ şeklindeki değişimine bağlıdır. Burada $\alpha=1$ durumunda oluşan gürültü Cauchy dağılımlı, $\alpha=2$ durumunda oluşan gürültü ise Gaussian dağılımlıdır. α -bağımlı gürültü

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

$\Phi(\omega)=e^{-\gamma|\omega|^\alpha}$ şeklinde bir karakteristik fonksiyona sahiptir. Burada γ dispersiyon parametresi ve α karakteristik değişkendir. Myriad filtre yapısı, dürtü gürültülü ortamlar (özellikle α -sabitli gürültü) için güçlü bir doğrusal olmayan filtre yapısı olarak kullanılmaktadır [6]. Bu filtre yapısı haberleşme, işaret ve görüntü işleme alanlarına başarıyla uygulanmıştır [6-9]. Temel Myriad filtreden türetilmiş Ağırlıklandırılmış Myriad filtre Cauchy dağılımın maksimum olasılık bölgesi olarak tanımlanır. Ağırlıklandırılmış Myriad filtrenin sahip olduğu ağırlık değerlerinin optimizasyonu ideal bir filtrenin tasarlanmasında önemli bir sorundur. Bu nedenle, literatürde bu optimizasyon işlemi için klasik algoritmalar olarak adlandırılan en dik iniş metoduna dayanan türeve dayalı adaptif algoritmalar Kalluri ve Arce tarafından geliştirilmiştir [9]. Ayrıca esnek hesaplama yöntemlerinden olan Diferansiyel Gelişim Algoritması Zorlu tarafından Ağırlıklandırılmış Myriad filtrelerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır [10]. Evrimsel stratejilerden olan Genetik algoritma (GA) fikri J. Holland'a aittir [11]. Genetik algoritma, yönlendirilmiş rasgele araştırma algoritmalarının bir türüdür. Tabii seçme (seleksiyon) ile canlılarda bulunan genetik gelişimin benzetişimini gerçekleştirmektedir. Temel bir GA seleksiyon operatörü, çaprazlama operatörü ve mutasyon operatörünü ihtiva etmektedir. Paralel yapısından dolayı GA, geniş araştırma uzayını etkin bir şekilde araştırabilir ve operatörleri içerisinde geçiş kurallarını uygular. Bununla birlikte standart bir GA yerel araştırma yeteneklerinin yeterli olmaması ve erken yakınsama gibi dezavantajlara sahiptir.

Önerilen makalenin ana amacı, α -bağımlı gürültü çevrelerinde doğrusal olmayan Ağırlıklandırılmış Myriad filtrenin ağırlıklarını Genetik Algoritma ile tahmin etmektir. Ayrıca Genetik Algoritmanın performansı türeve dayalı klasik algoritma ile karşılaştırılmıştır. Farklı α -bağımlı gürültülü durumlarda Ağırlıklandırılmış Myriad filtre yapısı bu algoritmalar kullanılarak optimize edilmiştir. Simülasyon sonuçları, Genetik Algoritmanın Ağırlıklandırılmış Myriad filtrelerinin optimizasyonunda klasik algoritmadan daha iyi performans ürettiğini ve sinyallerdeki α -bağımlı gürültüyü etkili bir şekilde bastırıldığını göstermektedir.

II. AĞIRLIKLANDIRILMIŞ MYRIAD FİLTRE

Myriad filtre yapısı son yıllarda, α -sabitli gürültü ortamlar için güçlü bir doğrusal olmayan filtre yapısı olarak kullanılmaktadır [5-10]. Bu filtre yapısı haberleşme, işaret ve görüntü işleme alanlarına başarıyla uygulanmıştır. Myriad filtre yapısı;

$$y_k = \text{myriad}(K; s_1, s_2, \dots, s_N) = \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^N \log \left[K^2 + (s_i - \beta)^2 \right] \quad (1)$$

şeklinde bir amaç (cost) fonksiyonuna sahiptir. Oluşacak olan myriad değeri, fonksiyonu minimum yapan β değeridir. Burada N, filtre uzunluğu, s_i giriş verilerinden alınan örnek veri değerleri, K ise doğrusallık faktörüdür. Ağırlıklandırılmış Myriad filtre yapısı, myriad filtre yapısında yer alan giriş örneklerinin pozitif ağırlıklandırılması ile daha genel hale getirilmiş halidir. Ağırlıklandırılmış Myriad filtre yapısı;

$$y_k = \text{myriad}(K; w_1 \circ s_1, w_2 \circ s_2, \dots, w_N \circ s_N) = \arg \min_{\beta} \sum_{i=1}^N \log \left[K^2 + w_i (s_i - \beta)^2 \right] \quad (2)$$

şeklinde bir amaç fonksiyonuna sahiptir. Ağırlıklandırılmış Myriad filtre yapısı daha çok uyarlanabilir yapıda kullanılır [6-7]. Yani ağırlık değerlerinin bulunabilmesi

için öğrenme algoritmalarına ihtiyaç duyar. Bundan dolayı Kalluri and Arce [9] tarafından denklem 3'te görülen algoritma geliştirilmiştir.

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \mu \text{sgn}(e(n)) \left\{ \frac{(y - s_i)}{\left[1 + \frac{w_i}{K^2} (y - s_i)^2 \right]^2} \right\} (n) \quad (3)$$

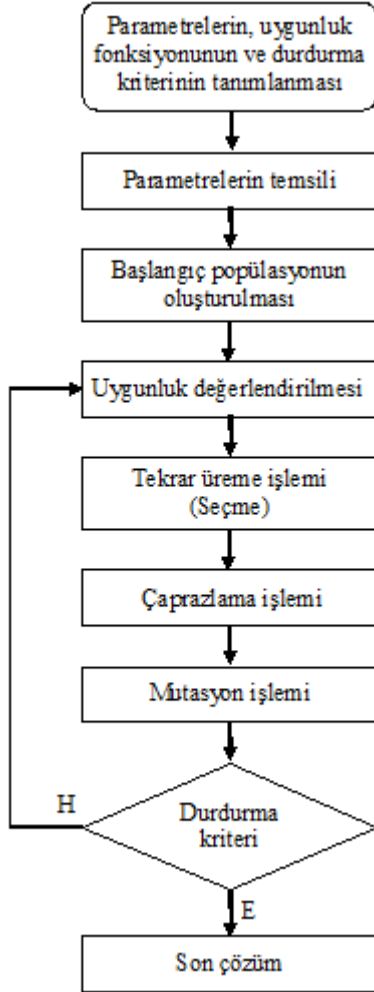
Bu algoritma en dik iniş metoduna dayanan türeve dayalı bir adaptif algoritmadır. Burada w filtre ağırlık değerleri, μ adım büyüklüğü, e istenen işaret ile filtre çıkışı arasındaki fark, s filtrenin giriş işareti, y filtre çıkış işareti ve K lineerlik faktörüdür. [6-9].

III. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma (GA), tabiattaki kromozomların eşleşmesi, mutasyonu ve iyi olanın hayatta kalması prensiplerinden esinlenerek Holland tarafından geliştirilmiştir. Birden fazla çözümün bir arada değerlendirildiği ve çözümler arasında bilgi alışverişinin yapıldığı evrimsel algoritmaların bir üyesidir [11]. Probabilistik karakterleri ve çoklu mümkün çözümleri arama gibi önemli özelliklere sahip olmaları ve amaç fonksiyonunun türevinin bilinmesine ihtiyaç duymamaları en önemli avantajlarındandır. Başlangıçta iyi bir yaklaşık çözüm için, herhangi bir bilgiye ihtiyaç duyulmaması da GA'nın diğer bir avantajıdır. Genetik algoritma yönlendirilmiş rasgele araştırma algoritmalarının bir türüdür. Tabii seçme ve canlılarda bulunan genetik gelişimin benzetimini gerçekleştirmektedir. Algoritma diğer evrimsel algoritmalar gibi araştırma uzayında bulunan çözümlerin bazılarının oluşturduğu bir başlangıç popülasyonunu kullanmaktadır. Başlangıç popülasyonu her jenerasyonda, tabii seçme ve tekrar üreme işlemleri vasıtası ile art arda geliştirilir. En son kuşağın en uygun yani en kaliteli bireyi, problem için optimal çözüm olmaktadır. Bu çözüm her zaman optimum olmayabilir ama kesinlikle optimuma yakın bir optimal çözümdür. Holland, basit bit dizileri kullanarak karmaşık yapıların kodlanabileceğini göstermiştir. Yapılar çözülecek problem için çözümleri temsil etmektedir. Bunlar muhtemel tüm çözümleri içine alan araştırma uzayından alınır ve bu dizilerin veya çözümlerin belirli bir miktarı genetik algoritmanın kullanacağı popülasyonu oluşturur. Daha sonra temel genetik operatörlerin belirli bir kümesi, art arda gelen kuşaklarda çözümleri geliştirmek amacıyla kullanılır. Bu işlem uygun şekilde kontrol edilirse çözüm popülasyonunun ortalama kalitesi çok hızlı olarak gelişme gösterir. Yani, çözülecek probleme çok iyi uyarlanmış yapıları içeren çözüm kümesinin ortaya çıkması sağlanır.

Genetik algoritmanın temel blok şeması Şekil 1'de verilmiştir. Başlangıçta parametrelerin, uygunluk fonksiyonunun ve durdurma kriterinin tanımlanması gerekir. Daha sonra, parametrelerin temsili, başlangıç popülasyonunun oluşturulması, uygunluk veya kalitenin değerlendirilmesi, tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik işlemlerin yapılması gerekir. Durdurma kriteri sağlanınca optimum çözüm bulunmuş olur. Başlangıç yoğunluğunun üretilmesini takiben, her çözümün uygunluğu veya iyiliği, seçilen bir uygunluk fonksiyonu kullanılarak değerlendirilir. Uygunluk fonksiyonu, eldeki veriler dikkate alınarak belirlendiği için, bunun seçimi probleme bağlıdır. Uygunluk ölçekleme işlemi, bazen daha iyiyi seçmek için elde edilen iyi çözümlerden daha iyi çözümlere kadar devam ettirilen bir işlemdir. Seçme,

çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörler, elde edilen iyi çözümlerden denenmiş yeni çözümler üretmek için kullanılırlar. Bu iyileştirme işlemi, daha önceden belirlenen bir jenerasyon sayısına veya tatmin edici bir sonuca ulaşıncaya kadar devam ettirilir.

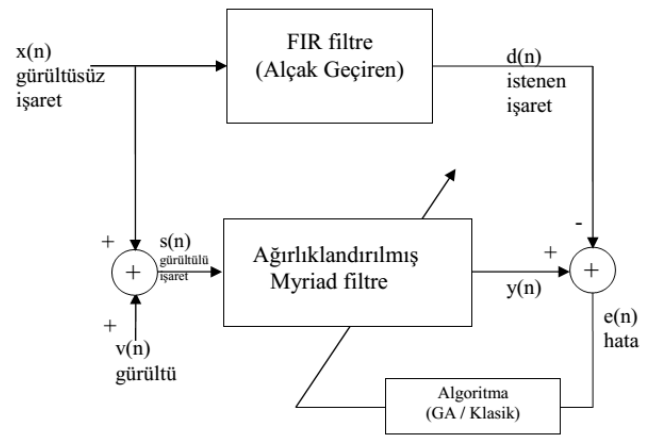


Şekil 1. Genetik Algoritmanın temel blok şeması

Çaprazlama operatörü, var olan iki çözümün uzantılarının belirli bir noktadan itibaren yer değiştirmesi ile denenmiş yeni iki çözüm üretir. Mutasyon operatörü ise, var olan bir çözümün herhangi bir bitinin terslendirilmesi ile yeni bir çözüm üretir [12].

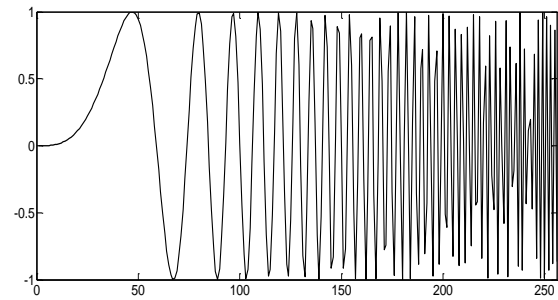
IV. BENZETİM ÇALIŞMALARARI

Bu çalışmada, AğırlıklandırılmışMyriad filtre yapısı farklı α -bağımlı gürültülü durumlarda Genetik Algoritma (GA) ve denklem 3'te verilen klasik algoritma kullanılarak uyarlanırlar olarak optimize edilmiş ve filtre ağırlık değerleri tespit edilmiştir. Bu amaçla, AğırlıklandırılmışMyriad filtrelerin optimizasyonu için kullanılan blok şema Şekil 2'de verilmektedir. Bu şekilde göre, $x(n)$ gürültüsüz giriş işaretini, $v(n)$ α -bağımlı gürültü işaretini, $s(n)$; $v(n)$ ile $x(n)$ 'in toplanması ile elde edilen gürültülü işaretini, $d(n)$; $x(n)$ işaretinin alçak geçiren sonlu impuls cevaplı (FIR) filtreden geçirilerek elde edilen istenilen işareti, $y(n)$ AğırlıklandırılmışMyriad filtre çıkışında oluşan işareti, $e(n)$ ise $y(n)$ ile $d(n)$ arasında oluşan hata değerini temsil etmektedir.

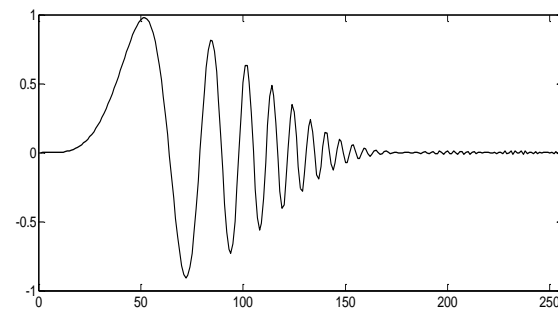


Şekil 2. AğırlıklandırılmışMyriad filtre optimizasyonu

Yapılan benzetim çalışmalarında Şekil 2'de verilen optimizasyon işlemlerinde, AğırlıklandırılmışMyriad filtre çıkışı ile istenilen çıkış arasındaki hata (MSE-MeanSquareError - ortalama en küçük karesel hata) minimize edilinceye kadar GA tarafından optimize edilmiştir. Optimizasyonlarda kullanılan giriş işareti $x(n)=\sin[\theta(n)]$, $n=0,1,\dots,L-1$ şeklinde $\theta(n)=(\pi/3) \cdot [L/(L-1)] \cdot [n/L-1]^2$ radyan frekansına sahip chirp tipinde bir işaret olup Şekil 3'te verilmektedir. İstenilen işaret, $d(n)$; $x(n)$ işaretinin kesim frekansı $\theta_c = \pi/50$ ve $N=11$ pencere uzunluğuna sahip alçak geçiren FIR filtreden geçirilmesi ile edilir ve Şekil 4 'te verilmektedir. $x(n)$ ve $d(n)$ işaretlerinin veri uzunlukları $L=256$ olarak seçilmiştir.



Şekil 3. $x(n)$ gürültüsüz giriş işareti



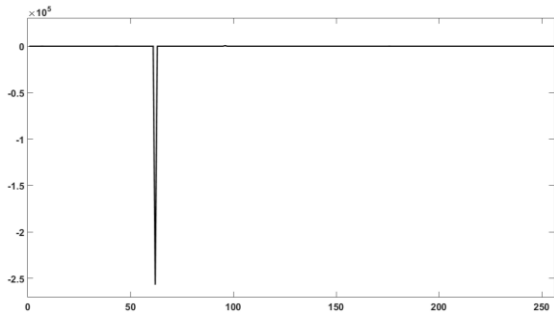
Şekil 4. $d(n)$ istenilen işaret

Benzetim çalışmalarında $x(n)$ işaretine eklenen gürültü işareti olarak, $\alpha=0.5, 1.0$ ve 1.4 ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip farklı α -sabitli gürültüler kullanılmıştır. Optimizasyon işlemlerinde Myriad filtre yapısı GA ve klasik algoritma ile bu gürültülerin eklendiği gürültü işaretleri ile eğitim işlemine tabi tutulmuş ve Myriad filtre ağırlık değerleri (w) elde edilmiştir. Algoritmaların başarımlarının karşılaştırılması için Myriad filtre yapısı eğitim işleminden farklı gürültülü işaretler ile test işlemine tabi tutulmuştur. Eğitim işlemleri sonucunda

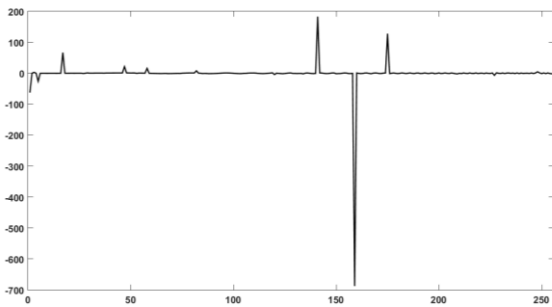
elde edilen Myriad filtre ağırlık değerleri (w), eğitim ve test işlemleri neticesinde tespit edilen istenilen çıkış işaretleri $[d(n)]$ ile Myriad filtre çıkışında oluşan işaret $[y(n)]$ arasındaki MSE değerleri Tablo 1, 2 ve 3’de görülebilmektedir. Bununla birlikte eğitim ve test işlemlerinde kullanılan gürültülü giriş işaretleri $[s(n)]$ ile GA ve klasik algoritma kullanılarak optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan işaretler $[y(n)]$ Şekil 5, 6 ve 7’de verilmektedir.

Tablo 1. $\alpha=0.5$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için eğitim ve test işlemlerinde elde edilen hata (MSE) ve Myriad filtre ağırlık değerleri

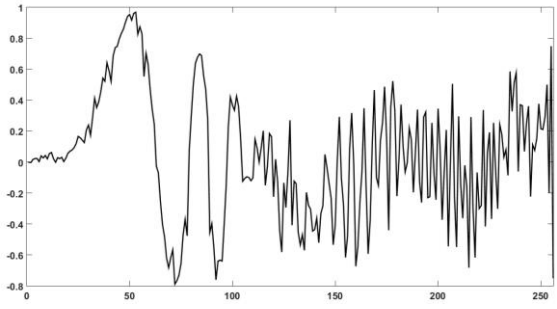
Algoritma	Myriad filtre ağırlık değerleri	Eğitim hata değeri (MSE)	Test hata değeri (MSE)
Klasik	$w_1= 1.8126$; $w_2= 0.7862$; $w_3= 0.8164$; $w_4= 0.9328$; $w_5= 0.4945$; $w_6= 0.5298$; $w_7= 5.9862$; $w_8= 0.6613$; $w_9= 0.3057$; $w_{10}= 1.2372$; $w_{11}= 0.6126$	0.0638	0.0783
GA	$w_1= 0.1355$; $w_2= 0.1757$; $w_3= 0.3325$; $w_4= 0.5407$; $w_5= 0.8522$; $w_6= 0.8942$; $w_7= 0.8015$; $w_8= 0.5430$; $w_9= 0.3314$; $w_{10}= 0.1854$; $w_{11}= 0.1050$	0.0104	0.0242



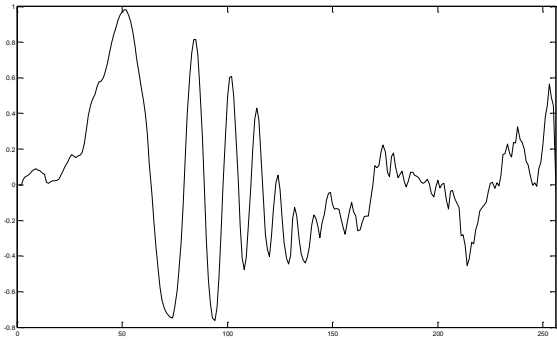
Şekil 5.(a). Eğitim işleminde kullanılan $\alpha=0.5$ ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip $s(n)$ gürültülü giriş işareti



Şekil 5(b). test işleminde kullanılan $\alpha=0.5$ ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip $s(n)$ gürültülü giriş işareti



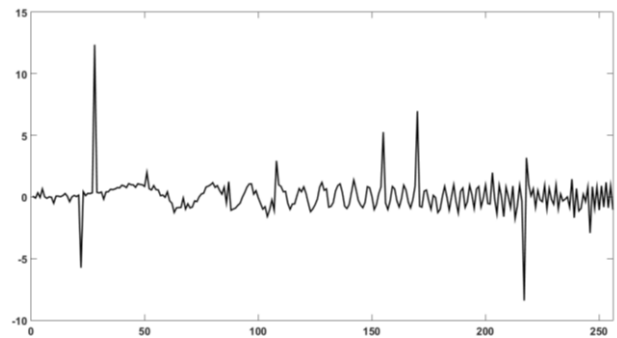
Şekil 5(c). $\alpha=0.5$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için test işlemi sonucunda, klasik algoritma ile optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan $y(n)$ işareti



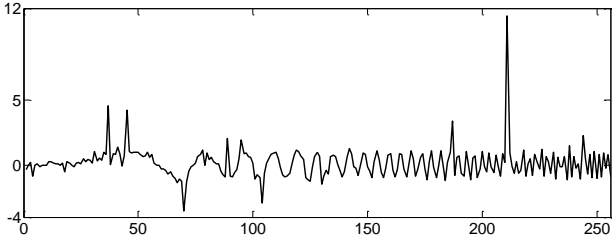
Şekil 5(d). $\alpha=0.5$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için test işlemi sonucunda, GA ile optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan $y(n)$ işareti

Tablo 2. $\alpha=1.0$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için eğitim ve test işlemlerinde elde edilen hata (MSE) ve Myriad filtre ağırlık değerleri

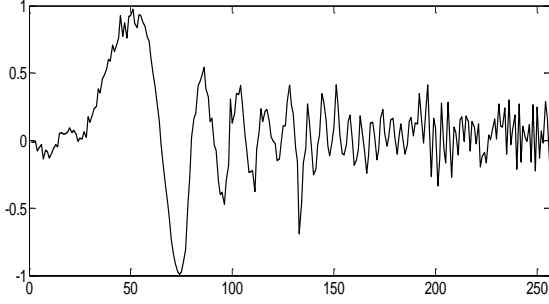
Algoritma	Myriad filtre ağırlık değerleri	Eğitim hata değeri (MSE)	Test hata değeri (MSE)
Klasik	$w_1= 0.9813$; $w_2= 0.5779$; $w_3= 0.7539$; $w_4= 0.3825$; $w_5= 0.7033$; $w_6= 0.4483$; $w_7= 0.4224$; $w_8= 0.8826$; $w_9= 0.1900$; $w_{10}= 0.2028$; $w_{11}= 0.1993$	0.0609	0.0440
GA	$w_1= 0.0658$; $w_2= 0.0923$; $w_3= 0.1864$; $w_4= 0.3421$; $w_5= 0.4964$; $w_6= 0.6339$; $w_7= 0.5915$; $w_8= 0.4647$; $w_9= 0.3167$; $w_{10}= 0.1899$; $w_{11}= 0.1571$	0.0209	0.0131



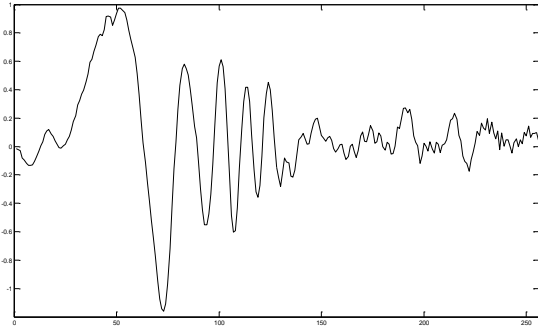
Şekil 6(a). Eğitim işleminde kullanılan $\alpha=1.0$ ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip $s(n)$ gürültülü giriş işareti



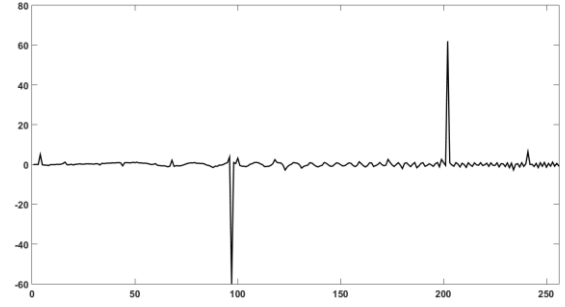
Şekil 6(b). Test işleminde kullanılan $\alpha=1.0$ ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip $s(n)$ gürültülü giriş işareti



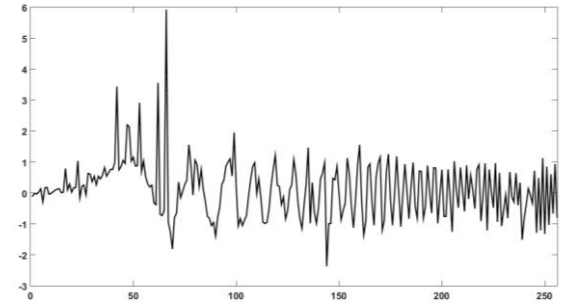
Şekil 6(c). $\alpha=1.0$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için test işlemi sonucunda, klasik algoritma ile optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan $y(n)$ işareti



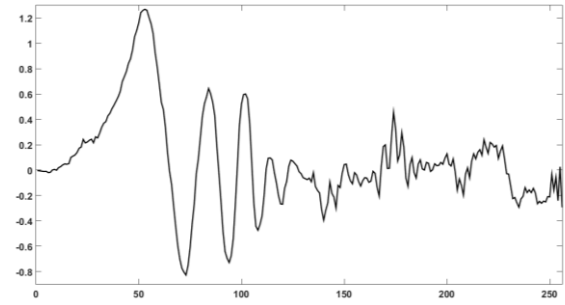
Şekil 6(d). $\alpha=1.0$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için test işlemi sonucunda, GA ile optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan $y(n)$ işareti



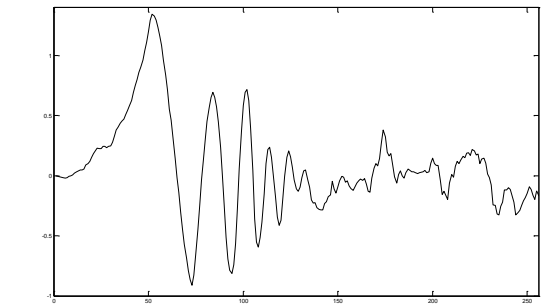
Şekil 7(a). Eğitim işleminde kullanılan $\alpha=1.4$ ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip $s(n)$ gürültülü giriş işareti



Şekil 7(b). Test işleminde kullanılan $\alpha=1.4$ ve $\gamma=0.1$ parametrelerine sahip $s(n)$ gürültülü giriş işareti



Şekil 7(c). $\alpha=1.4$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için test işlemi sonucunda, klasik algoritma ile optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan $y(n)$ işareti



Şekil 7(d). $\alpha=1.4$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için test işlemi sonucunda, GA ile optimize edilen Myriad filtre çıkışında oluşan $y(n)$ işareti

Tablo3. $\alpha=1.4$ ve $\gamma=0.1$ değerine sahip gürültülü $s(n)$ işareti için eğitim ve test işlemlerinde elde edilen hata (MSE) ve Myriad filtre ağırlık değerleri

Algoritma	Myriad filtre ağırlık değerleri	Eğitim hata değeri (MSE)	Test hata değeri (MSE)
Klasik [9]	$w_1=0.2886$; $w_2=0.415$; $w_3=0.5227$; $w_4=0.6397$; $w_5=0.9361$; $w_6=0.8760$; $w_7=0.9562$; $w_8=0.6250$; $w_9=0.4537$; $w_{10}=0.3902$; $w_{11}=0.2818$ [9]	0.0187 [9]	0.0240
GA	$w_1=0.1415$; $w_2=0.2121$; $w_3=0.3341$; $w_4=0.5503$; $w_5=0.7602$; $w_6=0.8725$; $w_7=0.8094$; $w_8=0.6025$; $w_9=0.3396$; $w_{10}=0.1969$; $w_{11}=0.1087$	0.0155	0.0207

V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, doğrusal olmayan filtre yapılarından olan Myriad filtre yapısına ait ağırlıklar Genetik algoritma kullanılarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte Genetik algoritmanın başarımı literatürde yer alan türe dayalı klasik bir algoritma ile karşılaştırılmış ve performansı farklı karakteristikteki α -bağımlı gürültü durumları için test

edilmiştir. Yapılan optimizasyon çalışmalarında, α -bağımlı gürültülü durumlarda GA'nın klasik algoritmadan daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte GA ile optimize edilen Myriad filtrenin giriş işaretine eklenen α -bağımlı gürültüyü klasik algoritma ile optimize edilen Myriad filtreden daha iyi bastırdığı gözlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde Genetik algoritmanın Myriad filtrelerin optimizasyonunda başarılı oldukları tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] M. P. Shindeve S. N Gupta., "Signal detection in the presence of atmospheric noise in tropics," IEEE Trans. Commun., vol. 22, pp. 1055–1063, 1974.
- [2] P. J. Huber, *Robust Statistics*. New York: Wiley, 1981.
- [3] F. R. Hampel, E. M. Ronchetti, P. J. Rousseeuw, ve W. A. Stahel, *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*. New York: Wiley, 1986.
- [4] C. L. Nikias ve M. Shao, *Signal Processing with Alpha-Stable Distributions and Applications*. New York: Wiley, 1995.
- [5] G. Samorodnitsky ve M. S. Taqqu, *Stable Non-Gaussian Random Processes*. New York: Chapman & Hall, 1994.
- [6] S. Kalluri, "Nonlinear Adaptive Algorithms for Robust Signal Processing and Communications in Impulsive Environments", Doktora Tezi, University of Delaware, 1998.
- [7] J. G. Gonzalez, D. W. Griffith, G. R. Arce, "Matched Myriad Filtering for Robust Communications", In Proc. Of The 1998 Conf. on Information Science and Systems, Princeton University, 1998.
- [8] S. Kalluri, G. R. Arce, "A General Class of Nonlinear Adaptive Filtering Algorithms", IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 47, pp. 2262-2272, 1999.
- [9] S. Kalluri, G. R. Arce, "Adaptive Weighted Myriad Filter Algorithms for Robust Signal Processing in α -Stable Noise Environments", IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 46, pp. 322-334, 1998.
- [10] H. Zorlu, "Optimization of weighted myriad filters with differential evolution algorithm" Int. J. Electron. Commun. (AEÜ) vol. 77, pp. 1-9, 2017.
- [11] J. H. Holland, *Adaption in Natural and Artificial Systems*, MAMIT Press, Cambridge, 1975.
- [12] A. Kaplan, *Nümerik Tabu Arama Algoritması*, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2001

Ekolojik Malzemeler Kullanarak Üretilen Isı Yalıtım Levhalarının Özelliklerinin İncelenmesi[†]

Mesut Kurnaz^{1*}, Başak Mesci Oktay²

¹Malzeme Bilimi ve Mühendisliği/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Türkiye

²Malzeme Bilimi ve Mühendisliği/Mühendislik fakültesi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Türkiye

*(mesutkurnazz@gmail.com)

Özet– Günümüzde binalardaki enerji tasarrufunun en önemli bölümü ısı enerjisi tasarrufu oluşturmaktadır. Yapılarda ısı yalıtımı ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmekte ve çatılarda da yapının sağlığını korumak amacıyla yalıtım işlemleri uygulanmaktadır. Yalıtım binanın ilk yalıtım maliyetini arttırmasıyla birlikte, işletme tasarrufu göz önüne alındığında birey ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Ülkemizde önemli miktarlarda tarım ürünü üretilmekte ve bunların milyon ton bazında atıkları oluşmaktadır. Bu çalışma ile fındık kabuğu, tekstil atıkları, ayçekirdeği kabukları ve ağaç lifleri gibi atık olan ürünleri değerlendirerek standartlara da uygun olan yalıtım malzemesi üretilmektedir.

Anahtar Kelimeler – Ekolojik malzeme, ısı yalıtımı, geri dönüşüm.

Investigation of the Properties of Heat Insulation Plates Produced by Using Ecological Materials

Abstract- Today, the most important part of the energy saving in the buildings is the heat energy saving. Thermal insulation on buildings can only be achieved by properly applied thermal insulation and insulation works are applied to protect the health of the structure even when it is broken. Insulation contributes to the individual and the country's economy when it comes to operating savings, with the initial insulation cost increasing. Agricultural products are produced in significant quantities in our country and their waste amounts to some million tonnes. This study will evaluate the waste products such as hazelnut shells, textile wastes, sunflower husks and wood fibers and produce insulation material which is suitable to the standards.

Keywords – Ecological material, heat insulation, recycling.

I. GİRİŞ

Günümüzde binalardaki enerji tasarrufunun en önemli bölümünü ısı enerjisi tasarrufu oluşturmaktadır. Yapılarda ısı yalıtımı ancak doğru uygulanmış bir ısı yalıtımı ile sağlanabilmekte ve çatılarda da yapının sağlığını korumak amacıyla yalıtım işlemleri uygulanmaktadır [1,2].

Isı yalıtım malzemelerinin seçiminde, malzemelerin uygulanabilme kolaylığı ile birlikte maliyet önemli bir faktördür. Yalıtım binanın ilk yatırım maliyetini arttırmasıyla birlikte, işletme tasarrufu göz önüne alındığında birey ve ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Önemli olan bina için uygun yalıtım malzemesi ve optimum yalıtım kalınlığını belirlemektir [3].

Ülkemizde her yıl yaklaşık 180 bin ton ay çekirdeği tüketiliyor. Her yıl yaklaşık 250 bin tonun üzerinde sert kabuk ve 500 bin tonun üzerinde 'çotanak' denilen, yumuşak kabuk atığının ortaya çıkmaktadır.

Ülkemiz yılda 350-600 bin tonluk üretimiyle dünya fındık üretiminin %65-70'ini sağlamaktadır. Bu miktarın büyük kısmı kabuksuz olarak satılmakta ve kabuk kısmı genellikle yakacak olarak kullanmakta, çok önemsiz bir kısmının da pudra haline getirilerek çikolata gibi bazı gıda maddelerinde gıda katkısı olarak kullanıldığı bilinmektedir [4].

Tekstil atıkları, tekstil fabrikalarında üretim sürecinde ortaya çıkan veya tüketicilerin tüketim sonrası çıkan atıklardır. Bu bağlamda, tekstil atıkları, tüketim öncesi ya da tüketim sonrası olarak sınıflandırılır. Tüketim öncesi atıkları, otomotiv, havacılık, ev bina, mobilya, yatak, kaba iplik, ev eşyaları, kâğıt, giyim ve diğer sanayiler için yeniden üretilen tekstil, elyaf ve pamuk sanayi yan ürünü malzemelerden oluşmaktadır. Tüketim sonrası atıklar, tüketicinin artık ihtiyacı duymadığı ve atmaya karar verdiği, herhangi bir giysi ya da tekstil materyallerinden yapılan ev eşyaları olarak tanımlanır. Bu materyaller ya çok eskidikleri ve yıprandıkları için ya da modası geçtiği için atılırlar [5].

2010 yılı TÜİK verilerine göre, belediyelerin 52 tane düzenli depolama tesisi, 2 tane yakma tesisi, 5 tane kompost tesisi bulunmakta olup, bu bertaraf ve geri dönüşüm tesislerine getirilen toplam atık miktarı 14.632.790 tondur ve bu atıkların 10.000 tonunu tekstil atıkları oluşturmaktadır.

Tekstil atıkları üç ana grup altında toplanabilir. Birincisi suni iplik fabrikalarından çıkan atıklar, ikincisi tekstil imalatı atıkları, üçüncüsü ise tüketicilerin tekstil atıklarıdır [6]. Tekstil atıkları, farklı uygulama imkânlarına sahip bina inşalarında, yeniden kullanılabilir malzeme gruplarını birleştirir. Bu tekstil atıkları, tekstil sektörü kökenli olabilir ya da artık kullanılmayan giysilerden kaynaklanabilir [7]. Polyester iplik

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

fabrikaları başta olmak üzere fabrika atıkları, işlenerek tekrar iplik ve elyaf haline, atık kumaşlar ise yeniden elyaf haline getirilebilmektedir. Kâğıt yapımı, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi, yeni iplik üretiminde de tekstil atıkları kullanılabilir. Parça kumaş büyük oranda geri kazanılırken iplik fabrikası atıkları yakılmakta veya çöpe atılmaktadır.

Bu çalışma ile fındıkkağıdı, ay çekirdeği kabuğu, çam kozalağı, tekstil fabrikalarının atık olan ürünleri değerlendirilerek standartlara da uygun olan yalıtım malzemesi üretilmektedir.

Bu yalıtım malzemesi ile ısı ve ses yalıtım olarak en çok kullanılarak ve ithal olan emsallerine göre yüzde yüz yerli ve ekonomik değeri olmayan atık ürünlerde elde edilecektir. Bu çalışma ile ayçiçeği sapı, tekstil fabrikalarının atık olan ürünleri değerlendirilerek standartlara da uygun olan yalıtım malzemesi üretilmektedir. Bu yalıtım malzemesi; Isı ve ses yalıtım olarak en çok kullanılarak ve ithal olan emsallerine göre yüzde yüz yerli ve ekonomik değeri olmayan atık ürünlerde elde edilecektir.

II. MATERYAL VE METOT

Fındıkkağıdı, ay çekirdeği kabuğu ve çam kozalağı gibi organik atık olan ürünler, tekstil atıkları ve bağlayıcı olarak ta epoksi reçine kullanılacaktır. Karışım oranları tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Karışım Oranları

Bileşenler (gr)		Epoksi reçine
Fındık kabuğu	300	150
Ayçekirdeği kabuğu	300	150
Çam kozalağı	300	150
Tekstil atıkları	150	150

Ekolojik malzemelerle bağlayıcı olarak kullanılması planlanan epoksi reçine karıştırılarak kalıba alınacak ve oluşturulan karışım üniversal test cihazı yardımıyla preslenerek 15x15 cm lik levha haline getirilecektir. (Tablo2)

Üretilen levhanın termokupl yöntemiyle ısı katsayısı tayin edilerek bulunan ısı katsayısının, standartlara uygunluğu kontrol edilecektir. Expanded polistren (eps), Extrude polistren (xps) gibi kullanılmakta olan ısı yalıtım levhalarının özellikleriyle karşılaştırılacaktır.



Şekil 1. Karışım işlemi ve presleme

A. Isı Katsayısının Belirlenmesi

Isı transferinin fiziki mekanizması genellikle oldukça karmaşık olmakla beraber, literatürde üç tür ısı transferi mekanizması tanımlanır. Bunlar;

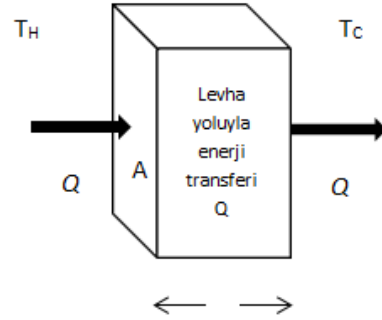
- Isı iletimi
- Isı taşınımı
- Isı ışınımıdır

Isı iletimi; bir katı malzeme veya durgun akışkan içerisindeki sıcak bir bölgeden daha soğuk bir bölgeye doğru ısının geçmesidir. Bir katı cisim içinde sıcaklık farkları varsa yüksek sıcaklık bölgesinden düşük sıcaklık bölgesine ısı, iletim yolu ile geçer. İletimle ısı geçişi deneysel gözlemlere dayanan Fourier kanunu ile belirlenmektedir.

Fourier kanununa göre herhangi bir yönde (örneğin x yönünde) geçen ısı miktarı, x yönündeki sıcaklık gradyanı (sıcaklık değişim miktarı) dT/dx ve ısı geçiş yönüne dik alan A ile orantılıdır. Fourier kanununun matematiksel ifadesi Eşitlik (1) gibidir.

$$Q_x = -kA \quad (1)$$

Burada; Q_x , x yönünde ve bu x yönüne dik A alanı üzerinden geçen ısı miktarıdır. Orantı sabiti k, ısı iletim katsayısı olarak adlandırılır ve maddenin bir özelliğidir [8, 9-10].

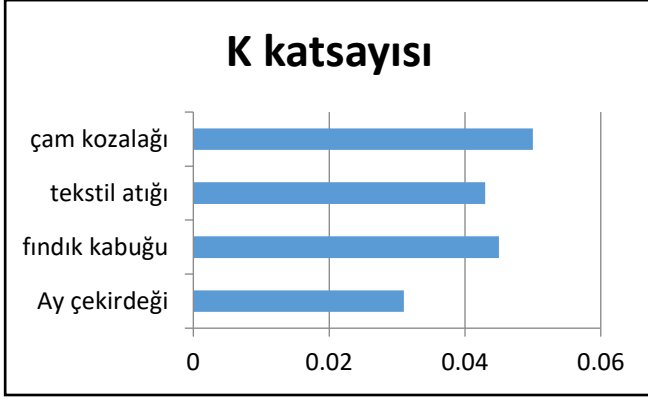


Şekil 2. Levha yoluyla enerji transferi

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Türkiye’de harcanan enerjinin yaklaşık % 40’ı konutlarda tüketilmektedir. Bu enerjinin %80’i de ısınma amaçlıdır. Türkiye’de tüketilen enerjinin %65’inden fazlası ithal edilmektedir [10]. Bu yüzden üretilen malzemeler yapılar da önemli oranda ısı tasarrufuna katkı sağlayacaktır. Üretilmesi planlanan ısı yalıtım levhaları ısı yalıtımı olarak kullanılan ve ithal olan emsalleri Expanded polistren (eps), Extrude polistren (xps) ye göre, ekonomik değeri az veya olmayan atık ürünlerden elde edilecektir.

Numuneler ısı testlerinden geçirildikten sonra TSE standartlarına uygun olan 0,065 k ısı yalıtım katsayısının altında değerlere ulaşılmıştır (Şekil 3). Böylece yapılması planlanan ekolojik levhaların ısı yalıtım levhası olarak kullanılabilmesi bulunmuştur.



Şekil 3 Üretilen levhaların ısı iletim katsayıları

IV. SONUÇLAR

Elde edilen plakaların ısı katsayıları ölçülmüş Expanded polistren (eps), Extrude polistren (xps) ye göre ısı yalıtımının kötü olduğu fakat standartların altında olduğundan yalıtım malzemesi olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

REFERANSLAR

- [1] Sezer, F. S., “Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Isı Yalıtım Sistemleri”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 10 (2), 79-85, 2005.
- [2] Demir İ., Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 15 -16 Nisan 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Tınaztepe yerleşkesi Buca.
- [3] Çomaklı K., Yüksel B., “Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving”, 23, 473-479, 2003
- [4] Yıldırım A (2007) Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [5] Katkar, P., M., Bairgadar, S.M., 2012. Textile Waste Recycling. Erişim Tarihi:30.04.2012.
<http://www.fibre2fashion.com/industryarticle/28/2726/textile-waste-recycling1.asp>
- [6] Kozak, M. (2010). *Tekstil Atıkların Yapı Malzemesi Olarak Kullanım Alanlarının Araştırılması*. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6, 65-68.
- [7] Briga-Sa, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., [7] Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A., 2012.
- [8] Briga-Sa, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H., Paiva, A., (2012). Textile Waste as an Alternative Thermal Insulation Building Material Solution. *Construction and Building Materials*, 38, 156.
- [9] Isı İletim, 2013. Isı İletim Katsayısının Belirlenmesi Deneyi. Erişim Tarihi: 16.03.2013.
<http://www.belgeler.com/blg/31n7/isi-iletimkatsayisinin-belirlenmesi>
- [10] Tanrıverdi E., Isı yalıtım ve tasarrufu, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 427,109-115,2004.

Fosfojips ve Perlit Katkılı Sıvaların Su Emme Miktarlarının 2⁴ Deneysel Tasarım Yöntemiyle Belirlenmesi[†]

Başak Mesci Oktay¹, Elif Odabaş², Mesut Kurnaz^{2*}

¹ Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü/ Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

² Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye
*(mesutkurnaz@gmail.com)

Özet – Bu çalışmada sıva içerisine gübre fabrikası atığı olan fosfojips ve doğal bir mineral olan perlit katılarak oluşturulan malzemenin su emme kapasitesi incelenmiştir. Farklı oranlarda fosfojips ve perlit sıva içerisine katkı maddesi olarak eklenmiştir. 2⁴ tam faktöriyel tasarım kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. ANOVA analizi yapılarak hangi faktörlerin etkili olduğu araştırılmıştır. Bu faktörlerin oluşturulan katkılı sıvanın su geçirgenliği üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığı incelenmiş ve optimum değerler tespit edilmiştir. Aynı zamanda Pareto çizelgesi de oluşturularak ana ve ikili etkileşimlerinin hesaplanan Pareto değerine göre anlamlılığı test edilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda optimum katkı miktarları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Sıva, perlit, fosfojips, deneysel tasarım

Determination of the Water Absorption Quantities of Plaster Containing Phosphogypsum and Perlite Using 24 Full Factorial Design

Abstract – In this study, the water absorption capacity of the material formed by adding phosphorus phosphogypsum and natural mineral perlite into the plaster was investigated. Phosphogyps and perlite were added as additives in the plaster at different ratios. Optimized using 24 full factorial design. ANOVA analysis was conducted to determine which factors were effective. The effect of these factors on the water permeability of the added plaster was investigated and optimum values were determined. At the same time, a Pareto chart was created and tested for significance according to the calculated Pareto value of the main and binary interactions. As a result of the experimental studies, optimum additive amounts have been determined.

Keywords – Plaster, perlite, phosphogypsum, experimental design

I. GİRİŞ

Sıvalar, uygulandıkları yapı elemanlarının yüzeylerini örtmeleri ve düzgün göstermelerinin yanı sıra, yapının tümünü atmosfer koşullarından, çevre faktörlerinden ortaya çıkan olumsuz etkileri olabildiğince ortadan kaldırmak ve bina elemanlarını etkileyen olumsuz faktörlerden korumak amacıyla yapının iç ve dış yüzeylerine uygulanan koruyucu bir tabakadır. Sıvalar, geçirimsiz olmalı, gözeneksiz olmalı, yüzey nefes alabilmeli ve buhar geçirgenliği yüksek olmalı, duvarı, iç, dış ve kendi yapısındaki fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilerden korumalıdır [1,2].

Dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak, hayati önem taşıyan beslenme sorunu ortaya çıkmış, ekilebilir tarım alanlarının sınırlı olusundan dolayı, gittikçe artan dünya nüfusunun beslenmesi için bu alanlardan daha fazla ürün elde etme yoluna gidilmiştir. Bu nedenle tarımın modernleşmesi gerekmiştir. Modern tarımda kimyasal gübrelerin, özellikle fosfatlı gübrelerin önemi çok büyüktür. Bundan dolayı canlıların gelişmesinde etkin bir besin maddesi olan fosfata, dünyadaki açlığın ortadan kaldırılmasında önemli stratejik bir hammadde olarak bakılmaktadır. Bu amaca yönelik yapılan araştırmalar sonucu dünyada elverişli fosfat yatakları bulunmuş ve geliştirilmiştir. Nüfus artışına bağlı olarak gıda

temini gerektiğinden gelecekte fosfatlı gübrelere olan ihtiyaç daha da artacaktır [3]. Fosfat kayasının değerlendirilmesi ve fosforik asit üretimi sonrası fosfojips atık ürün olarak ortaya çıkmakta olup; örneğin Samsun TÜGSAŞ Gübre fabrikasında günde 3150 ton, Bandırma Bağfaş Gübre fabrikasında 3500 ton gibi büyük miktarlarda ele geçmekte ve önemli depolama problemleri yanında çevre kirliliğine de sebep olmaktadır [4,5].

Perlit ısıyla genleşme özelliği olan, genleştirildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayadır. Perlitte en önemli özellik, hidrasyona uğramış camsı silika yapısındaki %2-5 arasında bileşik halinde içerdiği sudur ve bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır [6]. Perlit genleştirilmiş olarak kullanıldığı gibi ham olarak da geniş kullanım alanlarına sahiptir. Ham perlit kimyasal bileşimi itibarıyla silisli ve alüminyumlu bileşikler içerdiğinden kalsiyum esaslı bağlayıcılar ile kimyasal tepkimeye girerek hidrolik aktivite gösterir. Bu özelliği nedeniyle yapı sektöründe geniş çapta kullanılmaktadır [7].

Bu çalışmada; günümüzde en büyük sorunlardan biri olan çevre sorununun çözümüne katkıda bulunabilmek için sanayi atığı olan fosfojips ve ülke ekonomimizin en güçlü sektörü olan inşaat sektöründe kullanım alanı bulması ülke çıkarları

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

açısından büyük yararlar sağlayabileceği düşünülen perlitin siva üretiminde kullanılmasını araştırılmıştır. 2⁴ tam faktöriyel deneysel tasarım ile optimizasyon yapılmıştır.

II. MATERYAL VE METOD

A. Materyal

Bu çalışmada TS EN 197-1'e uygun olan CEM I 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. CEM I 42,5 R Tip Çimentonun, yaklaşık % 63,81'i CaO'den, % 18,54'i SiO₂'den, % 5,25'i Al₂O₃'den, % 2,74'ü Fe₂O₃'den, % 3,43'ü SO₃'den oluşmaktadır. Agregası olarak TS EN 197-1'e uygun yıkanmış elenmiş doğal kum tercih edilmiştir. Endüstriyel atık olarak Gübre Fabrikası atığı kullanılmıştır. Endüstriyel atık örneklerinin yaklaşık % 41,25'i SO₃, % 31,48'i CaO'den, % 31,245'i Al₂O₃'den oluşmaktadır. Minerolojik katkı olarak İç Anadolu Bölgesi'nin zengin perlit yataklarından biri olan Çankırı yöresinde üretilmiş olan genişletilmiş perlit kullanılmıştır. Genleştirilmiş perlitin kimyasal içeriği yaklaşık olarak, % 71,8 SiO₂, % 12,9 Al₂O₃, % 4,30 K₂O, % 3,17 Na₂O şeklindedir.

B. Yöntem

B.1. Numunelerin Hazırlanması

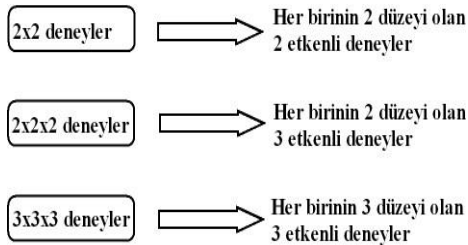
Üretilen malzemenin, binaların dış cephelerinde siva malzemesi olarak kullanımı amaçlanmıştır. Siva numuneleri TS 1481 Dış Siva Yapım Kurallarına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler, 40x40x160 mm'lik boyutlarda üretilmiştir [8].

B.2. Su Emme (absorbsiyon) Deneyleri

Su emme deneyleri 4x4x16 cm'lik prizmatik numuneler 7 gün standartta belirtilen kür havuzunda bekletildikten sonra ağırlıkları sabitleninceye kadar etüvde kurutulmuştur. Ardından örnekler tamamen su içerisine gömülecek şekilde su içerisinde bekletilmiş ve zamana bağlı (0,10, 60, 100, 1440 dk.) aralıklarla ağırlık değişimleri ölçülmüştür.

B.3. Tam Faktöriyel Deneysel Tasarım

Bir deneyin uygulanması, her bir faktörün test edilecek belirli bir düzeye sahip olduğu bir tasarlanmış deney kümesidir. Tam faktöriyel deneyler iyileştirme sürecinin eniyileme ve modelleme adımında yer alırlar. Şekil 1'de çeşitli tam faktöriyel tasarımlar görülmektedir [9,10].



Eniyileme tasarımları, etkenlerin değişik düzeylerinde denendiği ve gerekli tüm etkileşimlerin sonucuna göre yapılan çalışmalardır. Benzer şekilde, modelleme tasarımları ise deneysel sistemi en iyi temsil eden regresyon denkleminin bulunmasına dayanmaktadır. Regresyon denkleminin genel ifadesi aşağıdaki eşitlikte verilmektedir.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \left(\sum_{i=1}^n \beta_i x_i \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} x_i x_j \right) \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte, Y süreç çıktısı, sabit terim, her bir girdinin/etkenin, doğrusal katsayısı, ise ve etkenleri arasındaki etkileşim katsayılarıdır. Regresyon denklemi, ANOVA testi yardımıyla elde edilmektedir.

ANOVA diğer bir adıyla değişinti analizi ile gözlene değişimleri çeşitli bölümlere ayırma yöntemi ile değişkenlerin birbiri üzerindeki etkilerini incelemeye yarayan bir grup modelleme türüdür. Bu tez çalışmasında ANOVA tablosu Minitab 16 (sınırlı deneme sürümü) yazılımı ile %5 güven aralığında elde edilmiştir.

Bu çalışmada fosfojips ve perlit için 4 düzey öngörülmüştür. Fosfojips için çimento miktarının %0, %5, %10 ve %15'i, perlit için de kum miktarının %0, %5, %10 ve %15'i seçilmiştir. Dolayısı ile 2⁴ tam faktöriyel deneysel tasarım elde edilmiştir. Tablo 1' de oluşturulan deneysel tasarım görülmektedir.

Tablo 1. 2⁴ Deneysel Tasarım

Deney no	Fosfojips (%)	Perlit (%)	Çimento (%)	Kum (%)
1	10	0	90	100
2	0	15	100	85
3	10	15	90	85
4	5	0	95	100
5	5	5	95	95
6	0	10	90	100
7	0	0	100	100
8	15	10	85	90
9	10	10	90	90
10	15	0	85	100
11	5	10	95	90
12	15	15	85	85
13	0	5	100	95
14	5	15	95	85
15	15	5	85	95
16	10	5	90	95

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 2'de su emme deney sonuçları görülmektedir.

Deney no	Siva Numuneleri		Su Emme
	Fosfojips (%)	Perlit (%)	
1	10	0	15.555
2	0	15	34.680
3	10	15	18.000
4	5	0	18.000
5	5	5	21.000
6	0	10	30.000
7	0	0	23.590
8	15	10	9.090
9	10	10	17.500
10	15	0	11.000
11	5	10	23.000
12	15	15	11.000
13	0	5	26.300
14	5	15	25.500
15	15	5	11.864
16	10	5	15.384

Tablo 3'te su emme deney sonuçları için ANOVA tablosu görülmektedir.

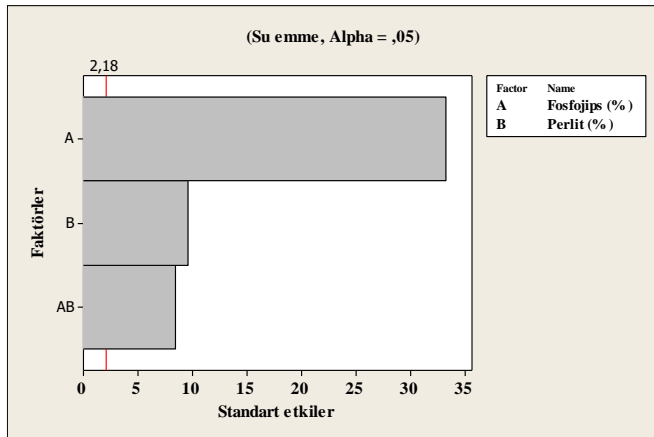
Tablo 3. Su emme deneyi için ANOVA test sonuçları

Kaynak	Etki	Katsayı	SE Kat.	T-Değeri	p-değeri	Yorum			
Sabit		19.466	0.1979	98.35	0.000	Anlamlı	30.000	30.1720	-0.17197
Fosfojips (%)	-17.693	-8.847	0.2655	-33.31	0.000	Anlamlı	23.590	22.7362	0.85381
Perlit (%)	5.111	2.556	0.2655	9.62	0.000	Anlamlı	9.090	10.4646	-1.37458
Fosfojips (%)	-6.043	-3.021	0.3563	-8.48	0.000	Anlamlı	17.500	17.0337	0.46629
*Perlit(%)							11.000	11.0857	-0.08566
							23.000	23.6028	-0.60284
							11.000	10.1540	0.84596
							26.300	26.4541	-0.15408
							25.500	25.9779	-0.47792
							11.864	10.7751	1.08888
							15.384	16.0014	-0.61744

S=0.7917, PRESS=16.30, R2=%99.07, R2(tahmin)=%97.98, R2(düz.)=%98.83

	SD	SS	Düz. SS	Düz. MS	F	P	Yorum
Ana etkiler	2	753.713	753.713	376.857	601.23	0.000	Anlamlı
İkili etkiler	1	45.078	45.078	45.078	71.92	0.000	Anlamlı
Artık hatası	12	7.522	7.522	0.627			
Toplam	15	806.314					

Tablo 3’de açıkça görüldüğü gibi, su emme üzerinde fosfojips ve perlit katkıları istatistiksel olarak (0.000 < 0.05 old. için) anlamlıdır. Bunun yanında, fosfojips ve perlit’in ikili etkileşimleri de istatistiksel olarak (0.000 < 0.05 old. için) anlamlıdır. Benzer şekilde Pareto çizelgesi de ana ve ikili etkileşimlerinin hesaplanan Pareto değerine göre anlamlılığını test etmekte kullanılabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Su emme deneyi için Pareto çizelgesi

Pareto çizelgesine göre de, fosfojips (33.31) ve perlit (9.62) katkılarının hesaplanan Pareto değerleri 2.18’den büyük olduğu için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Perlit ile fosfojips ikili etkileşimleri de (8.48) istatistiksel olarak anlamlı olduğu açıkça görülmektedir. Su emme (SE) deneyi için elde edilen regresyon denklemi aşağıdaki eşitlikte verilmektedir.

$$SE = 22.73 - fosfojips * 0.7767 + perlit * 0.7435 - fosfojips * perlit * 0.053 \quad (2)$$

Tablo 4’te su emme deneyinden elde edilen deneysel veriler ile yukarıdaki Eşitlik 2’den elde edilen model sonuçları ve atıklar görülmektedir.

Table 4. Su emme deneyi için deneysel veriler ve model sonuçları

Su Emme (cm/s ^{1/2})/1000	Eşitlik (2) (cm/s ^{1/2})/1000	Atıklar
15.555	14.9692	0.58583
34.680	33.8899	0.79014
18.000	18.0660	-0.06598
18.000	18.8527	-0.85268
21.000	21.2278	-0.22776

Yukarıdaki eşitlik (2)’de elde edilen regresyon denklemi deneysel sistemi %98.83 doğrulukla temsil etmektedir.

IV. SONUÇLAR

Deneye dayalı bu araştırma ile elde edilen bulgular ve oluşturulan 24 tam faktoriyel deneysel tasarım ile bu bulguların değerlendirilmesi sonucunda, amaca uygun nitelikte sıva elde edilebildiği saptanmıştır. Numunelerde su emme (absorbsiyon) belirlenmesi için yapılan deneyde su emme üzerinde fosfojips ve perlit katkıları istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Bunun yanında fosfojips ve perlitin ikili etkileşimleri de istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Perlit katkıları sıvaların yüksek su emme kapasitesinden dolayı, bu sıvaların dış ortamlarda kullanılamaması bir dezavantaj gibi görünse de, betonların dış yüzeylerine uygulanacak olan sıvanın ticari su izolasyon malzemeleriyle sıvanın su yalıtımı yapıp, dış ortamlarda kullanımı sağlanmış olacaktır. Genleştirilmiş perlit katkıları sıvaların su emme oranları incelendiğinde, sıva karışımlarındaki perlit miktarı arttıkça ortalama gözenek boyutlarının büyüdüğü sonucuna varılabilmektedir.

REFERENCES

- [1] H. Ersoy, “Cephelelerin Korunması ve Sıva”, *İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1989, s.16-39.
- [2] R. Cerny, A. Kunca, V. Tydlit, J. Drchalova, P. Rovnanikova, “Effect Of Pozzolanic Admixtures On Mechanical, Thermal And Hygric Properties Of Lime Plasters”, *Construction and Building Materials*, vol.20, 2006, s. 849–857.
- [3] M. Singh, “Effect Of Phosphatic And Fluoride Impurities Of Phosphogypsum On The Properties Of Selenite Plaster”, *Cement and Concrete Research*, vol.33, 2003, s.1363–1369.
- [4] C.A. Gregory, D. Saylak, W.B. Led better, “The use of by-product phosphogypsum for road bases and subbases”, *Transportation Research Record*, 1994, s. 47-52.
- [5] A. Turabi, A. Okucu, N. Değirmenci, “Fosforik asit üretim atığı fosfojipsin stabilizasyonu malzemesi olarak kullanım olanaklarının araştırılması”, 4. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, 2002, Balıkesir, s. 93.
- [6] Devlet Planlama Teşkilatı, “8. Kalkınma Planı (2001-2005) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Ankara, 2001.
- [7] L.H. Yu, H. Ou, L.L. Lee. “Investigation on Pozzolanic Effect of Perlite Powder in Concrete” *Cement and Concrete Research*, 2003, vol.33, s.73-76.
- [8] TS 1481, Sıva Yapım Kuralları –Bina Dış Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, (1988), Ankara.
- [9] E. Odabaşı. Endüstriyel Atık ve Minerolojik Katkılı Sıvaların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Deneysel Tasarım Yöntemi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, (2012), Samsun.
- [10] T. Mutuk, ve B. Mesci, “Analysis of mechanical properties of cement containing boron waste and rice husk ash using full factorial design”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 69, (2014), s. 128-132

Evaluation of Recovery of Aquatic Plants Used in Wastewater Treatment and Discharged as Waste[†]

E. Işıl Arslan Topal^{1*}, Murat Topal² and Erdal Öbek³

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

²Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Tunceli, Türkiye

³Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Elazığ, Türkiye

**(eiarslan@firat.edu.tr)*

Abstract – In this study, the evaluation of the recovery of aquatic plants used in wastewater treatment and discharged as waste is discussed. There are studies in the literature about the removal of pollutants from wastewaters by using different treatment methods in wastewater treatment. Many treatment methods are used in wastewater treatment as biological processes, chemical treatment, membrane systems and so on. However, such treatment methods are not preferred because of high energy costs and high operating costs, which cannot be applied to all kinds of water bodies. Therefore, natural treatment systems, which do not require much human power, can be applied to almost any kind of water mass with low operating costs and energy costs, can be used for the disposal of pollutants. In natural treatment systems, treatment with aquatic plants is generally used. Because, treatment with aquatic plants are quite economical when compared with other advanced treatment methods. Harvested plants can be evaluated in biogas production and bioethanol production as an alternative fuel. In addition, harvested aquatic plants can be used in biopetrol and biochar production by subjecting to pyrolysis treatment, thus recovering of the discharged wastes can be ensured.

Keywords – Aquatic plant, treatment, waste, recovery

I. INTRODUCTION

Constructed wetland (CW) technology was developed in 1970s as an alternative ecological technology for wastewater treatment [1]. CW technology possess several advantages compared with conventional wastewater treatment plants, such as low investment, maintenance and operation cost, utilization of renewable energy sources (wind and solar energy), and tolerance over variation of wastewater volume and level [2], [3]. CWs have been applied for the treatment of industrial, municipal and aquaculture wastewaters, polluted surface water and groundwater, landfill leachate and storm water runoff [4-12] (Fig.1).



Fig.1. Aquatic plants in wastewater treatment

CWs can remove numerous types of pollutants [12], [13]. In CWs at the same time that pollutant removal from wastewater occurs, great quantities of biomass are produced which would be available for different uses. Proper methods of biomass disposal and/or utilization are required [14]. If they are not utilized immediately large amount of aquatic plant residues as biomass would decompose and decay. Then, this status can result in secondary pollution to water systems [15]. Different solutions have been proposed. Biomass can be transformed into raw material for the paper industry, fertilizers, compost or as a feed supplement for animals [16], [17]; and for fuel production [14].

II. DIFFERENT WAYS OF USING BIOMASS

Aquatic plants can be used for different purposes after harvesting. The uses include animal fodder, energy sector (i.e. biofuel, bioethanol, combustion), cellulosic derived bioproducts, construction of building materials and plant fiber/plastic composites, paper industry and biosourced biochemistry such as production of γ -valerolactone, Cu-ecocatalyst, potential fertilizers (compost, biochar, litter) [18-22].

The type of pollutants removed by the plants will be a crucial factor for the utilization of the biomass after harvest. In case of treating wastewater from animal farms, the plant biomass can be safely utilized as animal fodder. However, if hazardous pollutants are removed from the water and taken up by the plant, the biomass cannot be safely used as animal fodder, but only for bioenergy production [23].

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

Since the European Union has established the European Directive 2009/28/EC to increase the production of renewable energy sources and the biofuel proportion by at least 10% in each Member State by 2020 [24], processing of aquatic plants produced by phytotechnologies may be a suitable option [18], [22]. Aquatic plants provide a promising source of clean energy due to their high biomass yield and neutral CO₂ balance [14]. *Arundo donax* L. plant used in CWs displays many attractive characteristics for producing biomass [19]. It can be used for bioethanol production, direct combustion and other thermal transformations [22], [25-27]. Ciria et al. [14] studied the suitability of the macrophyte cattail (*Typha latifolia*) produced in a wetland as a fuel. *Typha latifolia* has high biomass yields (2.8 kg m⁻² of dry matter, which is equivalent to 28 t ha⁻¹ of dry matter). As a result, due to the high biomass yields obtained in the planted bed, and to the thermal behaviour of both cattail biomass and their ash (with a relatively high heating value of 19.6 MJ kg⁻¹), the utilization of cattail biomass as fuel in thermochemical conversion processes for the production of heat and/or electricity was recommended by Ciria et al. [14]. Pincam et al. [23] reported that Hybrid Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schumach × *P. americanum* (L.) Leeke cv. Pakchong1) has the potential to be used in plant-based water treatment systems for removing contaminants from different types of polluted water while simultaneously producing qualified large amounts of plant biomass which has ease of propagation and harvesting for further utilization as e.g. bioenergy [23]. The plant has been considered as a suitable alternative lignocellulosic feedstock for biofuel production due to its high biomass production and high proportions of cellulose, hemicellulose, and lignin [28]. Hybrid Napier grass has been reported to produce 17.9 tons bioethanol ha⁻¹year⁻¹. Moreover, the biogas production potential is reported to be high, ranging from 0.24–0.27 m³ CH₄kg⁻¹ VS, depending on the digestive conditions and co-digestion materials [23], [28-30]. Jiang et al. [15] investigated the biogas production potential of aquatic plants. They reported the biogas yields of 7 species of aquatic plants as follows: *Typha orientalis* Presl 513.2 mL g⁻¹ VS, *Hydrocotyle vulgaris* 539.1 mL g⁻¹ VS, *Thalia dealbata* 578.0 mL g⁻¹ VS, *Acorus calamus* Linn 508.9 mL g⁻¹ VS, *Canna indica* 555.1 mL g⁻¹ VS, *Colocasia tonoi* Nakai 629.4 mL g⁻¹ VS and *Pontederia cordata* 473.1 mL g⁻¹ VS.

Harvested aquatic plants could be used for paper pulp production and construction of wooden build materials. Giant reed shoots could substitute hardwoods suitable in kraft pulp mills processing chain without major equipment changes [22], [31]. *Arundo donax* L. plant meets requirements for paper pulp production and construction of wooden build materials [19], [22], [32].

In CWs, *Arundo donax* L. plant removes contaminants such as trace elements mainly by immobilization in the rhizosphere and storage in the belowground biomass [33]. Based on this property, its use to rhizofiltrate Cu-contaminated effluents could provide both a belowground biomass with high Cu concentration. The Cu-rich belowground biomass may be used in biosourced (bio)chemistry as Cu-ecocatalyst [34]. Ecocatalysis is based on the plant ability to produce plant-borne metal species usable as key reactants to catalyze fine organic chemical reaction for the production of biorenewable transportation fuels, industrial chemicals and pharmaceuticals. Copper-based catalysts are promising candidates, as they are sustainable and cost-competitive catalyzers for the high yield

production of next-generation biorefinery components [22], [35].

Composting is a natural way of recycling. It turns on organic materials into a farm resource enhancing soil fertility and soil quality that brings about increased agricultural productivity, improved soil biodiversity, reduced ecological risks and a better environment. Composting organic residues is a friendly to the environment alternative to producing fertilizer [36]. Therefore, harvested biomass of aquatic plants can be composted and then spreaded on farmland.

III. CONCLUSIONS

In the recent years, CWs have been gaining in popularity. Because CW technology is both a reduced cost technology and low maintenance technology for treating wastewater from different activities. Therefore, CW technology has been successfully applied to the treatment of various wastewaters (domestic, industrial, leachate, storm water runoff). After the wastewater treatment, large volumes of aquatic biomass are produced. The biomass harvested from the CWs can be used in different ways (paper pulp production, to get energy etc.). These routes of use will protect the natural resources.

REFERENCES

- [1] R.H. Kadlec, "Comparison of free water and horizontal subsurface treatment wetlands", *Ecol. Eng.*, 35, pp. 159-174, 2009.
- [2] A.I. Stefanakis, C.S. Akrotos, G.D. Gikas, V.A. Tsihrintzis, "Effluent quality improvement of two pilot-scale, horizontal subsurface flow constructed wetlands using natural zeolite (clinopillolite)", *Microporous Mesoporous Mater.*, 124, pp. 131-143, 2009.
- [3] J.-H. Park, J.J. Wang, S.-H. Kim, J.-S. Cho, S.-W. Kang, R.D. Delaune, D.-C. Seo, "Phosphate removal in constructed wetland with rapid cooled basic oxygen furnace slag", *Chemical Engineering Journal*, 327, pp. 713-724, 2017.
- [4] J. Vymazal, L. Kröpfungová, "A three-stage experimental constructed wetland for treatment of domestic sewage: first 2 years of operation", *Ecol. Eng.*, 37 (1), pp. 90-98, 2011.
- [5] W. Guan, M. Yin, T. He, S.G. Xie, "Influence of substrate type on microbial community structure in vertical-flow constructed wetland treating polluted river water", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22, pp. 16202-16209, 2015.
- [6] R. Bakhshoodeh, N. Alavi, A.S. Mohammadi, H. Ghanavati, "Removing heavy metals from Isfahan composting leachate by horizontal subsurface flow constructed wetland", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23, pp. 12384-12391, 2016.
- [7] S.-H. Kim, J.-S. Cho, J.-H. Park, J.-S. Heo, Y.-S. Ok, R.D. Delaune, D.-C. Seo, "Long-term performance of vertical-flow and horizontal-flow constructed wetlands as affected by season, N load, and operating stage for treating nitrogen from domestic sewage", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23 (2), pp. 1108-1119, 2016.
- [8] J.A. Jacome, J. Molina, J. Suarez, G. Mosqueira, D. Torres, "Performance of constructed wetland applied for domestic wastewater treatment: case study at Boimorto (Galicia, Spain)", *Ecol. Eng.*, 95, pp. 324-329, 2016.
- [9] J. Liu, N.K. Yi, S. Wang, L.J. Lu, X.F. Huang, "Impact of plant species on spatial distribution of metabolic potential and functional diversity of microbial communities in a constructed wetland treating aquaculture wastewater", *Ecol. Eng.*, 94, pp. 564-573, 2016.
- [10] A.I. Stefanakis, E. Seeger, C. Dorer, A. Sinke, M. Thullner, "Performance of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands treating groundwater contaminated with phenols and petroleum derivatives", *Ecol. Eng.*, 95, pp.514-526, 2016.
- [11] M. Xu, W.J. Liu, C. Li, C. Xiao, L.L. Ding, K. Xu, J.J. Geng, H.Q. Ren, "Evaluation of the treatment performance and microbial communities of a combined constructed wetland used to treat industrial park wastewater", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23, pp. 10990-11001, 2016.
- [12] B. Li, H. Chen, N. Li, Z. Wu, Z. Wen, S. Xie, Y. Liu, "Spatio-temporal shifts in the archaeal community of a constructed wetland treating river water", *Science of The Total Environment*, 605-606, 269-275, 2017.
- [13] O. Sánchez, "Constructed wetlands revisited: microbial diversity in the -omics era", *Microb. Ecol.*, 73, pp. 722-733, 2017.

- [14] M.P. Ciria, M.L. Solano, P. Soriano, "Role of Macrophyte *Typha latifolia* in a Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Assessment of Its Potential as a Biomass Fuel", *Biosystems Engineering*, 92 (4), 535-544, 2005.
- [15] X. Jiang, X. Song, Y. Chen, W. Zhang, "Research on biogas production potential of aquatic plants", *Renewable Energy*, 69, 97-102, 2014.
- [16] S.K. Billore, N. Singh, J.K. Sharma, R.M. Nelson, "Horizontal subsurface flow gravel bed constructed wetland with *Phragmites karka* in central India", *Water Science and Technology*, 40 (3), pp. 163-171, 1999.
- [17] U. Stottmeister, A. Wiefner, P. Kusch, U. Kappelmeyer, M. Kästner, O. Bederski, R.A. Müller, H. Moormann, "Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment" *Biotechnology Advances*, 22, pp. 93-117, 2003.
- [18] S.M. Idris, P.L. Jones, S.A. Salzman, G. Croatto, G. Allinson, "Evaluation of the giant reed (*Arundo donax*) in horizontal subsurface flow wetlands for the treatment of recirculating aquaculture system effluent", *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 19, pp. 1159-1170, 2012.
- [19] F. Nsanganwimana, L. Marchand, F. Douay, M. Mench, "Arundo donax L., a candidate for phytomanaging water and soils contaminated by trace elements and producing plant-based feedstock, A review", *Int. J. Phytoremediation*, 16, pp. 982-1017, 2014.
- [20] M.W.H. Evangelou, A. Deram, F. Ugolini, S. Abiven, R. Schulin, "Soil application of biochar produced from biomass grown on trace element contaminated land", *J. Environ. Manage.*, 146, pp. 100-106, 2014.
- [21] M. Vigil, M.F. Marey-Pérez, G. Martínez Huerta, V. Álvarez Caballs, "Is phytoremediation without biomass valorization sustainable?-comparative LCA of landfilling vs. anaerobic co-digestion", *Sci. Total Environ.*, 505, pp. 844-850, 2015.
- [22] N. Oustriere, L. Marchand, E. Roulet, M. Mench, "Rhizofiltration of a Bordeaux mixture effluent in pilot-scale constructed wetland using *Arundo donax* L. coupled with potential Cu-ecocatalyst production", *Ecological Engineering*, 105, 296-305, 2017.
- [23] T. Pincam, H. Brix, F. Eller, A. Jampeetong, "Hybrid Napier grass as a candidate species for bio-energy in plant-based water treatment systems: Interactive effects of nitrogen and water depth", *Aquatic Botany*, 138, 82-91, 2017.
- [24] H. Gomes, "Phytoremediation for bioenergy: challenges and opportunities", *Environ. Technol. Rev.*, 1 (1), pp. 59-66, 2012.
- [25] C.M.J. Williams, T.K. Biswas, I.D. Black, L. Marton, M. Czako, P.L. Harris, R. Pollock, S. Heading, J.G. Virtue, "Use of poor quality water to produce high biomass yields of giant reed (*Arundo donax*) on marginal lands for biofuel or pulp/paper", *Acta Hort.*, 806, pp. 595-602, 2009.
- [26] R. Pili, A. Bucci, F.C. Badone, M. Landoni, Giant reed (*Arundo donax* L.): A weed plant or a promising energy plant?", *Afr. J. Biotechnol.*, 11, pp. 9163-9174, 2012.
- [27] D. Scordia, S.L. Cosentino, J.W. Lee, T.W. Jeffries, "Bioconversion of giant reed (*Arundo donax* L.) hemicellulose hydrolysate to ethanol by *Scheffersomyces stipites* CBS6054", *Biomass Bioenerg.*, 39, pp. 296-305, 2012.
- [28] A. Janejadkarn, O. Chavalparit, "Biogas production from napier grass (Pak chong 1) (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum*)", *Adv. Mater. Res.*, 856, pp. 327-332, 2014.
- [29] F. Promma, D. Thanaboripat, P. Sirirote, "Biogas production from 3 strains of Napier grass (*Pennisetum purpureum*)", *J. Sci. Ladkrabang*, 23, pp. 30-50, 2014.
- [30] W. Wilawan, P. Pholchan, P. Aggarangsi, "Biogas production from co-digestion of *Pennisetum purpureum* cv. Pakchong 1 grass and layer chicken manure using completely stirred tank", *Energy Procedia*, 52, pp. 216-222, 2014.
- [31] M. Lewis, M. Jackson, Nalgrass: a nonwood fiber source suitable for existing US pulp mills J. Janick, A. Whipkey (Eds.), *Trends in New Crops and New Uses*, ASHS, Alexandria, pp. 371-376, 2002.
- [32] N. Elhawat, T. Alshaal, E. Domokos-Szabolcsy, H. El-Ramady, G. Antal, L. Marton, M. Czako, P. Balogh, M. Fari, "Copper uptake efficiency and its distribution within bioenergy grass giant reed", *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 95, pp. 452-458, 2015.
- [33] H. Sun, Z. Wang, P. Gao, P. Liu, "Selection of aquatic plants for phytoremediation of heavy metal in electroplate wastewater", *Acta. Physiol. Plant*, 35, pp. 355-364, 2013.
- [34] V. Escande, T.K. Olszewski, C. Grison, "Preparation of ecological catalysts derived from Zn hyperaccumulating plants and their catalytic activity in Diels-Alder reaction", *C. R. Chim.*, 17, pp. 731-737, 2014.
- [35] J. Yuan, S.S. Li, L. Yu, Y.M. Liu, Y. Cao, H.Y. He, K.N. Fan, "Copper-based catalysts for the efficient conversion of carbohydrate biomass into γ -valerolactone in the absence of externally added hydrogen, Energy", *Environ. Sci.*, 6, pp. 3308-3313, 2013.
- [36] A. Toumpeli, A. K. Pavlatou-Ve, S. K. Kostopoulou, A. P. Mamolos, A. S. Siomos, K. L. Kalburtji, "Composting *Phragmites australis* Cav. plant material and compost effects on soil and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth", *Journal of Environmental Management*, 128, pp. 243-251, 2013.

Siber Saldırı Yöntemleri ve Türkiye'nin Siber Güvenlik Mevcut Durum Analizi[†]

Fulya ASLAY^{1*}

¹Bilgisayar Mühendisliği/Mühendislik Fakültesi, Erzincan Üniversitesi, Türkiye
*(faslay@erzincan.edu.tr)

Özet –Bilişim teknolojilerinin hızlı gelişimi sayesinde artan bilgisayar ve İnternet kullanımı hayatın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Bilişim ve İnternetin dünyada bir anda yaygınlaşması kullanıcılara bir yandan kolaylık ve özgürlük tanırken, öte yandan oluşan güvenlik açıkları sebebiyle sistemlerin kötüye kullanılmasına sebep olmaktadır. Sistemlerden kaynaklanan bu güvenlik açıkları kişileri etkilerken kimi zaman da kişisel ölçekte alınmayan tedbirlerden dolayı sistemler de tehdit altında kalmaktadır. Nesnelerin İnternet'i (İnternet of Things, IoT) kavramı ile İnternete bağlanan cihaz sayısının da çok daha artması ve bu cihazların insanların hayatına dâhil olmasıyla güvenlik ihlallerine maruz kalma riskinin de aynı doğrultuda artacağı düşünülmektedir. Birbiriyle bağlantılı donanım, yazılım, sistem ve insanların İletişim ve/veya etkileşimde buldukları soyut veya somut alanı tarif eden siber uzay içerisinde alınan güvenlik tedbirlerinden özellikle son kullanıcının da haberinin olması ve bu konuda farkındalığının sağlanması giderek önem kazanmaktadır. Günümüzde çok çeşitli siber saldırı yöntemleri bulunmakta olup çalışmada bu siber saldırıları yöntemleri incelenerek, Türkiye'de siber güvenlik durum analizi yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Siber Güvenlik, Siber Saldırı Yöntemleri, Siber Uzay, Bilişim Sistemleri, Güvenlik

Siber Attack Methods and Current Situation Analysis of Turkey's Cyber Safety

Abstract –Computer and internet use that has increased by means of the rapid development of information technologies has become an essential component of life. Sudden spreading of information and internet across the world provides convenience and freedom to users on one hand, but leads to the misuse of systems due to security flaws on the other. These security flaws that are caused by systems not only affect individuals, but also threaten systems due to the failure of taking precautions on an individual scale from time to time. It is thought that as a result of the increase of the number of devices connected to internet thanks to the concept of Internet of Things (IoT) and involvement of these devices in people's lives; the risk of being exposed to security violations will increase in the same direction. The fact that security precautions taken within the cyber space that describes intangible or tangible areas where interconnected hardwares, softwares, systems and individuals communicate and/or interact are also known especially by end-users and an awareness is provided on this issue becomes more and more important. Today, there are various methods of cyber attacks and in this study these methods of cyber attacks are examined and situation analysis of cyber security in Turkey is carried out.

Keywords – Cyber Security, Cyber Attack Methods, Cyber Space, Cyber Force, Information Systems, Security

I. GİRİŞ

Günümüzde kişisel ve kurumsal anlamda vazgeçilmez bir unsur haline gelen bilgisayarların ilk önce haberleşme, şifreleme ve şifre çözme amaçlı olarak geliştirildiği daha sonra ise kullanımının giderek arttığı bilinmektedir. İnternet ise 1960lı yıllarda ABD savunma bakanlığı tarafından olası bir savaş durumunda askeri İletişimin zarar görmeden kullanılmaya devam etmesi için bilgisayarlardaki verilerin başka bilgisayarlara aktarabilmesi amacıyla kurulan ARPANET ile ortaya çıkmıştır. İnternet milyarlarca cihaz ile milyonlarca ağın birbirine bağlandığı ağların ağı olarak nitelendirilmektedir ve belirli protokoller çerçevesinde bilgi alışverişi yapılmasına imkân sağlamaktadır [20]. İnternetin haberleşmeyi, bilgi alışverişini ve ayrıca bilgisayar kullanıcıları arasında bağlantıyı sağlaması nedeniyle tüm dünyada kullanımı hızla yaygınlaşmıştır [3]. Bilişim

teknolojilerinin hızlı gelişimi sayesinde artan İnternet kullanımı; kamuda, özel sektörde ve hatta kişisel ölçekte hayatın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir [17]. Bilişim ve İnternetin dünyada bir anda yaygınlaşması kullanıcılara bir yandan sınırsız özgürlük tanırken, öbür yandan da oluşan güvenlik açıkları sebebiyle bilişim sistemlerinin kötüye kullanılmasına ve bu anlamda bir suç işleme mekanizması haline gelmesine sebep olmaktadır [3].

Dijital pazarlama ajansı We Are Social ve Hootsuite işbirliği ile hazırlanan "Digital in 2017 Global Overview" raporuna göre dünya genelinde 3.77 milyarı bulan global İnternet kullanıcı sayısı %50'lik bir penetrasyona eşittir. Türkiye'de ise yaklaşık 80 Milyon nüfusun 48 milyonu İnternet kullanmaktadır [4]. Türkiye'nin 2008 yılında 6 milyon İnternet kullanıcısının olduğu bilinmekte olup bu sayının yaklaşık 10 yılda 8 kat arttığı görülmektedir. Yakın gelecekte bu sayının

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

daha da artacağı tahmin edilmektedir. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) kavramı ile internete bağlanan cihaz sayısının da çok daha artması ve bu cihazların insanların hayatına dâhil olmasıyla güvenlik ihlallerine maruz kalma riskinin de aynı doğrultuda artacağı düşünülmektedir [1]. Bu sebeple güvenlik önlemlerinin alınması ve bu alana daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir.

II. SİBER GÜVENLİK

Siber, bilgisayar ve ağlarını içeren kavram ya da varlıkları tanımlamak için kullanılır. Siber alan (cyber space) kelimesi de birbiriyle bağlantılı system, yazılım, donanım ve insanların iletişim ve/veya etkileşimde buldukları soyut veya somut alanı tarif etmek için kullanılmaktadır [15]. Siber Saldırı ise “hedef seçilen şahıs, şirket, kurum, örgüt ve devlet gibi yapıların bilgi ve iletim sistemlerine ve kritik altyapılarına yapılan planlı ve koordineli saldırılar” şeklinde tanımlanmıştır [11].

İlk olarak 1990’lı yıllarda bilgisayar mühendisleri tarafından, ağa bağlı bilgisayarlarla ilgili güvenlik sorunlarını ifade etmek için siber güvenlik terimi kullanılmıştır [10] ve daha çok bilişim sistemlerinin temel malzemesi olan bilgi üzerinden bu tanım yapılmaktadır. Buna göre siber âlemin güvenli olabilmesi için bilgi güvenliği yönetim sistemi standardında olduğu gibi bilginin gizliliğinin (confidentiality), bütünlüğünün (integrity) ve erişilebilirliğinin (availability) sağlanması gerekmektedir. Bilginin sadece erişim yetkisi verilen kişiler tarafından kullanılması onun gizliliğidir. Bu erişim yazılı bir bilginin okunması yada bilişim sistemlerinde saklanan bilginin sadece yetkili kişilerce görüntülenebilmesi gibi erişimlerdir. Hassas bilgilerin varlığından bile sadece yetkililer haberdar olmalıdır. Bilginin bütünlüğü ise o bilginin değiştirilmemiş, kısmen yada tamamının silinmemiş olmasıdır. Erişilebilirlik, saklanan bilginin gerektiğinde yetkisi olan kişiler tarafından erişilebilir olmasıdır [12].

Siber tehditler artık sadece bilgisayar sistemlerine verdikleri zararlar (sistemlere sızma, sistemlerden bilgi çalma ve sistemlere asılsız bilgi koyma) ile sınırlı kalmamaktadır. Bir ülkenin kritik olarak kabul edilebilecek haberleşme sistemlerine, bilgisayar sistemlerine, enerji ve ulaşım ağlarına, askeri komuta ve kontrol sistemlerine zarar verecek ölçüde, asimetrik bir harp çeşidi olarak ortaya çıkmaktadır. Siber tehditlerin önümüzdeki yıllarda da önemli tehditlerden biri olacağı düşüncesi; tüm dünya tarafından kabul edilmeye başlanmıştır [1]. Bu sebeple daha etkin savunma sistemlerinin inşa edilmesi, acil durum hazırlıklarının oluşturulması çok önemlidir. Saldırıların, gerçekleştiği anda hemen tespit edilmesi, sanal ya da fiziksel bariyer inşa edilmesi, bölgesel ve ulusal anlamda siber güvenlik politikalarının geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir [22]. Ayrıca siber güvenlik ile ilgili farkındalık oluşturmak çok önemlidir. Son zamanlarda yeni ortaya çıkmaya başlayan “Siber Güvenlik Durumsal Farkındalık” ile ilgili çalışmalar bu ihtiyaca hitap etmekte ve çalışmalarda artış olması beklenmektedir [24].

Ülkeler, güvenli bir siber ortam sağlayabilme yolunda, siber ortamın parçası olan bileşenleri siber saldırılara karşı korumak, yapılan saldırılara müdahale etmek, saldırıyı cezalandırmak, gerekli yasal mevzuatı oluşturmak ve bütün faaliyetleri yerine getirecek yapıları tesis etmek üzere siber

ortama yönelik politika ve stratejiler geliştirmiş ve geliştirmeye devam etmektedir [7].

NATO Liderleri 2016 yılında yaptıkları Varşova Zirvesi’nde siber savunmaya kaynak sağlamaya öncelik verdiklerini vurgulayarak 2015 yılında aylık yaklaşık 500 saldırı olayı ile karşılaşırken bu sayının 2016 yılında %60 oranında arttığına dikkat çekip, durumun ciddiyetini ortaya koymuşlardır [16]. NATO üyesi ülkelerden birisinin kritik altyapılarına karşı gerçekleştirilecek bir siber saldırının diğer ülkeleri de ilgilendiren sonuçları olabileceği, bu nedenle üye ülkelerin siber savunma imkân ve kabiliyetlerinin artırılmasının önemi de vurgulanmaktadır [25]. Günümüzde teknoloji çok gelişmiş olmasına rağmen bir saldırının ne zaman yapılabileceğini tahmin etmek mümkün değildir. II. Dünya Savaşı yıllarında bir füzenin fırlatılması için 20 dakika gibi bir süre kullanılırken günümüzde siber saldırılar ışık hızında gerçekleşmektedir. Bu nedenle siber saldırılara anında karşılık vermek gerekmektedir [9]. Siber güvenlik tatbikatları sistemlerin açıklıklarının ortaya çıkıp gereken tedbirlerin alınmasını sağlamak açısından oldukça önemlidir. Türkiye’de yapılan tatbikatların diğer ülkelerde yapılanlardan farkı ise gerçek saldırı ve savunma tekniklerinin kullanılmasıdır. Böylece siber güvenlik konusunu teoriden pratiğe taşıma ve gerçek durumu ortaya koymak daha mümkün olmaktadır [14].

III. SİBER SALDIRI YÖNTEMLERİ

Siber tehditlerin ortaya çıkmasına neden olan üç boyut bulunmaktadır [20]:

- İnternet tasarımındaki zafiyetler (adresleme sistemi, yönetim eksikliği, internetin çalışmasını sağlayan sistemlerin çoğunun açık ve şifresiz olması, zararlı yazılımları dağıtma kabiliyeti ve internetin merkezi olmayan büyük bir ağ olması)
- Donanım ile yazılımlardaki hatalar
- Kritik sistemlere çevrim içi erişim imkânı

Siber saldırılar çok çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Belli başlı siber saldırı yöntemleri ise şöyledir [21]:

- ✓ Bilgi ve veri aldatmacası (Data Diddling): Bilgisayara veri girilirken yanlış girilmesi, verileri saklarken özel yöntemlerle değiştirilmesi ya da bazı kayıtların silinmesi bu yöntemle yapılabilir [13].
- ✓ Salam tekniği (Salami Techniques): Genellikle bankacılık sektöründe kullanılır. Hesaplardaki virgülden sonraki kısımların son rakam veya son iki rakam tutarı başka bir hesaba aktarılarak orada biriktirilmektedir [31].
- ✓ Süper darbe (Super Zapping): Bilgisayar sistemlerindeki arızalar ile sistemin kilitlenmesi durumunda güvenlik kontrollerinin aşılması sistemin düzeltilmesi için geliştirilmiş programlardır. Bu durum kötüye kullanıldığında güvenlik devre dışı bırakılmaktadır [19].
- ✓ Truva atı (Casus Yazılımlar): Bilgisayar korsanları truva atları sayesinde sisteme arka kapıdan ulaşarak, bilgisayarın sistem yapısını değiştirebilir ayrıca kullanıcının şifrelerine ve diğer kişisel bilgilerine ulaşabilirler. Truva atı sisteme bulaştıktan sonra, sistemin açılmasıyla beraber kendisini hafızaya yükler ve sistem açıklarını kullanarak, programı yerleştiren bilgisayar korsanının istediklerini yapmasını sağlar [18].

- ✓ Zararlı yazılımlar (Kötücül Yazılımlar): Virüs gibi belli bir amaca yönelik olarak hazırlanmış kod parçalarıdır.
- ✓ Mantık bombaları (Logic Bombs): Bir programın içerisine istenen zararlı bir kod parçasının yerleştirilmesidir. Mantık bombası genellikle hedef alınan bilgisayar veya ağlardaki bilgileri tamamen yok etmek veya bird aha kullanılamaz hale getirmek için kullanılır [27].
- ✓ Oltalama (Phishing): Genellikle sahte web siteleri kullanılmaktadır. Örneğin bir banka yada alışveriş sitesinden kendisine e-posta geldiğini düşünen son kullanıcı; kredi kartı bilgilerini bu web sayfasına girerek yada sadece e-postayı yanıtlayarak bu tuzağa düşebilmektedir [2].
- ✓ Bukalemun (Chamelon): Normal bir program gibi çalışır fakat arka planda bir takım hile ve aldatmalar ile çok kullanıcı sistemlerde kullanıcı adları ve şifrelerini taklit ederek gizli bir dosya içerisine kaydedip, sistemin bakımı için geçici bir süre kapatılacağına ilişkin bir (YerTutucu) uyarı verir. Bu sırada bukalemun programını kullanan kişi, bu gizli dosyaya ulaşarak kullanıcı adlarını ve şifrelerini ele geçirir [6].
- ✓ İstem dışı alınan elektronik postalar (Spam): Tartışma platformlarından dağıtılan listelerden ve web sayfalarından elde edilen elektronik adreslere alıcının haberi olmaksızın araya büyük hacimlerde gönderilen ve ticari amaç taşıyan e-postalar olarak tanımlanmaktadır [29].
- ✓ Çöpe dalma (Scavenging): Sistem belleğinde bulunan ve artık ihtiyaç duyulmayan silinmiş bilgilerin gelişmiş yöntemlerle tekrar geri getirilmesidir [5].
- ✓ Yerine geçme (Masquerading): Sistemde yapılacak hileler ile erişim imkanı kısıtlı ya da yetkisi hiç olmayan kullanıcıların, erişime yetkisi olan başka kullanıcıların bilgi ve yetkilerini kullanarak sisteme erişim sağlamasıdır [18].
- ✓ Sistem güvenliğinin kırılıp içeri sızılması (Hacking): Hack kelimesi hacker topluluklarında kullanılan anlamıyla “teknolojinin orijinal, alışılmadık dışında ve özgün bir tarzda kullanılması” anlamına gelmektedir. Ayırt edici özelliği ise sadelik, ustalık ve yasa dışı oluşudur [28].
- ✓ Hukuka aykırı içerik sunulması: Özellikle web sitelerine reklam amaçlı ya da hukuka aykırı içeriklerin eklenmesidir.
- ✓ Web sayfası hırsızlığı ve yönlendirme: Web sitelerinin çalınarak kullanamaz hale gelmesi, web sitelerinde farklı içerikler sunulması, sayfa girişinde ya da içeriğinde başka sayfalara yönlendirilerek veri girişine zorlanmasıdır.
- ✓ Sosyal mühendislik: Yalan söyleme ve karşı tarafı ikna etme üzerine kurulan bir bilgi toplama sanatıdır. Burada kişilerin güveni kazanılarak kendilerine güvenmelerinin sağlanması amaçlanmaktadır [8].

IV. TÜRKİYE’DE SİBER GÜVENLİK DURUM ANALİZİ

Türkiye’de siber suçlarla mücadele 2012 yılına kadar Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının koordinatörlüğünde Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından sivil

toplum kuruluşları ve kurumları ile beraber yürütülmüştür. Daha sonra ise "Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve 2013-2014 Eylem Planı" hazırlanarak yürürlüğe girmiştir. 20 Ekim 2012 tarih ve 2012/3842 sayılı "Ulusal Siber Güvenlik Çalışmalarının Yürütülmesi, Yönetilmesi ve Koordinasyonuna İlişkin Karar" 28447 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır [26]. Türkiye'nin Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve 2013-2014 Eylem Planında "Siber ortamı oluşturan bilişim sistemlerinin saldırılardan korunmasını, bu ortamda işlenen bilginin gizlilik, bütünlük ve erişilebilirliğinin güvence altına alınmasını, saldırıların ve siber güvenlik olaylarının tespit edilmesini, bu tespitlere karşı tepki mekanizmalarının devreye alınmasını ve sonrasında ise sistemlerin yaşanan siber güvenlik olayı öncesi durumlarına geri döndürülmesi" şeklinde tanımlanmıştır [30].

9 Eylül 2016 tarihinde gerçekleştirilen bir toplantı ile tanıtılan Türkiye'nin 4 yıllık süreçte siber güvenlik konusunda izleyeceği yolu belirleyen 2016-2019 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı ise 5 ana eylem ve 41 alt eylemden oluşmaktadır. Eylemin amacı: siber güvenliğinin, ulusal güvenliğinin ayrılmaz bir parçası olduğu anlayışının tüm kesimlerde yerleştirilmesi, ulusal siber uzayda bulunan sistem ve paydaşların tamamının güvenliğini sağlamak üzere idari ve teknolojik önlemlerin alınmasını sağlayacak yetkinliğin eksiksiz bir şekilde kazanılmasıdır [25].

Ülkemizin, ulusal siber güvenlik stratejisinin ilgili eylem maddelerinde tüm kamu kurumları ile kritik sektörleri düzenlemek ve denetlemekle sorumlu kurumlara SOME (Siber Olaylara Müdahale Ekipleri) kurulması ile ilgili görevler verilmektedir. Sektörel ve Kurumsal SOME'lerin kurulması ile kamu-özel sektör arasındaki bilgi akışlarının hızlanması, gelişen siber tehditlere karşı etkin mücadele edilmesi mümkün olabilecektir.

Siber Güvenlik Eylem Planları, Ulusal Bilgi Güvenliği Programı, Ulusal Bilgi Güvenliği Kapısı, Yasal Çalışmalar, Siber Güvenlik Müdahale Ekipleri ve Birimleri, Siber Güvenlik Tatbikatları, Konferanslar ve Çalıştaylar ve de TSK bünyesinde icra edilen faaliyetler ve oluşumlar gibi Türkiye’de siber güvenlik bilincinin artması için son zamanlarda değişik çalışmalar yapılmaktadır [14].

Bilişim güvenliği açısından Türkiye'nin, dünyadaki diğer ülkelere göre konumu, farklı kıtalara göre değerlendirildiğinde farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Örneğin; siber güvenlik firması olan FireEye tarafından hazırlanan en güncel istihbarat raporunda; 2016 yılında Türkiye’de bütün Avrupa’da meydana gelenden daha fazla “hedefli kötücül yazılım” olduğu vurgulanmaktadır. Fireeye sözcüsüne göre bu kategorideki sızmalar; muhtemelen devlet destekli, gelişmiş ve bilinen hackerların aktiviteleri ile aynı karakteristiklere sahiptir [23]. Symantec’in Internet Güvenlik Tehdit Raporu’na göre ise Türkiye, 2016 yılında Avrupa, Ortadoğu ve Afrika’nın tüm zararlı yazılım tespitlerinin toplamının %3.4’ünü oluşturmaktadır [23]. Fortinet firması tarafından Ağustos 2016 ayında yayımlanan 2016 ikinci çeyrek siber tehdit analiz raporunda botnet, zararlı yazılım (malware) ve istismar kiti (exploit kit) tespit edilen ülke istatistiklerinde ülkemizin ilk 5 içerisinde yer aldığı görülmektedir [25]. Trend Micro tarafından yayımlanan 2016 yılının ilk yarısına ait bir diğer güvenlik raporundaki veriler, tüm dünyada fidye yazılım saldırılarının yüzde 172 oranında arttığını, ülkemizin Avrupa bölgesinde fidye yazılım

saldırıların en fazla yaşayan ülke olduğunu, dünyada ise ABD ve Brezilya'dan sonra üçüncü sırada yer aldığı ifade edilmektedir [25]. Diğer yandan, yine Trend Micro'nun araştırması ülkemizde on-line bankacılığa yönelik tehditlerin de hız kesmeden devam ettiğini gözler önüne sermektedir. Tespitlere göre ülkemiz 11 bin 516 saldırı ile Avrupa bölgesinde en fazla on-line bankacılık saldırısı alan ülke olurken, ülkemizi 4 bin 880 saldırı ile Almanya ve 3 bin 529 saldırı ile Fransa izlemektedir [25].

Küresel pazar araştırma şirketi Vanson Bourne'nun yaptığı araştırmaya göre dünya genelinde şirketler veri sızıntısını engellemek için aylık ortalama 4129 Euro harcama yaparken, Türk şirketlerinin 3220 Euro harcadığı ifade edilmektedir. Cybersecurity Ventures firması tarafından en son yayımlanan 2016 üçüncü çeyrek siber güvenlik market raporuna göre siber suçların 2015 yılında 3 trilyon ABD Doları olan maliyetinin 2021 yılında 6 trilyon ABD Dolarına ulaşması beklenmektedir. Raporla dikkat çekici bir diğer husus da 2020 yılına kadar günümüzdekinin 50 katı daha fazla verinin siber tehditlerden korunmak zorunda olacağıdır. Siber suçlardaki bu artışlar doğal olarak siber saldırılarla mücadele için ayrılan bütçeleri gittikçe çok daha yukarılara çekmektedir. Kurumlar bu tarz durumların yaşanmaması adına bilgi güvenliği hizmetleri sunan şirketlerden ürün ve danışmanlık satın almaktadırlar. Bu kapsamda 2015 yılında 75 milyar ABD Dolarını bulan siber güvenlik harcamalarının, 5 yıl içerisinde toplamda 1 trilyon ABD Dolarına ulaşacağı öne sürülmektedir [25] NATO tarafından Denver Üniversitesi'ne yaptırılan bir araştırma sonucuna göre, 2030 yılında dünyada siber güvensizlikten dolayı meydana gelen hacmin 90 Trilyon Dolar'a ulaşması öngörülmektedir. Daha da endişe verici olanı; bu çalışma gelecekte siber güvensizliğin yaratacağı maliyetin siber uzayın getirdiği yararlardan daha ağır olabileceğinin altını çizmektedir. Bu nedenle, söz edilen harcama miktarının güvensizliğin getirebileceği toplam maliyet ile karşılaştırıldığında oldukça küçük kalabileceği belirtilmektedir [16].

V. SONUÇ

Siber güvenlik günümüzde artık ulusal güvenlik stratejilerinde de ele alınan bir kavram haline gelmiştir. Özellikle son birkaç yıldır, Türk şirketleri ve hükümet yetkililerinin de sürekli olarak siber suçların ve siber casusluğun hedefinde olmaları bu alandaki probleme dikkat çekmekte ve daha fazla yatırım yapılmasının gerektiğini gözler önüne sermektedir. Teknolojideki sürekli gelişme ile birlikte siber güvenlik konusunda da meydana gelen gelişmeler o kadar hızlı gerçekleşmektedir ki, alınan önlemler ve yapılan yasal düzenlemeler yetersiz kalabilmektedir. Olası tehditler ve ihtiyaçlar doğrultusunda alınan kararlar ileriye dönük olarak güvenliğin sağlanmasında yeterince etkili olamamaktadır. Çok çeşitli siber saldırı yöntemleri bulunmakta olup, özellikle kişisel ölçekte bunların çoğu bilinmemektedir. Bilişim sistemleri için güvenlik stratejileri ise konuyu bilen uzmanlar tarafından geliştirilirken çoğu zaman son kullanıcı bu güvenlik tedbirlerinden habersizdir. Bu bağlamda siber alanda oluşan tüm tehditlere karşı devlet, kurum ve bireylerin birlikte hareket ederek hatta devletler bazında işbirliği yaparak tüm dünyada bilinç seviyesinin artırılması gerekmektedir. Siber güvensizliğin getirebileceği maliyetin bu alanda yapılacak harcamalardan daha fazla olabileceği göz önüne alındığında siber savunmaya daha fazla yatırım yapılması gerektiği açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. A. Aytekin. "Türkiye'nin Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planının Değerlendirilmesi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi, 2015.
2. A. Çubukçu, & Ş. Bayram (2013). Türkiye'de Dijital Vatandaşlık Algısı ve Bu Algıyı İnternetin Bilinçli, Güvenli ve Etkin Kullanımı ile Artırma Yöntemleri. Middle Eastern & African Journal of Educational Research, 5, 148-174
3. B. Alaca, (2008). "Ülkemizde Bilişim Suçları ve İnternetin Suça Etkisi (Antropolojik ve Hukuki Boyutları İle)", Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Antropoloji Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
4. Dijitalajanslar 2017. İnternet ve Sosyal Medya Kullanıcı İstatistikleri. Dijital Ajanslar. <http://www.dijitalajanslar.com/internet-ve-sosyal-medya-kullanici-istatistikleri-2017/> (Access Date:12.08.2017).
5. E. Altınok, A.F. Vural. "Bilişim Suçları", 2011. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/208853>
6. E. Aydın (1992). Bilişim Suçları ve Hukukuna Giriş. Ankara: Doruk Yayınları.
7. H. Çifci., (2013). Her Yönüyle Siber Savaş, Tubitak, Ankara.
8. K. D. Mitnick, W.L. Simon, "Aldatma Sanatı", Nejat Eralp Tezcan, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, 303, 2006.
9. K. VonKnop, "Institutionalisation of a Web-focused, Multinational Counter-Terrorism Campaign - Building a Collective Open Source Intelligent System", Terrorism (Ed.), Responses to Cyber Terrorism NATO Science for Peace and Security, IOS Press (Cilt 34), Ankara, 2008, p. 9
10. L. Hansen, H. Nissenbaum, "Digital Disaster, Cyber Security and the Copenhagen School", International Studies Quarterly, Volume: 53, 1155-1175, 2009.
11. M. Alkan, "Siber Güvenlik ve Siber Savaşlar", Siber Güvenlik Siber Savaşlar TBMM İnternet Komisyonu, Mayıs 2012.
12. M. Goodrich, R. Tamassio, "Introduction to Computer Security", Addison-Wesley Publishing Company, USA. ISBN:0321512944 9780321512949, 2010.
13. M. H. Wroblewski - M.K. Hens, "Introduction to Law Enforcement and Criminal Justice", third edition, West Publishing Company, 1990.
14. M. N. Ögün, A. KAYA, "Siber Güvenliğin Milli Güvenlik Açısından Önemi ve Alınabilecek Tedbirler", Güvenlik Stratejileri Dergisi, Yıl:9, Sayı: 18, 2013.
15. NATO 2012. National Cyber Security Framework Manual. NATO CCDCOE. <https://ccdcoc.org/multimedia/national-cyber-security-framework-manual.html> (Access Date: 12.08.2017)
16. NATO 2017. Başarılı Bir Siber Savunma İçin Harcama Yapmak. NATO Dergisi. <http://www.nato.int/docu/review/2017/Also-in-2017/nato-priority-spending-success-cyber-defence/TR/index.htm> (Access Date: 12.08.2017)
17. N. F. Doherty, L. Anastakis, H. Fulford, "The Information Security Policy Unpacked: A Critical Study of the Content of University Policies", International Journal of Information Management, 29(6), 449-457, 2009.
18. O. Değirmenci, "Bilişim Suçları", (Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, 2002.
19. O. Turhan, "Bilgisayar Ağları ile İlgili Suçlar", T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Hukuk Müşavirliği, Planlama Uzmanlığı Tezi, Ankara, 2006.
20. R. A. Clarke, R.K. Knake, "Cyber War-The Next Threat to National Security and What to Do About It", New York: HarperCollins Publishers, 74-85, 2010.
21. R. Benzer. "Siber Suçlar ve Teorik Yaklaşımlar", Güncel Tehdit: Siber Suçlar, Birinci Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık, 21-41, 2014.
22. S. E. Goodman, "Critical Information Infrastructure Protection", Terrorism (Ed.), Responses to Cyber Terrorism NATO Science for Peace and Security, IOS Press (Volume 34), Ankara, 25, 2008.
23. SiberBulten 2017. Kritik Rapor: Türkiye'nin Jeopolitik Durumu Siber Casusları Cezbediyor. Siber Bülten. <https://siberbulten.com/sektorel/trky/kritik-rapor-turkiyenin-jeopolitik-durumu-siber-casuslari-cezbediyor/> (Access Date: 12.08.2017)
24. S. Jajodia and P. Liu, et all. (Ed.), Cyber Situational Awareness. New York, Springer, p. 5 2010.
25. STM 2016. 2016 Temmuz Eylül Dönemi Siber Tehdit Durum Raporu. Mühendislik Teknoloji Danışmanlık. <https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/Siber%20Tehdit%20Durum%20Raporu%20Temmuz%20-%20Eylul%202016.pdf> (Access Date: 12.08.2017)

26. S. Yılmaz, Ş. Sağıroğlu, “Siber Saldırı Hedefleri ve Türkiye’de Siber Güvenlik Stratejisi” 6. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı, 323-331, Ankara. 2013.
27. Ş. Çelik, “Stuxnet Saldırısı Ve Abd’nin Siber SavaşStratejisi: Uluslararası Hukukta Kuvvet Kullanmaktan Kaçınma İlkesi Çerçevesinde Bir Deđerlendirme”, Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi Cilt: 15, Sayı: 1, 2013, s.137-175.
28. T. Jordan & P.Taylor, (2004). Hactivism and Cyberwars: Rebels with a Cause?. Routledge.
29. T. Memiş, Hukuki Açıdan Kitlelere E-posta Gönderilmesi. Saarbrücken Hukuki İnternet Projesi. 2005. www.jura.uni-sb.de/turkish/TMemis1.html
30. UDHB 2012. Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve 2013-2014 Eylem Planı. T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, s. 9-47.
31. Y. Yazıcıoğlu, 2004. “Bilişim Suçlar Konusunda 2001 Türk Ceza Kanunu Tasarısının Değerlendirilmesi”, Hukuk ve Adalet: Eleştirel Hukuk Dergisi, İstanbul, Y:1, S:1, Ocak-Mart 2004, ss. 172-185.

The Effect of Cold Rolling on Mechanical Properties of Zircaloy-4[†]

Semih Ağca^{1*}, Güven Çankaya²

^{1,2}Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey

^{*}Corresponding author: agcasemih@gmail.com

Abstract – In this study, Zircaloy-4 rods are heat treated and cold rolled to different (15%, 30%, 45%, 60%, and 75%) reduction ratios to determine the effect of heat treatment and cold rolling on micro and nano scale mechanical properties of Zircaloy-4. Micro scale mechanical properties are investigated by micro Vickers hardness tester and nano scale mechanical properties are studied by universal mechanical tester (UMT). Fracture surfaces of samples are illustrated by scanning electron microscope (SEM). Microstructure of samples are evaluated by optical microscope. It is found that hardness increased with increasing cold rolling reduction ratio both in micro and nano scale. Nano scale measurements showed that the elastic modulus is increased with increasing reduction ratio. Increase in hardness and elastic modulus altered the fracture from ductile to brittle. Fracture mode for samples are determined as mixed mode.

Keywords – Zircaloy-4, UMT, cold rolling, mechanical properties.

I. INTRODUCTION

Zirconium alloys are very important for nuclear industry with their outstanding features [1]. Due to enhanced mechanical and physical properties, Zircaloy-4 is the most popular zirconium alloy. Cold rolling is used by many researchers for enhancing the mechanical properties of Zircaloy-4. Fuloria et al. [2] have studied the effect of cold rolling on the hardness and tensile strength of Zircaloy-4. They found that the cold rolling increases the hardness and strength due to increasing of dislocation density and grain refinement. They also found that dislocation density increased with increasing stacking fault probability. Lim et al. [3] have studied the effect of cold rolling and heat treatment on the mechanical properties of Zircaloy-4. It is claimed that texture was developed with higher rolling reduction and it was influenced by final heat treatment. It is also reported that the direction of the test affected the creep strain. Busser et al. [4] have investigated mechanical properties and oxide layer damage evolution in Zircaloy-4 by ring compression test technique. They found that the ring compression test technique has an important potential for both analyzing the mechanical properties of irradiated and non-irradiated nuclear fuel rod cladding materials. Although zirconium alloys are produced by many techniques, cold rolling has been chosen for this study owing to its ease of use and cheapness.

II. MATERIALS AND METHOD

A. Materials

Zircaloy-4 rod with 10 mm diameter is provided from Nanografi Nanotechnology Ltd. Chemical composition of Zircaloy-4 rod is shown in Table 1.

Table 1. Chemical composition of Zircaloy-4 rod

Element	O	CR	Sn	Fe	Zr
Weight	0.16	0.13	1.7	0.24	Balance

B. Sample Preparation

The production processes and the names of Zircaloy-4 samples are shown in Table 2.

Table 2. Chemical composition of Zircaloy-4 rod

Sample name	Annealing (°C)	Cold rolling (%)
AR	-	-
AN	700	-
CR15	700	15
CR30	700	30
CR45	700	45
CR60	700	60
CR75	700	75

AR is as-received material. AN is only annealed and other samples are cold rolled to different reduction ratios. The annealing process is performed by an atmosphere controlled heat treatment furnace. The air in the furnace is removed by a vacuum pump with 60 mbar vacuum before filling the atmosphere of the furnace with argon. AN, CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 are annealed by applying 4 hours recrystallization heat treatment at 700°C in argon atmosphere. Samples are cooled to room temperature in the furnace. CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 are heated to 300°C in air atmosphere before each pass of cold rolling. These samples are cold rolled by two rolling mills with 240 mm diameter at 1.25 rpm rolling speed. 15% reduction ratio is practiced in each pass. Thereby, 1 pass for CR15, 2 passes for CR30, 3 passes for CR45, 4 passes for CR60, and 5 passes for CR75 are performed. All samples are sectioned both from rolling direction (RD) and transverse direction (TD) to illustrate the anisotropy in the mechanical properties. Sectioned samples mounted into bakelite by a hot mounting press. After hot mounting, mounted samples are grinded with 320, 600, 800, 1000, 1200, 2000, and 2500 grit SiC coated abrasive grinding papers. After this, samples are polished with 6 µm, 3 µm, and 1 µm diamond suspension on flocked polishing cloth.

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

Polished samples are etched with proper etchant for thirty seconds to reveal the microstructure clearly. Chemical composition of etchant is shown in Table 3.

Table 3. Chemical composition of etchant

Component	Weight(%)
Hydrofluoric acid (HF)	10
Nitric acid (HNO ₃)	45
Distilled water	45

Transverse (left) and rolling (right) directions of samples are hot mounted to same bakelite as shown in Fig. 1.

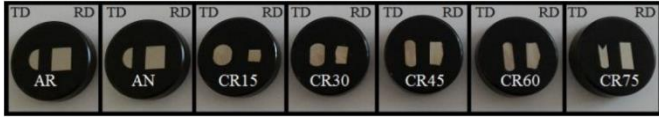


Fig. 1 Prepared samples

C. Micro and Nano Scale Mechanical Tests

Micro scale mechanical properties are examined with SHIMADZU HMV-G micro Vickers hardness tester shown in Fig. 2. Microhardness test is practiced both just after cold rolling process and after polishing and etching. Microhardness measurements are practiced under 9.807 N load and 6 seconds holding time by diamond pyramid indenter.



Fig. 2 SHIMADZU HMV-G micro Vickers hardness tester

Nano scale mechanical properties are studied by BRUKER UMT via nanoindentation test mode. UMT is shown in Fig. 3. Rolling and transverse directions of samples are investigated after polishing and etching. Nanoindentation tests are carried out by berkovich diamond triangular pyramid indenter with 100 nm tip radius. Multiple-stage loading profile (from 50 mN to 400 mN with 50 mN increase in each step) is applied to each sample.

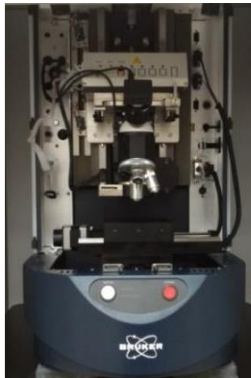


Fig. 3 BRUKER UMT

D. Microscopic Examination

Microstructure photographs of etched samples are taken by NIKON Eclipse MA100 inverted optical microscope in 1000X magnification to illustrate the grain structure, orientation, and size.

Fracture surface pictures of samples are taken by FEI Quanta Feg 450 SEM. Scanning is performed in 1000X and 5000X magnification with high vacuum mode. Scanned areas of fracture surfaces are chosen randomly.

III. RESULTS

A. Micro and Nano Scale Mechanical Test Results

Microhardness test is performed both just after cold rolling process and after polishing and etching. The measurements after cold rolling illustrated the effect of cold rolling process on microhardness. On the other hand, micro Vickers hardness test after etching showed the effect of polishing and etching on microhardness. Microhardness values of samples after cold rolling are shown in Fig. 4.

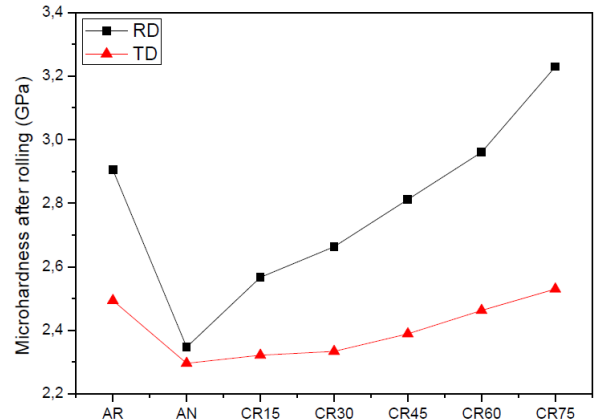


Fig. 4 Microhardness values of samples after cold rolling

AR, AN, CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 after rolling are 2.905, 2.347, 2.567, 2.663, 2.812, 2.961, 3.230 GPa, and 2.494, 2.296, 2.322, 2.334, 2.389, 2.463, 2.530 GPa, respectively. Microhardness value of samples increased with increasing cold rolling reduction ratio in both rolling and transverse directions. Microhardness values of samples after etching are shown in Fig. 5.

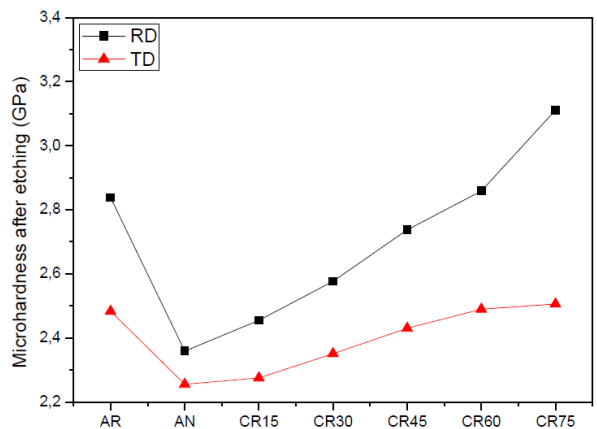


Fig. 5 Microhardness values of samples after etching

Microhardness values of rolling and transverse direction of AR, AN, CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 after etching are 2.838, 2.359, 2.455, 2.577, 2.738, 2.859, 3.112 GPa, and 2.483, 2.255, 2.275, 2.351, 2.43, 2.490, 2.506 GPa, respectively.

Nanoindentation results are represented by illustrating the graphs about the effect of multiple-stage loading on depth of indentation mark. Load-depth graphs of rolling directions of samples are shown in Fig. 6.

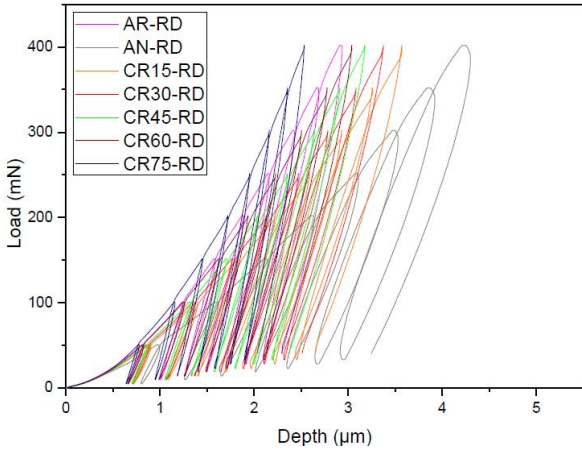


Fig. 6 Load-depth graphs of rolling directions of samples

Steeper slope of the curve means higher elastic modulus and lower depth means higher hardness due to small projected area [7]. CR75 has the highest hardness with minimum depth, and highest elastic modulus with steepest slope of curve. Conversely, AN has the lowest hardness and elastic modulus. Other samples took place according to their reduction ratios. Load-depth graphs of transverse directions of samples are shown in Fig. 7.

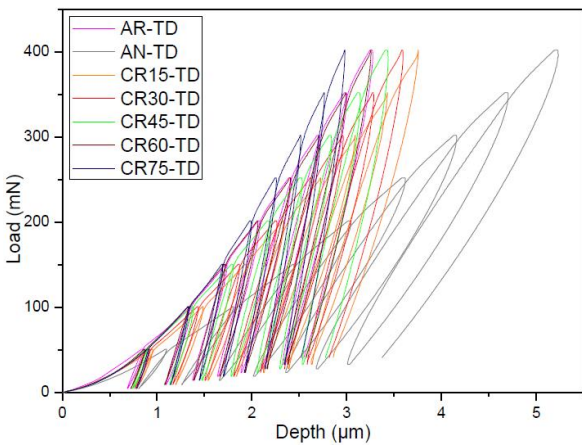


Fig. 7. Load-depth graphs of transverse directions of samples

The gradation of curves in transverse direction is similar to that in rolling direction. CR75 is the hardest sample with having the highest elastic modulus, and vice versa is valid for AN. The shifting of the curves to the left side continued up to curves of CR75 both in rolling and transverse directions. Average nanoindentation values of samples after etching are shown in Fig. 8.

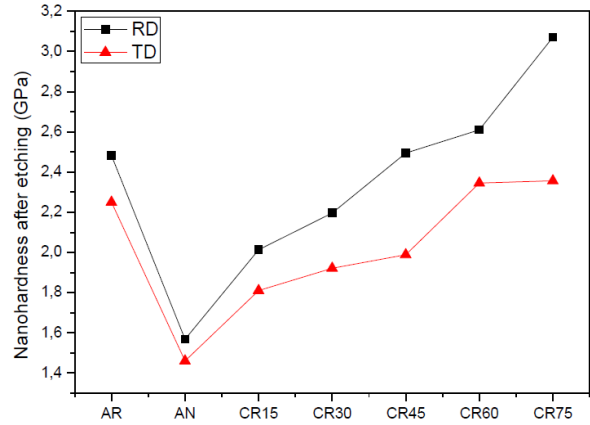


Fig. 8. Average nanoindentation values of samples after etching

As seen in Fig. 8, nanoindentation increased with increasing of cold rolling reduction ratio as expected. Nanoindentation values of rolling direction and transverse direction of AR, AN, CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 after etching are 2.482, 1.568, 2.013, 2.196, 2.494, 2.610, 3.071 GPa, and 2.250, 1.460, 1.810, 1.921, 1.989, 2.345, 2.356 GPa, respectively. Nanoindentation values of AR in both directions are similar to those of CR60. The average elastic modulus values of samples are shown in Fig. 9.

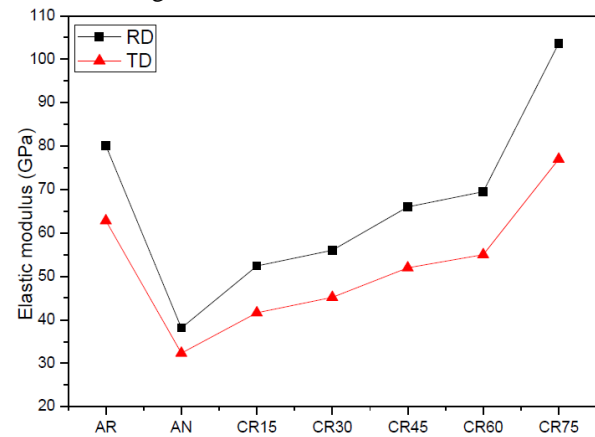


Fig. 9. Average elastic modulus values of samples

As can be seen in Fig. 9, elastic modulus, nanoindentation, and microhardness values are interrelated. Elastic modulus values of rolling direction and transverse direction of AR, AN, CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 are 80.1, 38.1, 52.4, 56, 66, 69.5, 103.7 GPa, and 62.8, 32.3, 41.6, 45.2, 52, 55, 77 GPa, respectively.

Elastic modulus values increased with increasing cold rolling reduction ratio. Moreover, elastic modulus values of AR are between CR60 and CR75.

B. Microscopic Examination Results

All samples are etched, and microstructure photographs are taken by inverted optical microscope in 1000X magnification to illustrate the grain structure, orientation, and size. Microstructures of rolling and transverse directions of AR are shown in Fig. 10. The red lines on the photographs represent 20 μm scale bar.

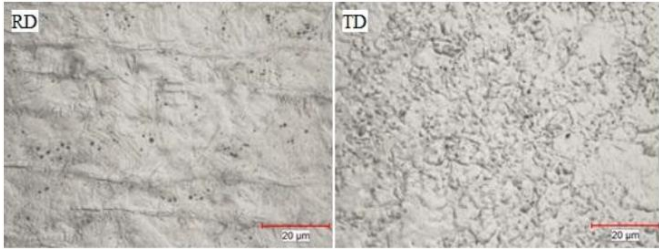


Fig. 10. Microstructures of rolling and transverse directions of AR

As seen in Fig. 10, there are elongated and broken grains in rolling direction. Grain sizes are in the range of 5-15 µm. Rolling direction of sample has bigger grains due to elongation derived from cold rolling. Furthermore, there are some overlong grains in rolling direction. Microstructures of rolling and transverse directions of AN are shown in Fig. 11.

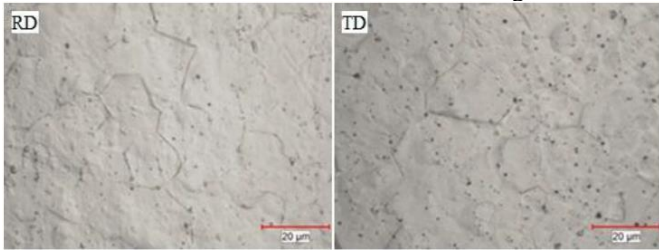


Fig. 11. Microstructures of rolling and transverse directions of AN

As illustrated in Fig. 11, there are equiaxed big grains in both rolling and transverse direction. Grain sizes are in the range of 10-25 µm. Black points on the surface are defects and voids. The orientation could not be seen due to absence of cold rolling process. Fig. 12 shows microstructures of rolling and transverse directions of CR15.

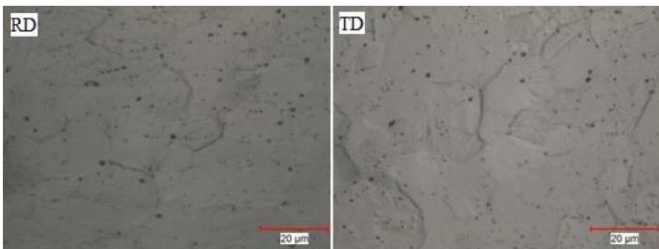


Fig. 12. Microstructures of rolling and transverse directions of CR15

The difference between AN and CR15 is very little. The most notably difference is the alignment of some voids in the rolling direction. In addition, grain size is slightly lower than AN in both directions. Fig. 13 shows microstructures of rolling and transverse directions of CR30.

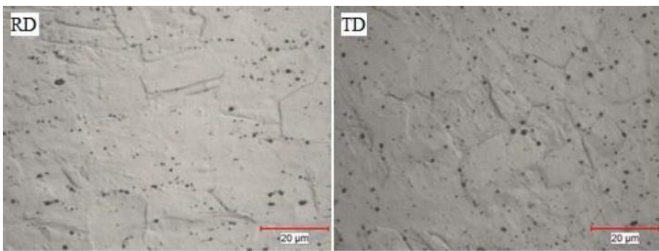


Fig. 13. Microstructures of rolling and transverse directions of CR30

Grains started to elongate in rolling direction, while getting smaller in transverse direction. Grain boundary orientation started to form along the rolling direction. Grain sizes are in the range of 12-20 µm. Fig. 14 shows microstructures of rolling and transverse directions of CR45.

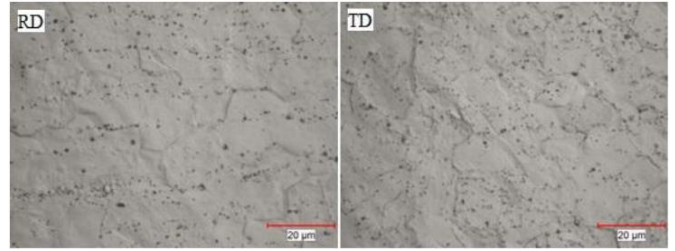


Fig. 14. Microstructures of rolling and transverse directions of CR45

As illustrated in Fig. 14, grain boundary orientation and alignment of voids started to create a band structure in rolling direction. Grains in rolling and transverse directions are smaller than that of CR30. The grain size range is nearly 10-15 µm. The grain sizes in transverse direction are slightly lower than those of rolling direction. Fig. 15 shows microstructures of rolling and transverse directions of CR60.

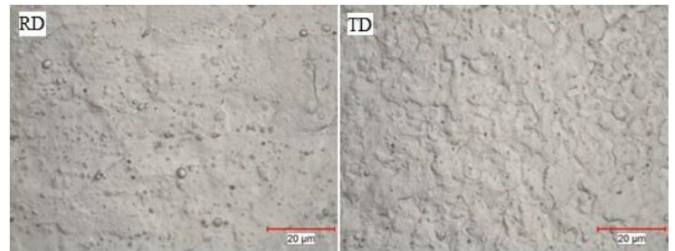


Fig. 15. Microstructures of rolling and transverse directions of CR60

Grain sizes of rolling and transverse directions continue to decreasing. Grain sizes of CR60 are in the range of 5-13 µm. Fig. 16 shows microstructures of rolling and transverse directions of CR75.

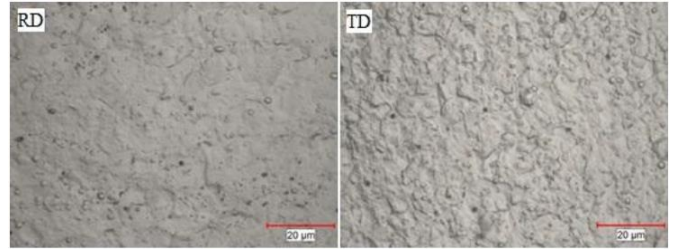


Fig. 16. Microstructures of rolling and transverse directions of CR75

As illustrated in Fig. 16, an orientation formed along the rolling direction. Grain sizes in rolling and transverse directions reached to their minimum values in the range of 3-10 µm. Transverse direction of CR75 has lower grain sizes than rolling direction like other samples. Fig. 17 shows average grain sizes of samples.

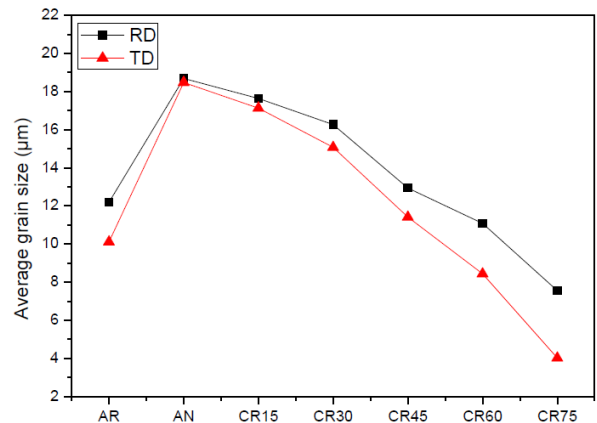


Fig. 17. Average grain sizes of samples

Average grain sizes of rolling direction of AR, AN, CR15, CR30, CR45, CR60, and CR75 are 12.19, 18.68, 17.63, 16.26, 12.93, 11.08, 7.55 μm . Average grain sizes of transverse direction of samples are 10.11, 18.47, 17.12, 15.07, 11.41, 8.43, 4.02 μm , respectively.

Average grain sizes of transverse directions are lower than average grain sizes of rolling directions. In addition, average grain size decreased with increasing of cold rolling reduction ratio. Average grain size values of AR are between CR45 and CR60.

Fracture surface pictures of samples are taken randomly in 1000X and 5000X magnification with high vacuum mode to illustrate fracture behavior of samples. Fig. 18 shows fractography images of AR.

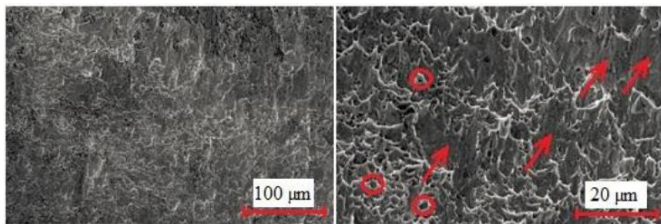


Fig. 18. Fractography images of AR in 1000X (left) & 5000X (right)

Flat areas shown with arrows represent the quasi-cleavage surfaces; on the other hand, small voids shown with circles stand for dimples. As seen in Fig. 18, the amount of quasi-cleavage surfaces is higher than amount of dimples. Consequently, the fracture behavior is mixed fracture mode but it is closer to brittle fracture mode more than ductile fracture mode. Fig. 19 shows fractography images of AN in 1000X and 5000X magnification.

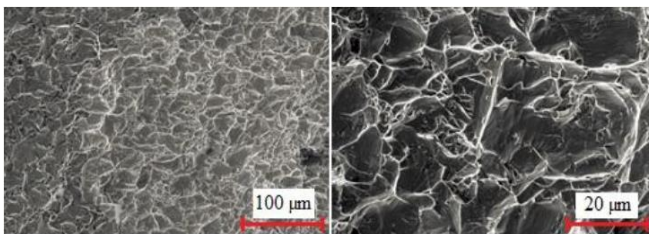


Fig. 19. Fractography images of AN in 1000X (left) & 5000X (right)

There are a lot of big dimples and little quasi-cleavage surfaces, so the fracture behavior is mixed fracture mode but closer to ductile fracture mode. Fig. 20 shows fractography images of CR15 in 1000X and 5000X magnification.

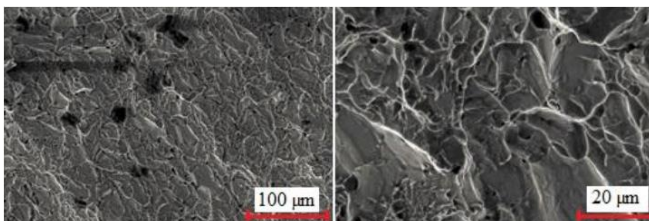


Fig. 20. Fractography images of CR15 in 1000X (left) & 5000X (right)

As seen in Fig. 20, the amount of dimples decreased and quasi-cleavage surfaces increased slightly in comparison with AN. There are big cavities in the fractography image taken in 1000X magnification. These cavities assumed to be voids that formed in fabrication process, because they are too big to

consider like a dimple. Fig. 21 shows fractography images of CR30 in 1000X and 5000X magnification.

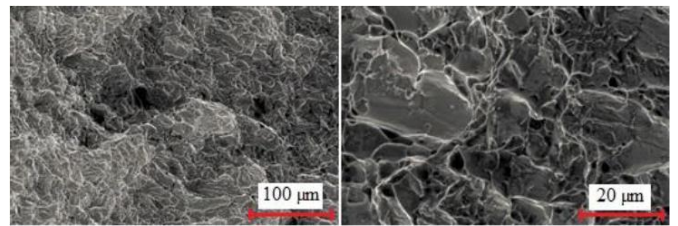


Fig. 21. Fractography images of CR30 in 1000X (left) & 5000X (right)

The amount of dimples continued to decrease and quasi-cleavage surfaces became more dominant when compared with CR15. The elastic modulus and hardness increased with increasing of cold rolling reduction ratio as mentioned before. Therefore, mixed fracture mode became closer to brittle fracture mode. Fig. 22 shows fractography images of CR45 in 1000X and 5000X magnification.

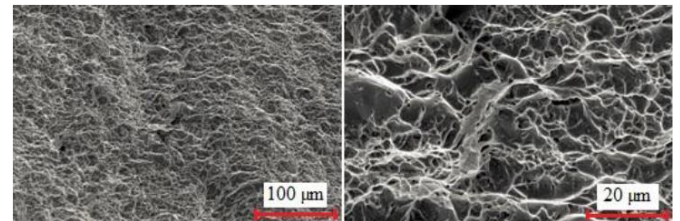


Fig. 22. Fractography images of CR45 in 1000X (left) & 5000X (right)

As seen in Fig. 22, there is an obvious superiority of quasi-cleavage surfaces on dimples. This situation is related with high elastic modulus and hardness. Fig. 23 shows fractography images of CR60 in 1000X and 5000X magnification.

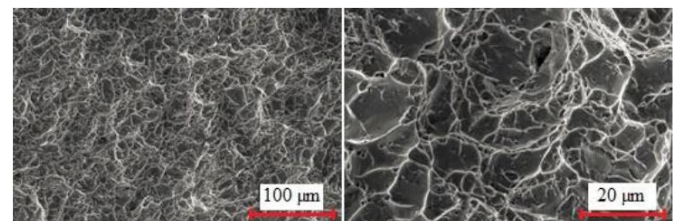


Fig. 23. Fractography images of CR60 in 1000X (left) & 5000X (right)

The amount of dimples continued to decrease; conversely, the amount of quasi-cleavage surfaces continued to increase. Moreover, the surface is smoother than that of CR45. Fig. 24 shows fractography images of CR75 in 1000X and 5000X magnification.

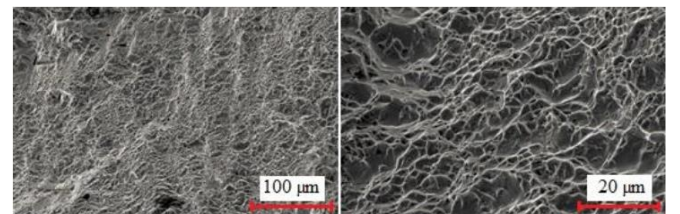


Fig. 24. Fractography images of CR75 in 1000X (left) & 5000X (right)

As illustrated in Fig. 24, the amount of quasi-cleavage surfaces reached to maximum in comparison with other samples. On the other hand, the amount of dimples is very little. As a result, AN is the most ductile, and CR75 is the most brittle sample.

IV. DISCUSSION

Grain refinement and work hardening are main mechanisms for microhardness increment [2]. It can be understood from Fig. 4 that microhardness values of rolling direction of samples are higher than that of transverse direction of samples after cold rolling process. The reason for this is the grain orientation difference between two directions. The anisotropy of mechanical properties in materials with longitudinal grains is a well-known fact [5]. It also can be seen in Figure 3.21 that the distance between microhardness value of rolling direction and microhardness value of transverse direction increased with increasing cold rolling reduction ratio. The evolution in grain refinement and work hardening mechanisms is the reason for increment in the distance between microhardness value of rolling direction and that of transverse direction. Work hardening mechanism in rolling direction is more effective than that in transverse direction, and its effect increases with increasing reduction ratio. On the other hand, grain refinement mechanisms in both directions are similar. The direction-dependent change of work hardening mechanism is the main factor for this situation [2].

If Fig. 4 and Fig. 5 are analysed together, it can be seen that polishing and etching have very little reducing effect on microhardness values of samples in both rolling and transverse directions. This situation reveals the relationship between surface roughness and hardness. As it is known, hardness increases with decreasing of surface roughness [6]. Etching slightly increased the surface roughness and thus reduced the hardness.

As can be seen in Fig. 6 and Fig. 7, the slopes of load-depth curves of rolling directions are steeper than those of transverse directions. Furthermore, maximum depth values of transverse directions are higher than those of rolling directions. Consequently, elastic modulus and hardness values of rolling directions of samples are higher than those of transverse directions of samples. This result is in a good agreement with the information mentioned before in microhardness values.

The homogeneity of samples can be explained with shape of the curves. If the curves of different loads (from 50 mN to 400 mN) form a regular line, it means that the sample is homogeneous. Load-depth figures of samples illustrate that the homogeneity of all samples are in a good level [8].

The nose of the curve is sharper in samples with high elastic modulus, and more cambered in samples with low elastic modulus. Internal stresses play an important role in this situation by influencing the recovery behaviour [9].

Average nanohardness values of samples are in a good agreement with microhardness values and load-depth curves. Also, these values are in corroboration with the literature [10, 11].

Mechanical properties of AR and CR60 are very similar. The well known production route for rod shaped materials includes hot extrusion, multiple cold rolling, and annealing [12]. It is predicted that AR cold rolled to approximately 60% reduction ratio during fabrication.

The overlong grains are not typical for cold rolled materials, and can be seen in hot rolled samples. The overlong grains should be derived from the hot rolling part of production route of AR.

The hardness increased with decreasing of grain size in rolling direction. For example, CR75-RD is harder than CR60-RD by having smaller grains. On the other hand, CR75-RD is harder than CR75-TD but grains of CR75-TD are smaller. the mechanisms for increasing of hardness are grain refinement

and work hardening. The work hardening mechanism is more effective in rolling direction. In addition, the anisotropy due to grain orientation affects the hardness. The effects of work hardening and grain orientation are more dominant than grain refinement effect. Consequently, higher hardness of CR75-RD from CR75-TD becomes reasonable, although grains of CR75-RD are bigger.

Cleavage surfaces are characteristic for brittle materials, and dimples are characteristic for ductile materials. Furthermore, cleavage surfaces and dimples can be located together in most of the metals, and this situation is named mixed fracture mode [13, 14]. It can be concluded that the fracture behavior of samples changed with cold rolling. AN is the most ductile sample with maximum amount of dimples and CR75 is the most brittle sample with maximum amount of quasi-cleavage surfaces.

V. CONCLUSION

Microhardness values of samples increased with increasing cold rolling reduction ratio in both rolling and transverse directions by grain refinement and work hardening mechanisms in microscale. In addition, work hardening mechanism in rolling direction is more effective than that in transverse direction, and its effect increases with increasing reduction ratio. On the other hand, grain refinement mechanisms in both directions are similar. Furthermore, polishing and etching have very little reducing effect on microhardness values of samples in both rolling and transverse directions.

Nanohardness and elastic modulus increased with increasing of cold rolling reduction ratio. Moreover, elastic modulus and hardness values of rolling direction of samples are higher than that of transverse direction of samples. Load-depth figures of samples illustrate that the homogeneity of all samples are in a good level.

The hardness increased with decreasing of grain size in rolling direction. In addition, average grain sizes of transverse directions are lower than average grain sizes of rolling directions. Samples have mixed fracture mode with quasi-cleavage surfaces and dimples. The fracture behaviour of samples altered from ductile to brittle with increasing of cold rolling reduction ratio.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank Assoc. Prof. Dr. Çağrı ÇIRAK, Res. Assist. Dr. Fikret YILMAZ, Bayram BAYAR, Abdülaziz GÜNEŞ and Harun ASLANER for their help in experimental studies.

REFERENCES

- [1] S. Glasstone and A. Sesonske, Nuclear Reactor Engineering – Reactor Systems, 4nd ed. Vol.2, Dordrecht, Holland: Springer-Science+Business Media, 1994.
- [2] D. Fuloria, N. Kumar, S. Goel, R. Jayaganthan, S. Jha, D. Srivastava, “Tensile Properties and Microstructural Evolution of Zircaloy-4 Processed Through Rolling at Different Temperatures,” *Materials and Design*, vol. 103, pp. 40-51, 2016.
- [3] Y. S. Lim, H. G. Kim, Y. H. Jeong, “Experimental Evolution of the Rolling Reduction and Heat-treatment Effects on the Texture and Creep Behavior of a Zircaloy-4 Sheet,” *Materials Transactions*, vol. 49(8), pp. 1922-1925, 2008.
- [4] V. Busser, M. C. B. Dubourg, J. Desquines, C. Duriez, J. P. Mardon, “Mechanical Response of Oxidized Zircaloy-4 Cladding Material Submitted to a Ring Compression Test,” *Journal of Nuclear Materials*, vol. 384, pp. 87-95, 2009.

- [5] J. S. Yoo, I. S. Kim, "Texture Transformations and Its Role on the Yield Strength of ($\alpha+\beta$) Heat Treated Zircaloy-4," *Journal of the Korean Nuclear Society*, vol. 24(1), pp. 75-85, 1992.
- [6] X. Fischer, A. Daidie, B. Eynard, M. Paredes, *Research in Interactive Design Vol. 4: Mechanics, Design Engineering and Advanced Manufacturing*, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.
- [7] F. Yılmaz, "Farklı Yöntemlerle Üretilen AB5 Tipi Hidrojen Depolayan Alaşımların Karakterizasyonu," Ph.D. Thesis, Gaziosmanpaşa University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tokat-Turkey, 2014.
- [8] F. Yılmaz, "Nanokristal Al-Si-Sb Alaşımlarının Enerji Yaklaşımı ile Mikromekanik Karakterizasyonu," M.Sc. Thesis, Gaziosmanpaşa University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Tokat-Turkey, 2008.
- [9] P. Trivedi, A. K. Patel, R. Maurya, R. Jayaganthan, K. Balani, "Nanomechanical Characterization and Protein Adsorption of Cold-Rolled Zirconium Alloy," *The Minerals, Metals & Materials Society*, vol. 67(4), pp. 726-732, 2015.
- [10] M. Ito, H. Muta, D. Setoyama, M. Uno, S. Yamanaka, "Nanoindentation Studies of High-temperature Oxidized Zircaloy-4 with and without Hydrogen," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 446-447, pp. 639-642, 2007.
- [11] A. H. De Menibus, Q. Auzoux, O. Dieye, P. Berger, S. Bosonnet, E. Foy, V. Macdonald, J. Besson, J. Crepin, "Formation and Characterization of Hydride Blisters in Zircaloy-4 Cladding Tubes," *Journal of Nuclear Materials*, vol. 449, pp. 132-147, 2014.
- [12] G. E. Totten, K. Funatani, L. Xie, *Handbook of Metallurgical Process Design*, New York: Marcel Dekker Inc., 2004.
- [13] W. D. Callister, D. G. Rethwisch, *Materials Science and Engineering, SI Version (8th Ed.)*, New York: John Wiley & Sons Inc., 2011.
- [14] D. J. Wulpi, *Understanding How Components Fail (3th Ed.)*,

The Effect of Production Parameters on Secondary Dendrite Arm Spacing (SDAS) and Estimation of Cooling Rate by SDAS in Functionally Graded Al-Cu Eutectic Alloy[†]

Semih Ağca

*Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey
agcasemih@gmail.com*

Abstract – In this study, the effect of production parameters (G number, casting atmosphere, and cooling rate) on secondary dendrite arm spacing (SDAS) and estimation of cooling rate by SDAS in functionally graded Al-Cu eutectic alloy are investigated. Functionally graded Al-Cu eutectic alloy is fabricated by centrifugal casting method. Different productions are carried out by changing cooling rate, G number and casting atmosphere. Cooling rate is controlled by a novel mold design and 0,09 K/s, 1,04 K/s, 1,96 K/s and 2,82 K/s cooling rates are obtained by using this mold. 10, 20 and 30 G numbers are obtained by changing the mold rotation speed. Air and 200 mBar vacuum atmospheres are preferred as casting atmospheres. SDASs are measured by Leica Application Suite V 4.6 image analysis software. Apparent interlamellar spacing is used in measurements. It is found that cooling rate alteration has a significant influence on SDAS. In addition to this, G number and casting atmosphere affected the SDAS by affecting the cooling rate. SDAS increased with the decreasing of cooling rate. Successful results are obtained in cooling rate estimation.

Keywords – Aluminum alloys, FGM, SDAS, cooling rate.

I. INTRODUCTION

Functionally graded aluminum alloys attracted the attention of scientists due to outstanding properties. There are many fabrication techniques for production of functionally graded materials. Powder metallurgy, thermal spraying and centrifugal casting are commonly used techniques for this process. Centrifugal casting differs from other techniques by being simple and cost effective. Rahvard et al. [1] have investigated the fabrication of A390 aluminum alloy by centrifugal casting with different magnesium contents and the characterization of the graded structures of samples. They found different particle distributions in the inner and outer layers and this affected the mechanical properties of samples. Lin et al. [2] have studied the fabrication of functionally graded Al-Si-Mg alloy by centrifugal casting. They showed that the functionally graded Al-Si-Mg alloy has superiority on conventional Al-Si-Mg alloy in wear resistance and thermal expansion property. Shailesh et al. [3] have studied the optimization of process parameters of Al-Si alloy by centrifugal casting. They found that the increase in the pouring temperature reduced mechanical properties; on the other hand, increase in mold speed increased the mechanical properties and density. Chirita et al. [4] have investigated the sensitivity of different aluminum alloys to centrifugal casting. They found that the centrifugal effect on mechanical properties was more pronounced in alloys with high eutectic contents. Mechanical properties of materials like hardness, tensile strength, percentage elongation, and impact energy are related with secondary dendrite arm spacing (SDAS) and SDAS can be controlled by cooling rate [5].

In this study, functionally graded Al-Cu eutectic alloy is fabricated by centrifugal casting. The effect of G number, casting atmosphere, and cooling rate on SDAS is investigated. Moreover, cooling rates of samples are roughly estimated by SDAS.

II. MATERIALS AND METHOD

A. Production of Pre-samples

Pure aluminium with ETIAL-7 standard and commercially pure copper are used to produce the Al-Cu eutectic alloy. Chemical composition of ETIAL-7 aluminium is shown in Table 1.

Table 1. Chemical composition of ETIAL-7 aluminium

Element	Al	Fe	Si	Cu	Others
Weight (%)	99.7	0.15	0.25	0.03	0.17

Chemical composition of commercially pure copper is shown in Table 2.

Table 2. Chemical composition of commercially pure copper

Element	Cu	Fe	Si	Bi	S	Others
Amount	+99.99	<2.00	<2.00	<2.00	<10.00	<15.00
	Wt. %	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm

Aluminum and copper are weighted according to eutectic ratio and melted in SiC crucible at 700°C by an electrical resistance melting furnace. Liquid metal stirred with pure copper sticks to avoid contamination and for having a homogenous eutectic melt. Chemical compositions of pre-samples are tested by optical emission spectrometer to be sure about homogeneity. The result is shown in Table 3.

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

Table 3. Chemical composition of Al-Cu eutectic alloy pre-samples

Element	Al	Cu	Si	Fe	Others
Weight (%)	66.90	32.80	0.03	0.15	0.05

The centrifugal casting machine that used in this study has a closed system, so material adding is impossible while working. For this reason, pre-samples are produced in steel molds those have same volume with the centrifugal casting mold. Pre-samples and steel molds are shown in Fig. 1.

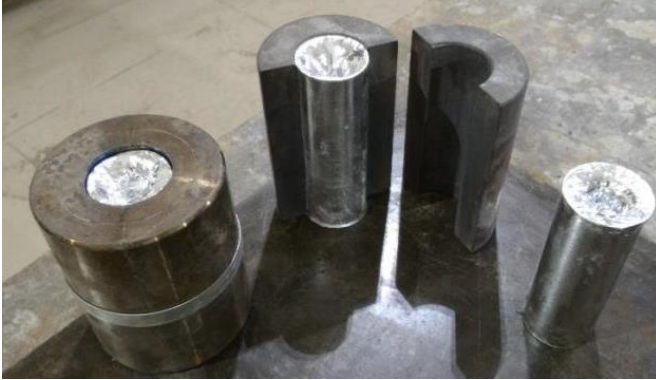


Fig. 1. Pre-samples and steel molds

B. Mold Design

Four different molds are designed by using metallic and ceramic materials. Outer parts of molds are fabricated from Al-6061 alloy to protect molds from the negative effects of high pressure that occurs in centrifugal casting process. Copper coolers are located on the bottom of molds. Different cooling rates are obtained by changing the contact area between liquid alloy and the copper cooler. Inner parts of molds are fabricated from ceramic materials with low heat transfer coefficients. Mold designs are shown in Fig. 2.

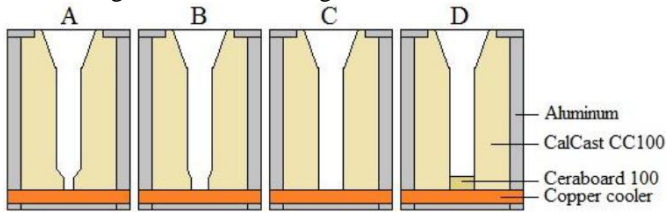


Fig. 2. Mold designs for obtaining different cooling rates

Calcast CC100 is used in inner parts of A, B, C, and D molds. Furthermore, Ceraboard 100 is used in D mold to prevent the contact of liquid alloy to copper cooler. Directional solidification is obtained in A, B, and C molds by the difference between heat transfer coefficients of Calcast CC100 and copper cooler. There was no directional solidification in D mold because of equal heat transfer in all directions. Heat transfer coefficients of mold materials are shown in Table 4.

Table4. Heat transfer coefficients of mold materials [6, 7]

Material	Cu	Al-6061	Calcast CC100	Ceraboard 100
Heat transfer coefficient(W/mK)	400	167	0.26	0.13

Cooling rates and the contact areas between liquid alloy and the copper coolers are shown in Table 5.

Table5. Cooling rates of molds and contact areas

Mold	A	B	C	D
Cooling Rate(K/s)	1.04	1.96	2.82	0.09

Contact Area(cm ²)	2.35	4.70	7.05	none
--------------------------------	------	------	------	------

Detailed information about molds and heat transfer calculations can be found in another study [8].

C. Centrifugal Casting

Functionally graded Al-Cu eutectic alloy samples are fabricated by casting pre-samples in TopCast TCE centrifugal casting machine. Centrifugal casting machine and mold are shown in Fig. 3.

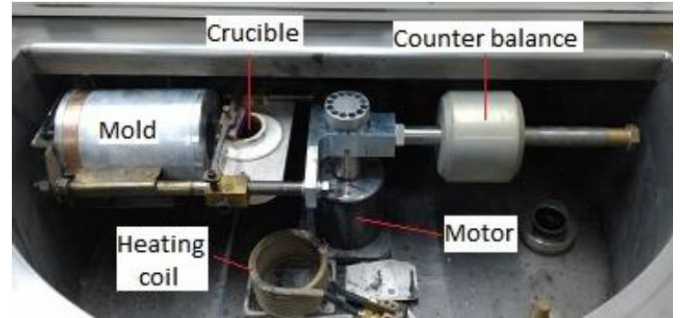


Fig. 3. Centrifugal casting machine and mold

Mold rotation speed is set to achieve 10, 20 and 30 G numbers. Ceramic parts of the mold are pre-heated to 200°C to avoid the thermal shock and cracking. 700°C is selected for casting temperature and controlled by optical pyrometer. After putting the pre-sample to crucible, the cover of centrifugal casting machine is closed and 200 mBar vacuum is applied to all specimens for degassing until completion of melting. Vacuum is released before rotation in fabrication of specimens produced in air atmosphere and held until the end of rotation for specimens fabricated in vacuum atmosphere. After the melt reached 700°C, mold is rotated for 8 and 15 minutes for high cooling rates (A, B, and C molds) and slow cooling rate (D mold), respectively. These time slots include pouring, solidification and cooling. Fabricated samples by A, B, C, and M molds are shown in Fig. 4.

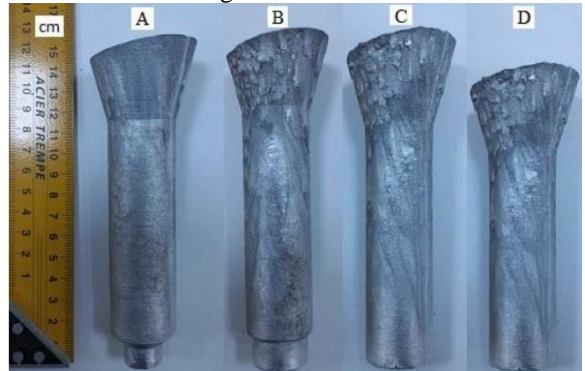


Fig. 4. Fabricated samples by A, B, C, and D molds

D. Metallographic Examination

Fabricated samples are cut into pieces by abrasive cutter like shown in Fig. 5 to make more feasible for metallographic examination.

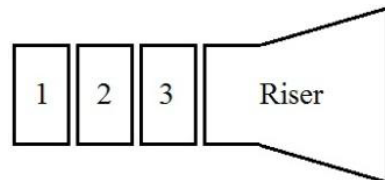


Fig. 5. Pieces of samples

All pieces are cut through the axis of symmetry to investigate the interior parts of samples. After cutting, samples are grinded with 320, 600, 800, 1000, and 1200 grit SiC abrasive papers.

Samples are polished and etched by Struers LectroPol-5 electropolisher for 5 seconds at 22°C. The volumetric ratios of components of electrolyte used in electropolishing are shown in Table 6.

Table6. Components of electrolyte used in electropolishing

Component	Vol %
Ethyl alcohol	60
Distilled water	20
2-Butoxyethanol	15
HClO4 (perchloric acid)	5

After electropolishing, microstructure photographs are taken by Leica DMI5000M microscope.

E. SDAS Measurement

SDAS measurements are practiced by Leica Application Suite V 4.6 image analysis software. Apparent interlamellar spacing is used in measurements. Fig. 6 shows apparent and random interlamellar spacings.

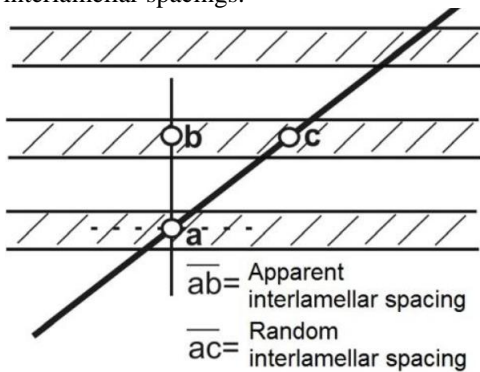


Fig. 6. Apparent and random interlamellar spacings [9]

F. Cooling Rate Estimation

Cooling rates of samples are roughly estimated by the equation shown below.

$$\text{Cooling rate} = \left(\frac{\Delta h_f}{C_p} \right) \times \left(\frac{2K}{R\lambda^2} \right)$$

Δh_f is latent heat, C_p is specific heat, K is the constant equals $27.5 \times 10^{-12} \text{ cm}^3/\text{s}$ obtained from unidirectional solidification experiments for the Al-Cu eutectic alloy. R is the radius of the cylinder sample (15 mm) and λ is SDAS interlamellar spacing. $\Delta h_f / C_p$ equals 440 K for the Al-Cu eutectic alloy [10].

III. RESULTS

Cooling rate alteration has a significant influence on SDAS. In addition to this, G number and casting atmosphere affected the SDAS by affecting the cooling rate.

Small SDASs occurred after the fabrication with high cooling rate. On the other hand, big SDASs developed after low cooling rate fabrications. Microstructures of samples fabricated in different cooling rates are shown in Fig. 7.

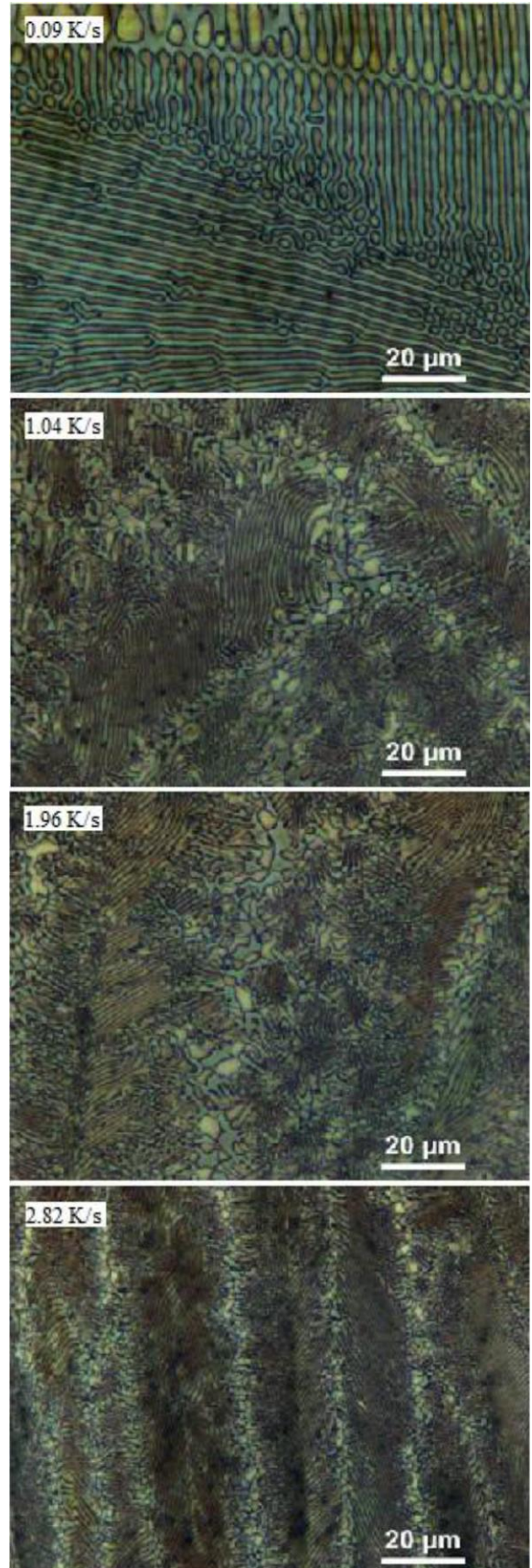


Fig. 7. Microstructures of samples fabricated in different cooling rates

The biggest SDASs are obtained with 0.09 K/s cooling rate, and the smallest SDASs are obtained with 2.82 K/s cooling rate.

Since A, B, and C molds are designed for directional solidification, both SDAS and solidification direction changed

in different parts of samples fabricated by these molds. Solidification directions and SDASs of different parts of samples fabricated by A, B, and C molds are shown in Fig. 8.

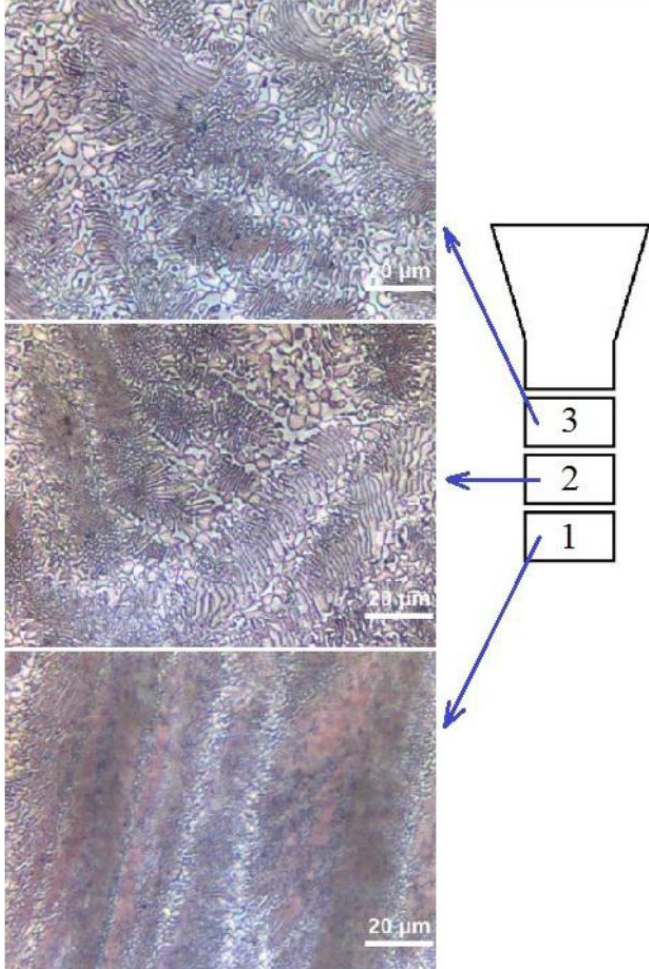


Fig. 8 Microstructures of different parts of samples (A, B, and C molds)

It is obvious that, first part has the smallest SDAS, and third part has the biggest. Moreover, the solidification direction is towards the copper cooler in first part, and it changes its direction as moving away from copper cooler. SDASs of samples fabricated by A mold are shown in Fig. 9.

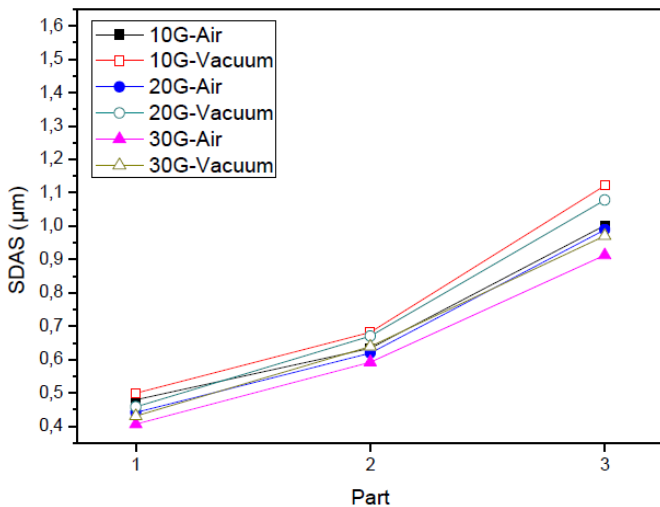


Fig. 9 SDASs of samples fabricated by A mold

As can be seen from Fig. 9, the SDAS values of third part are bigger than SDAS values of other parts. SDAS becomes

smaller with increasing of G number. SDAS values of samples fabricated in vacuum atmosphere are bigger than those of fabricated in air atmosphere. SDASs of samples fabricated by B mold are shown in Fig. 10.

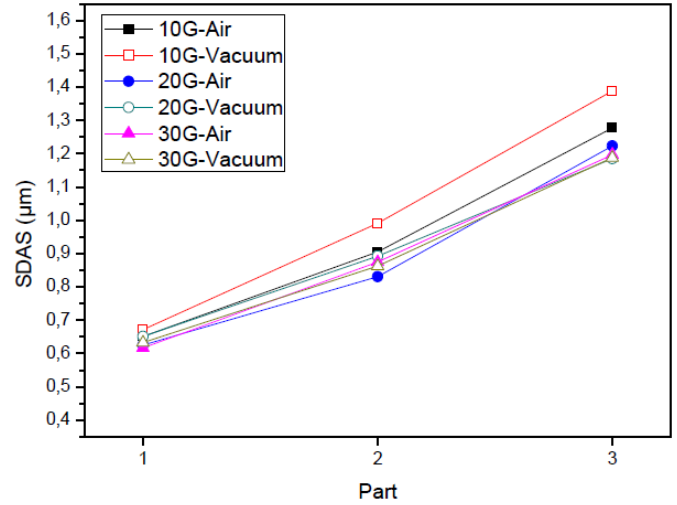


Fig. 10. SDASs of samples fabricated by B mold

As the cooling rate increases, SDAS decreases. SDASs of first parts of samples fabricated by A mold are in the range of 0.8-0.9 μm. This range decreased to 0.6-0.7 μm in the first parts of samples produced by B mold because of the increasing of cooling rate from 1.04 K/s to 1.96 K/s. This situation is also valid for second and third parts. SDASs of samples fabricated by C mold are shown in Fig. 11.

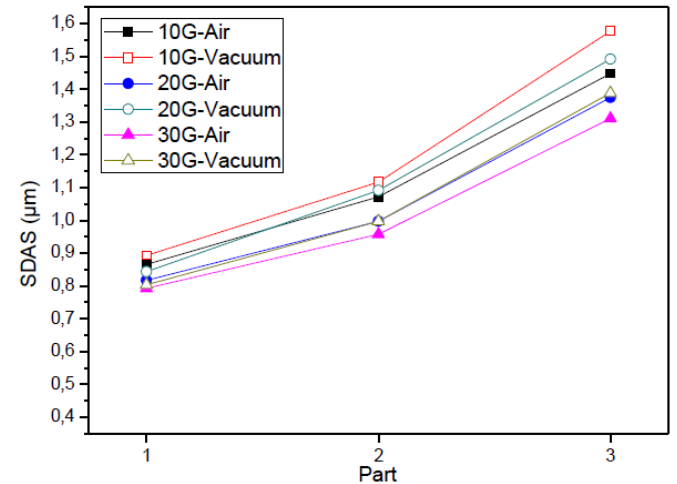


Fig. 11 SDASs of samples fabricated by C mold

As the cooling rate increased to 2.82 K/s, SDASs in the first parts of samples decreased to the range of 0.4-0.5 μm. It decreased to the range of 0.6-0.7 μm in second parts and 0.9-.1 μm in third parts. The effects of G number and casting atmosphere on SDAS are similar in A, B, and C molds. In addition to this, the effects of G number and casting atmosphere decreased very little with the increasing of cooling rate.

In the A, B, and C molds, there is a difference between SDAS values of different parts. This situation is due to the decreasing temperature gradient from the copper cooler to the riser zone in the A, B, and C molds. SDASs of samples fabricated by D mold are shown in Fig. 12.

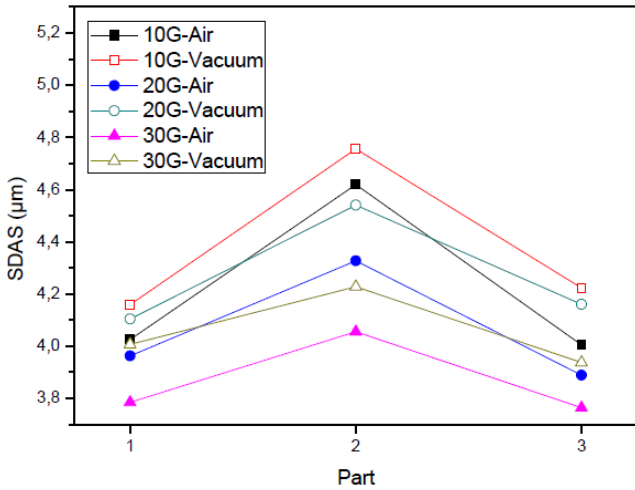


Fig. 12 SDASs of samples fabricated by D mold

As can be seen from Fig. 12, while SDASs in first and third parts are in the range of 3.7-4.3 µm, it is in the range of 4.0-4.8 in second parts. The effects of G number and casting atmosphere on SDAS are similar with the samples fabricated in high cooling rates. SDAS decreased with increase of G number and increased with vacuum application. In addition to this, G number and casting atmosphere are more effective in low cooling rate. Longer fluid retention of the alloy at low cooling rate is the main reason for the increase in G number and casting atmosphere effects.

To make an appropriate comparison between calculated and estimated cooling rates, mean value of SDASs from first, second, and third part is used in estimations. Mean values of SDASs of different parts are shown in Table 7.

Table7. Mean values of SDASs of different parts

Process\Mold	A	B	C	D
10G-A	1.128 µm	0.944 µm	0.705 µm	4.216 µm
10G-V	1.195 µm	1.017 µm	0.767 µm	4.379 µm
20G-A	1.063 µm	0.893 µm	0.683 µm	4.059 µm
20G-V	1.142 µm	0.909 µm	0.735 µm	4.268 µm
30G-A	1.020 µm	0.896 µm	0.637 µm	3.868 µm
30G-V	1.062 µm	0.894 µm	0.680 µm	4.057 µm

Mean values of SDASs are used as λ in cooling rate estimation equation. Estimated cooling rate results are shown in Table 8.

Table7. Mean values of SDASs of different parts

Process\Mold	A	B	C	D
10G-A	1.268 K/s	1.810 K/s	3.240 K/s	0.090 K/s
10G-V	1.129 K/s	1.560 K/s	2.740 K/s	0.084 K/s
20G-A	1.427 K/s	2.020 K/s	3.450 K/s	0.098 K/s
20G-V	1.237 K/s	1.950 K/s	2.980 K/s	0.088 K/s
30G-A	1.550 K/s	2.010 K/s	3.970 K/s	0.100 K/s
30G-V	1.430 K/s	2.018 K/s	3.480 K/s	0.098 K/s

As can be seen from Table 8 and Table 5, estimated and calculated cooling rates are similar with 11.5 % error in total.

IV. DISCUSSION

The difference in solidification direction between the parts is due to the different cooling rates of these parts. There is a decreasing temperature gradient in the A, B, and C molds from the copper cooler to the riser zone. Thus, the temperature difference which is the driving force of directional

solidification decreases and this changes the solidification direction.

Vacuum allows the alloy to remain liquid for a longer period of time because it reduces the number of air molecules in the environment and prevents heat transfer by convection. In the samples fabricated in vacuum atmosphere, the SDAS is bigger due to the longer completion of the solidification.

The effect of the G number can be defined by changing the cooling rate. As the G number increases, the pressure applied to the liquid metal increases. The increase in pressure applied to the liquid metal allows for better contact in the liquid metal-mold interface and faster transfer of heat from this interface. Thus, solidification becomes faster and SDAS becomes smaller [11].

Since the contact of liquid metal and copper cooler is prevented by isolation material, there is no decreasing temperature gradient from the copper cooler to the riser zone in D mold. However, a new temperature gradient occurred by different heat losses. First and third parts lost more heat than second part, so second part remained hot. This situation caused a new temperature gradient increasing from first part to second part, and decreasing from second part to third part. This temperature gradient changed the cooling rates of different parts and SDASs.

The error in cooling rate estimations derived from heat transfer calculations, measurement of SDASs only from three part, and image analysis software. The total errors in other cooling rate estimation studies in literature are between 15 % and 20 % [12]. Consequently, 11.5 % total error can be accepted as successful.

V. CONCLUSION

Functionally graded Al-Cu eutectic alloy is fabricated successfully with SDAS and solidification direction gradations.

The effect of production parameters on SDAS is revealed. Cooling rate is the most dominant parameter for SDAS change. G number and casting atmosphere are affected SDAS by affecting cooling rate in different ways.

The difference between SDASs of different parts of samples is derived from temperature gradation in molds. Different temperature gradations occurred due to different mold designs.

When compared with other studies from literature, successful cooling rate estimation results are obtained.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Nev Vakumlu Hassas Döküm (Newincasting). This technical support was gratefully acknowledged.

REFERENCES

- [1] S. M. [1] M. M. Rahvard, M. Tamizifar, S. M. A. Boutorabi, and S. G. Shiri, "Characterization of the graded distribution of primary particles and wear behavior in the A390 alloy ring with various Mg contents fabricated by centrifugal casting," *Materials and Design*, vol. 56, pp. 105-114, 2014.
- [2] X. Lin, C. Liu, and H. Xiao, "Fabrication of Al-Si-Mg functionally graded materials tube reinforced with in situ Si/Mg₂Si particles by centrifugal casting," *Composites: Part B*, vol. 45, pp. 8-21, 2013.
- [3] P. Shailesh, S. Sundarajan, and M. Komaraiah, "Optimization of process parameters of Al-Si alloy by centrifugal technique using

- Taguchi design of experiments,” *Procedia Materials Science*, vol. 6, pp. 812-820, 2014.
- [4] G. Chirita, I. Stefanescu, D.Cruz, D. Soares, and F. S. Silva, “Sensitivity of different Al-Si alloys to centrifugal casting effect,” *Materials and Design*, vol. 31, pp. 2867-2877, 2010.
- [5] M. Ş. Turhal and T. Savaşkan, “Relationships Between Secondary Dendrite Arm Spacing and Mechanical Properties of Zn-40Al-Cu Alloys,” *Journal of Materials Science*, vol. 38, pp. 2639-2646, 2003.
- [6] Y. Çengel, *Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer (2nd Ed.)*, USA: McGraw-Hill Primis, 2008.
- [7] J. A. Vargas, J. E. Torres, J. A. Pacheco, and R. J. Hernandez, “Analysis of heat input effect on the mechanical properties of Al-6061-T6 alloy weld joints,” *Materials and Design*, vol. 52, pp. 556-564, 2013.
- [8] S. Ağca and N. Akar, “Santrifüj Döküm Yöntemiyle Üretilen Al-Cu Fonksiyonel Derecelenmiş Malzemelerde Üretim Parametrelerinin Malzemenin Sertliği Üzerine Etkisi,” *Politeknik Dergisi*, vol. 20(1), pp. 121-127, 2017.
- [9] A. Czarski and P. Matusiewicz, “Some aspects of estimation accuracy of mean true interlamellar spacing,” *Metallurgy and Foundry Engineering*, vol. 38(2), pp. 133-140, 2012.
- [10] T. Koziel, P. Matusiewicz, M. Kopyscianski, and A. Zielinska-Lipiec, “Estimation of the cooling rate in 3 mm suction-cast rods based on the microstructural features,” *Metallurgy and Foundry Engineering*, vol. 39(2), pp. 7-14, 2013.
- [11] N. Akar, K. Boran, and B. Hozikliğil, “Effect of mold temperature on heat transfer coefficient at casting-mold interface,” *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, vol. 28(2), pp. 275-282, 2013.
- [12] Y. Watanabe, Y. Hattori, and H. Sato, “Distribution of microstructure and cooling rate in Al-Al₂Cu functionally graded materials fabricated by a centrifugal method,” *Journal of Materials Proces*

Patlatma Kaynaklı Yer Hareketi İçin Bilgisayar Yazılımının Geliştirilmesi[†]

Olgun Köksal^{1*}, Zeki Karaca²

¹Öğr. Gör., OMÜ Kavak MYO, Samsun, Turkey

²Doç. Dr., OMÜ İnşaat Müh. Bölümü, Samsun, Turkey

*(olgun.koksal@omu.edu.tr)

Özet – Bu çalışmada, patlatma kaynaklı oluşan yer hareketlerinin (hava etkili ve direkt etkili) yapılar üzerindeki dinamik etkilerini incelemek için, hesaplarda kullanılacak olan yer hareketi ivme değerleri rastgele yöntem ile tahmini olarak elde edilmektedir. Patlatma etkili yer hareketinin modellenmesinde, patlatma kaynağına olan uzaklığa ve patlatma şarj ağırlığına bağlı olarak elde edilen pik ivme değerinden ve patlatma basıncının zaman zarf eğrisinden yararlanılmaktadır. Patlatma kaynaklı yer hareketi modelinin oluşturulması için stasyonere olmayan rastgele işlem yeterli bir yöntem olarak sunulmaktadır. Patlatma kaynaklı yer hareketini temsilen, yer hareketi ivme değerlerinin tahmin edilebilmesi için BlastGM (Artificial Generation of Blast Induced Ground Motion) adlı bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım sayesinde patlatmanın kaynağına olan uzaklığa ve patlatma gücüne bağlı olarak yapay ivme değerleri oluşturulabilmektedir. Ayrıca bu yazılımda, patlatma kaynaklı yer hareketine ait, hız-zaman, yer değiştirme-zaman, patlatma basıncı-zaman grafikleri elde edilmektedir. Yapıların yakınında meydana gelen patlatmaların, çok etkili ani yer hareketlerine neden olduğu üretilen ivme değerlerinin incelenmesi ile görülmektedir.

Anahtar Kelimeler – Patlatma, Patlatma Etkili Yer Hareketi, Rastgele İşlem, Zarf Fonksiyonu, Pik İvme

Abstract – This study intended to obtain ground motion acceleration values due to blast-induced ground motions (air-induced and direct-induced) estimated by a random method. In order to model blast-induced ground motion, firstly, peak acceleration of ground motion acceleration and the time envelope curve function for the blast pressure were obtained from distance of the explosion center and the explosion charge weight and then blast-induced acceleration time history were established by using these factors. Non-stationary random process is presented as an appropriate method to be created blast induced ground motion model. As a representative of blast induced ground motion, the software named BlastGM (Artificial Generation of Blast induced Ground Motion) was developed by authors to predict ground motion acceleration values. Artificial acceleration values generated from the software depend on the charge weight and distance from the source of the explosion. Moreover, velocity-time, displacement-time and air blast pressure-time graphics of blast-induced ground motion are artificially obtained. According to the examination of synthetically generated acceleration values, it can be concluded that the explosions cause significant effective ground movements.

Keywords – Blast, Blast Induced Ground Motion, Random Process, Envelope Function, Peak Acceleration.

I. GİRİŞ

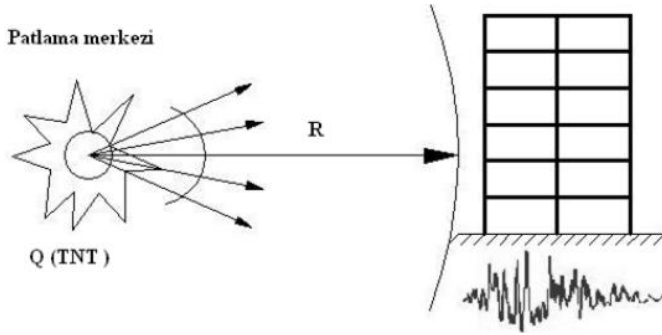
Karayolu tüneli, baraj inşaatı gibi patlatma işlemlerinin sık sık yapıldığı inşaat mühendisliği uygulamalarında, madencilik sektöründe, çalışma sahasına yakın yerleşim yerlerinde bulunan yapılar patlatma işleminin ortaya çıkardığı enerjiden etkilenmektedir. Yer yüzeyinde veya yer yüzeyi yakınında bir patlatma gerçekleştiğinde ortaya çıkan enerjinin bir kısmı serbest hava yoluyla bir kısmı da direkt yer boyunca iletilir. Hava yoluyla iletilen enerji hava etkili yer sarsıntısını oluştururken, direkt yer boyunca iletilen enerji de direkt etkili yer sarsıntısını oluşturur [3].

Patlatma sırasında havada oluşan basınç yere bir gerilme uygulayarak hava etkili yer sarsıntısı oluşur. Yerdeki gerilmenin büyüklük ve süresi, yer ortamına ve hava basıncının özelliğine bağlıdır. Genellikle, hava etkili yer hareketi aşağıya doğrudur. Hava etkili yer hareketleri, yer

yüzeyinde en büyüktür ve derinlikle azalır. Bununla birlikte, sığ su tabakası, sığ kaya zemin arayüzeyi veya diğer süreksizliklerin bulunması normal azalış süresini değiştirir [3]. Direkt etkili yer hareketi, yer tabakaları boyunca doğrudan iletilen patlatma enerjisinin sonucudur. Direkt etkili yer hareketi, hava etkili yer hareketinden daha uzun sürer ve dalga biçimi sinüzoidaldir. Patlatma işlemi gerçekleştiğinde, yer yüzeyinde bir noktadaki net yer sarsıntısı, hava etkili ve direkt etkili yer sarsıntısının birleşimidir [3].

Ülkemizde ve dünyada birçok alanda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte patlatma işlemi yapılmaktadır. Patlatma etkili oluşacak yer sarsıntılarının mevcut inşa edilmiş yapılara etkisi de büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle dünya literatüründe patlatma etkili yer hareketi çalışmalarının hızla devam etmesi nedeniyle bu çalışma önem taşımaktadır ([4,6,7,8,9,12,14]).

[†] This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).



Şekil 1. Patlatma merkezi, TNT patlayıcısı ve patlatma merkezine R uzaklığındaki yapı.

II. YÖNTEM

A. Patlatma Etkili Yer Hareketinin Modellenmesi

Patlatma etkili yer hareketinin modellenmesinde, patlatma kaynağına olan uzaklığa ve patlatma şarj ağırlığına bağlı olarak elde edilen pik ivme değerinden ve patlatma basıncının zaman zarf eğrisinden yararlanılmaktadır[6]. Patlatma kaynaklı yer hareketi modelinin oluşturulması için stasyonier olmayan rastgele işlem yeterli bir yöntem olarak sunulmaktadır [7]. Patlatma kaynaklı yer hareketini temsilen, yer hareketi ivme değerlerinin tahmin edilebilmesi için BlastGM (Artificial Generation of Blast induced Ground Motion) adlı bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım sayesinde patlatmanın kaynağına olan uzaklığa ve patlatma gücüne bağlı olarak yapay ivme değerleri oluşturulabilmektedir. Patlatma etkili yer hareketinin modellenmesi için önceden yapılmış arazi deneylerinden elde edilen pik ivmelerin ampirik formüllerinden yararlanılmıştır.

B. Hava Etkili Yer Hareketi

Hava etkili yer hareketi için zamana bağlı ivme kayıtlarının üretilebilmesi için aşağıdaki denklemle elde edilen maksimum yatay ivme gereklidir.

$$A_H = \frac{100.P_{so}}{\rho.C_p.g} \quad (g) \quad (1)$$

Bu denklemde, P_{so} =patlatma basıncının en büyük değeri (psi), A_H = Yer yüzeyinin maksimum yatay ivmesi (g), g = Yerçekimi sabiti (32.2 ft/sn²) ile gösterilmektedir.

(1) formülünde yer alan ρ , zeminin kütle yoğunluğu Tablo-1'de ve C_p , zeminin sismik dalga hızı Tablo-2'de zemin türüne göre verilmektedir[3].

Table 1. Tipik zeminler ve kayalar için kütle yoğunlukları

Malzeme	Kütle yoğunluğu, ρ (lb-sn ³)/in ³
Gevşek, kuru kum	1.42E-04
Gevşek, doymun kum	1.79E-04
Sıkı, kuru kum	1.65E-04
Sıkı, doymun kum	2.02E-04
Kuru kil	1.12E-04
Doymun kil	1.65E-04
Kuru, kumlu silt	1.57E-04
Doymun, kumlu silt	1.95E-04
Bazalt	2.56E-04
Granit	2.47E-04
Kalker	2.25E-04
Kumtaşı	2.10E-04
Killi şist	2.17E-04

Beton	2.25E-04
-------	----------

Table 2. Tipik zeminler ve kayalar için kütle yoğunlukları

Malzeme	Sismik Hız(inc/sn)
Gevşek ve kuru zeminler	7200-39600
Kil ve yaş zeminler	30000-75600
İri ve sıkıştırılmış zemin	36000-102000
Kumtaşı ve çimentolu zeminler	36000-168000
Killi şist ve kireçli kil	72000-210000
Kireçtaşı-tebeşir	84000-252000
Metamorfik kayalar	120000-252000
Volkanik kayalar	120000-270000
Sağlam plutonik kayalar	156000-300000
Çatlak granit	9600-180000
Ayrışmış kayalar	24000-120000

C. Direkt Etkili Yer Hareketi

Direk etkili yer hareketini temsilen zaman ivme kayıtlarının üretilebilmesi için (2) nolu denklem

$$PPA = 3.979R^{-1.45}Q^{1.07} \quad (g) \quad (2)$$

olarak verilmektedir. Burada, R, Patlatma merkezinden uzaklığı (m), Q,TNT patlatma yükü ağırlığını (kg), $g=9.81$ m/s², yerçekimi ivmesini göstermektedir.

Görüldüğü gibi patlayıcı yoğunluğuna, patlatma merkezi uzaklığına ve zemin özelliğine bağlı olarak hava etkili ve direkt etkili yer hareketlerinin maksimum ivmeleri hesaplanabilmektedir. Yapıların dinamik analizinde ise, yer hareketini temsilen ivmenin zamana bağlı değerlerinin bilinmesi gereklidir. Bu çalışmada patlatmanın dinamik etkilerinin her zaman deneysel olarak belirlenemediği durumlarda dikkate alınabilecek ivme-zaman değerleri geliştirilen yazılım ile elde edilecektir.

Patlatma kaynaklı yer hareketinin modellenmesinde stasyonier olmayan rastgele işlem yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, yer hareketi ivme değerleri, deterministik şekil fonksiyonu (zaman yoğunluk zarf fonksiyonu) $p(t)$ ve stasyonier işlem, $w(t)$ parametreleri kullanılarak hesap edilmektedir [2,10]. Patlatma kaynaklı stasyonier olmayan yer hareketi [1] tarafından da (3) denklemiyle ifade edilmiştir.

$$a_b(t) = p(t)w(t) \quad (3)$$

Şekil fonksiyonu deprem mühendisliğinde zamanlama bakımından sismik yer titreşiminin durağan (stasyonier) olmayan özelliğini belirlemede kullanılmaktadır. (3) nolu denklem için şekil fonksiyonu Hilbert dönüşümünden elde edilmektedir [11]. Aynı şekilde bu şekil fonksiyonu patlatma hareketlerinin zarfını exponansiyel tipte şekil fonksiyonu olarak en iyi modelleyebilmektedir. Bu fonksiyon [6];

$$p(t) = \begin{cases} 0, & t \leq 0, \\ mte^{-nt^2} & t > 0, \end{cases} \quad (4)$$

biçimindedir. m ve n yer hareketinin durağan olmayan özelliğine bağlı parametrelerdir. e doğal logaritmadır, m ve n parametreleri t_p ile belirlenmektedir. t_p , t_a 'dan ivmenin maksimum değerine ulaşması için geçen süredir [6].

Yapılan deneylerden şarj merkezinden R uzaklığı ile yer yüzeyindeki bir noktada dalganın varış zamanı [6],

$$t_a = 0.91R^{1.03}Q^{-0.02} / c_s \quad (7)$$

ile basitçe tahmin edilebilmektedir. c_s granit zeminin P dalga hızıdır.

t_p tahmin edilen zaman için ampirik bağıntı [6],

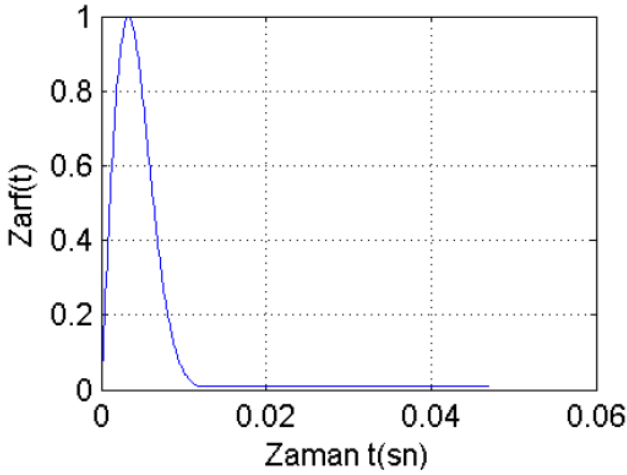
$$t_p = 5.1 \times 10^{-4} Q^{0.27} (R/Q^{1/3})^{0.81} = 5.1 \times 10^{-4} R^{0.81} \text{ (s)} \quad (8)$$

olarak elde edilmektedir. Görüldüğü gibi, t_p yalnızca R uzaklığına bağlıdır.

Yer dalgasının süresi, yapısal etkiye tesir eden çok önemli bir parametredir. Bu çalışmada, sarsıntı dalgası süresi t_d ,

$$t_d = t - t_a \quad (9)$$

olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2’de patlatmaya ait tipik bir zaman zarf fonksiyonu gösterilmektedir.



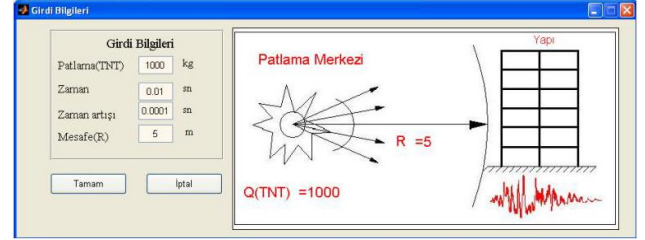
Şekil 2. Patlatma yer hareketinin tipik bir zaman zarf fonksiyonu.

D. BlastGM Yazılımıyla Yapay İvmelerin Üretilmesi

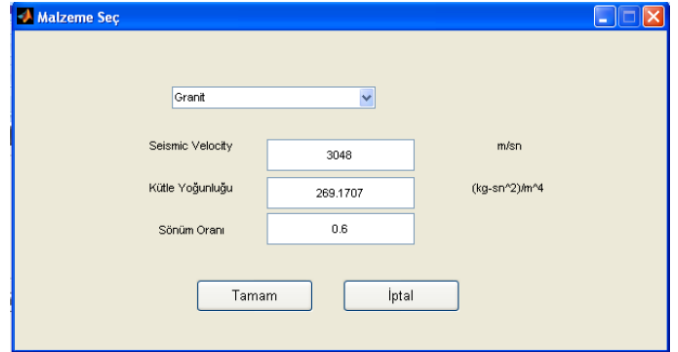
Fortran dilinde deprem ivmelerinin probabilistik olarak tahmin edilmesi için hazırlanan yazılım [10], patlatma etkili yer hareketi için MATLAB programlama dilinde geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım en büyük ivme değerine ulaşana kadar döngü yapmakta ve bu ivmeye göre zamana bağlı sonuçları elde etmektedir. BlastGM yazılımında bilgi girişleri, analiz seçenekleri ve sonuçların gösterilmesi açılır menü sistemi ile son derece kolay hale getirilerek istenen amaca ulaşılması sağlanmıştır. Sayısal sonuçlar Excel programına aktarılmakta ve ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman, basınç-zaman grafikleri de çizdirilebilmektedir. Yazılım Türkçe, İngilizce dillerinde kullanılabilir. Birim sistemi olarak SI birim sistemi ve Amerikan birim sistemi tercih edilebilmektedir. Geliştirilen yazılıma ait bilgi girişi, analiz ve sonuç kısımlarına ait ekran görüntüleri Şekil 3-7’de görüldüğü gibidir.

$$t_p = \sqrt{1/2n} \quad (5)$$

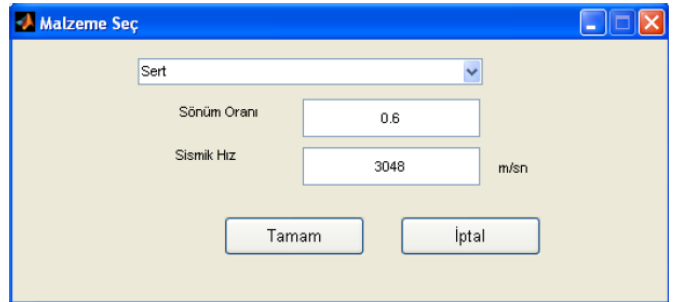
$$m = \sqrt{2ne} \quad (6)$$



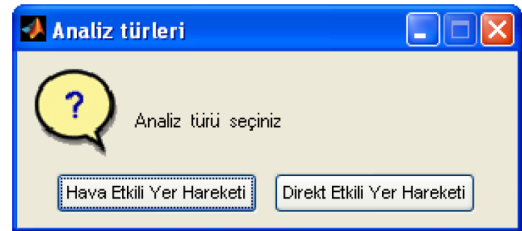
Şekil 3. BlastGM yazılımının girdi ekranı.



Şekil 4. Hava etkili yer hareketi için zemin bilgisi girdi ekranı.



Şekil 5. Direkt etkili yer hareketi için zemin bilgisi girdi ekranı.



Şekil 6. Analiz türünün seçildiği ekran.

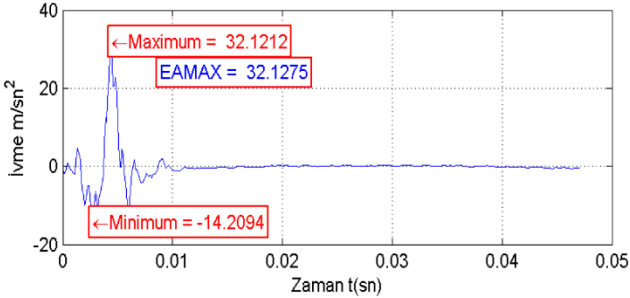
	A	B	C
1	Proje Adı	1000kg_5m	
2	Girdi Bilgileri		
3			
4	Patlama(TNT)	1000 kg	
5	Zaman	0.01 sn	
6	Zaman artışı	0.0001 sn	
7	Mesafe(R)	5 m	
8	eamax	625.5578 g	
9	Analiz	Direkt Etkili Yer Hareketi	
10			
11	Malzeme Özellikleri		
12	Sönüm Oranı	0.6	
13	Sismik Hız	3048 m/sn	
14	Zemin cinsi	Firm	
15	Çıktı Bilgileri		
16			
17	Maksimum İvme	6133.97 m/sn ²	
18	Maksimum Hız	2.0584 m/sn	
19	Maksimum Yerdeğiştirme	0.0012331 m	

Şekil 7. Girdi ve çıktı bilgilerinin gösterildiği ekran.

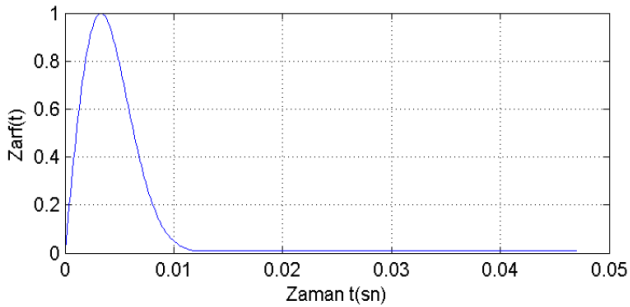
III. SAYISAL UYGULAMALAR

Patlatma kaynaklı yer hareketlerinin yatay pik ivme değerleri ampirik formüllerden BlastGM yazılımı ile elde edilmektedir. Pik ivme değeri en büyük değer alınarak, şekil fonksiyonu yardımıyla rastgele işlem yöntemi kullanılarak zamana bağlı ivme grafikleri elde edilmektedir. 100kg patlayıcı yoğunluğu ile 10 m uzaklık için zamana bağlı ivme değerleri yazılımla çizdirilmiştir (Şekil 8,9,10,11). Yapılan deneysel çalışmalar kaya zemin için olduğundan malzeme olarak granit zemin dikkate alınmıştır.

A. Hava Etkili Yer Hareketi Sonuçları

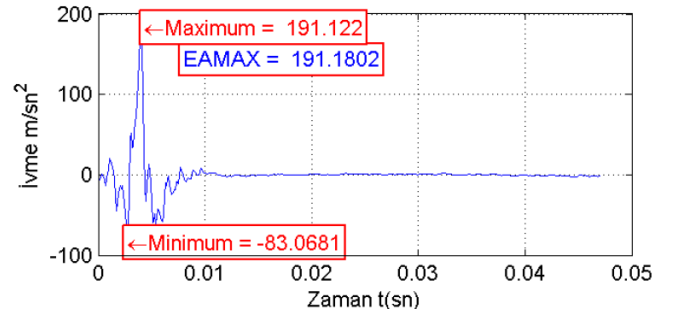


Şekil 8. 100kg patlayıcı ile 10m uzaklıkta oluşan yatay ivme-zaman değişimi

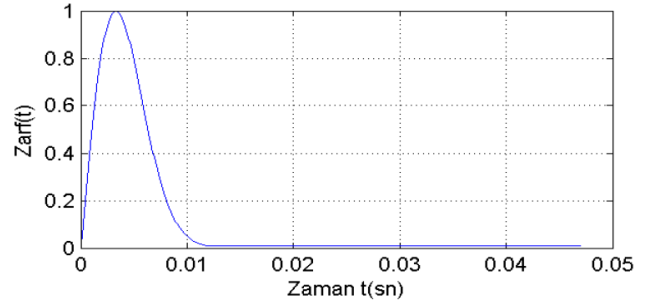


Şekil 9. 100kg patlayıcı ile 10m uzaklıkta oluşan patlatma yer hareketinin zarf fonksiyonu

B. Direkt Etkili Yer Hareketi Sonuçları



Şekil 10. 100kg patlayıcı ile 10m uzaklıkta oluşan yatay ivme-zaman değişimi



Şekil 11. 100kg patlayıcı ile 10m uzaklıkta oluşan patlatma yer hareketinin zarf fonksiyonu

IV. SONUÇLAR

Yer yüzeyinde veya yer yüzeyine yakın bölgelerde meydana gelen patlatma enerjisi iki türlü yer sarsıntısı oluşturmaktadır. Bunlar hava etkili ve direkt etkili yer sarsıntısıdır. Patlatma merkezine yakın yapılarda bu iki sarsıntının etkisi görülmektedir. Bu çalışmada, her iki hareket için elde edilmiş ampirik ivme formüllerinden yararlanarak, yer hareketlerinin zamana bağlı ivme kayıtları rastgele yöntemle MATLAB programlama dilinde geliştirilen yazılım ile oluşturulmaktadır. Yapıların yakınında meydana gelen patlatmaların, çok etkili ani yer hareketlerine neden olduğu üretilen ivme değerlerinin incelenmesi ile görülmektedir. Sonuçlar Excel programında ve grafiklerde incelenebilmektedir. BlastGM yazılımı ile yapılara etkiyecek patlatma etkili yer hareketi kuvvetlerinin dinamik analizi kolaylıkla yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Amin, M., Ang, A.H.S., A non-stationary stochastic model of earthquake motion., J. Eng. Mech. Div. 94(2), 559–583, 1968.
- [2] Jennings, P.C., Housner, G.W. ve Tsai, N.C., Simulated earthquake motions for design purpose, In: Proc. 4th World Conference on Earthquake Engineering, Santiago, Chile, 1, 145–160, 1969.
- [3] Unified Facilities Criteria (Ufc), Structures To Resist The Effects Of Accidental Explosions, 2008.
- [4] Lu, Y. ve Wang, Z., Characterization of structural effects from above-ground explosion using coupled numerical simulation, Computers & Structures 84(28), 1729-1742, 2006.
- [5] Wu C. ve Hao H., Numerical simulation of structural response and damage to simultaneous ground shock and airblast loads, International Journal of Impact Engineering 34(3), 556–572, 2007.
- [6] Wu C. ve Hao H., Modeling of simultaneous ground shock and airblast pressure on nearby structures from surface explosions, International Journal of Impact Engineering 31(6), 699-717, 2005.
- [7] Wu, C., Hao, H., Lu, Y. ve Sun, S., Numerical simulation of structural responses on a sand layer to blast induced ground excitation, Computers & Structures 82 (9-10), 799-814, 2004.
- [8] Ma, H. J., Quek, S. T., Ang K. K., Soil-structure interaction effect from blast-induced horizontal and vertical ground vibration, Engineering Structures 26(12), 1661-1675, 2004.

- [9] Singh, P.K. ve Roy, M.P., Damage to surface structures due to blast vibration, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 47(6), 949-961,2010.
- [10] P. Ruiz and J. Penzien,PSEQN - Artificial generation of earthquake accelerograms, *Earthquake Engineering Research Center, Report No EERC 69-3,University of California, Berkeley, California, 1969.*
- [11] Kanasevich ER,Time sequence analysis in geophysics, *The University of Alberta Press; Edmonton, Alberta, Canada,1981.*
- [12] Özmen H.,Patlatma kaynaklı yer hareketinin modellenmesi ve yapı üzerindeki etkilerinin incelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon,2006.*
- [13] MATLAB. The MathWorks, Natick, MA,2012. [14] Köksal O. Patlatma kaynaklı yer hareketi etkisindeki ayaklı çelik su depolarının dinamik analizi, *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun,2013*