



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

e-ISSN: 2667-4165 • CİLT / VOLUME: I • SAYI / ISSUE: I • ARALIK / DECEMBER 2018

ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALI BİLİMLER DERGİSİ

International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences

www.ijetas.aku.edu.tr



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK TEKNOLOJİLERİ ve UYGULAMALI BİLİMLER DERGİSİ
Afyon Kocatepe University
International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences

Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technology and Applied Sciences

www.ijetas.aku.edu.tr

e-ISSN:2667-4165

Afyon Kocatepe University
International Journal of Engineering Technology and
Applied Sciences (AKU-IJETAS)

Volume: 1 / Number: 1 / December- 2018

Owner / Publisher: Rector Prof. Dr. Mustafa SOLAK for Afyon Kocatepe University

Chief in Chief Prof. Dr. Ayhan EROL

Co- Editor in Chief Assist. Prof. Dr. Ahmet YÖNETKEN

Published Afyon Kocatepe University, December 2018,

ijetas@aku.edu.tr

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned. Nothing from this publication may be translated, reproduced, stored in a computerized system or published in any form or in any manner, including, but not limited to electronic, mechanical, reprographic or photographic, without prior written permission from the Publisher Afyon Kocatepe University www.ijetas.aku.edu.tr ijetas@aku.edu.tr The individual contributions in this publication and any liabilities arising from them remain the responsibility of the authors. The publisher is not responsible for possible damages, which could be a result of content derived from this publication.

CONTACT INFORMATION

Afyon Kocatepe University International Journal of Engineering Technology and Applied Science Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, 03200 Afyonkarahisar, TURKEY

Phone: +90-272-2281446 /ext.

Fax: +90-272 228

e-mail : ijetas@aku.edu.tr, aerol@aku.edu.tr

Welcome to AKU-IJETAS

Dear Researchers;

International Journal of Engineering and Applied Sciences ler has been published in Turkish and English since 2018 with 2 issues. Our journal will accept Turkish and English articles as 2 issues a year and the articles will be evaluated by at least two referees with the same system. Our magazine from December 2018; it offers many advantages to readers due to the practical and practical access to the authors as well as the process of publishing and publishing quickly and easily; The electronic journal (e-ISSN:2667-4165) accepts 2 numbers per year (June and December) in Turkish and English. The names of the judges evaluating the articles are not notified to the authors. The referees cannot see the names of the authors. The studies are evaluated as at least two referees. Our authors, who want to send articles, can register their original scientific articles online and follow the process by registering on our magazine page. Our journal is accepted as original and previously published research articles.

We are waiting for your contributions as both referee and writer. I thank you in advance for your support and I wish you success in your work.

Prof. Dr Ayhan EROL

Chief Editor

Danışma Kurulu / Editörler/ Editorial Board

| | | |
|------------------------|------------------------------------|--------------|
| Abdurrazzag Ali ABURAS | KwaZulu Natal University | SOUTH AFRICA |
| Adem KURT | Gazi University | TURKEY |
| Ahmet AKSOY | Akdeniz University | TURKEY |
| Ahmet YILDIZ | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Alexander ONUFRAK | Pavol Jozef Safarik University | SLOVAKIA |
| Anas Sarwar QURESHI | Agriculture University | PAKISTAN |
| Artay YAGCI | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Asım Gokhan YETGIN | Dumlupinar University | TURKEY |
| Aytekin HITIT | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Behçet GULENC | Gazi University | TURKEY |
| Bojan ZLENDER | Maribor University | SLOVENIA |
| Cahit GURER | Afyon Kocatepe University, | TURKEY |
| Diñçer BURAN | Süleyman Demirel University | TURKEY |
| Dunja PERIC | Kansas State University, Manhattan | ABD |
| Dusan ORAC | Kosice Technical University | SLOVAKIA |
| Elena Cristina RADA | Trento University | ITALY |
| Gabor PAY | University College of Nyiregyhaza | HUNGARY |
| Gratiela BOCA DANA | Technical University Cluj Napoca | ROMANIA |
| Hazizan Md AKİL | Sains Malaysia University | MALAYSIA |
| Huseyin Ali YALIM | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Huseyin AKBULUT | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Huseyin BAYRAKCEKEN | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Ilhan KOŞALAY | Ankara University | TURKEY |
| Ioan ABRUDAN | Technical University Cluj Napoca | ROMANIA |
| Ivan KURIK, | Technical University Zilina | SLOVAKIA |
| Iveta VASKOVA | Kosice Technical University | SLOVAKIA |
| João Pedro SILVA | Leiria Polytechnic Institute | PORTUGAL |
| Lucian Ionel CIOCA | Lucian Blaga University of Sibiu | ROMANIA |
| Marco RAGAZZI | Trento University | ITALY |
| Martina HRUBOVCAKOVA | Kosice Technical University | SLOVAKIA |
| Matjaž ŠRAML | Maribor University | SLOVENIA |
| Merlinda EBIBI | Mother Teresa University | MACEDONIA |
| Metin OZGUL | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Mihai BANICA | Technical University Cluj Napoca | ROMANIA |
| Mircea HORGOS | Technical University Cluj Napoca | ROMANIA |
| Monica Lopez ALONSO | University of GRANADA | SPAIN |
| Muhammed YURUSOY | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Mustafa ERSOZ | University of Selcuk | TURKEY |
| Mustafa TÜRKMEN | Kocaeli University | TURKEY |
| Mustaque HOSSAIN | Kansas State University, Manhattan | ABD |
| Nadras OTHMAN | Sains University | MALAYSIA |

| | | |
|----------------------|--|-----------|
| Nicolae UNGUREANU | Technical University Cluj Napoca | ROMANIA |
| Neritan TURKESHI | Mother Teresa University | MACEDONIA |
| Olivera PETKOVSKA | Mother Teresa University | MACEDONIA |
| Olga OROSOVA | Pavol Jozef Safarik University | SLOVAKIA |
| Otar ZUMBURIDZE | Georgia Technical University | GEORGIA |
| P. Trinatha RAO | Gitam University | INDIA |
| Peter MONKA | Technical University Kosice | SLOVAKIA |
| Prasanna RAMAKRISNAN | Neo Education Institu | MALAYSIA |
| Ramazan KAÇAR | Karabük University | TURKEY |
| Radu COTETIU | Technical University Cluj Napoca | ROMANIA |
| Regita BENDIKIENĖ | Kaunas Technology University | LITVANIA |
| Renata PANOCOVA | Pavol Jozef Safarik University | SLOVAKIA |
| Rıdvan UNAL | Usak University | TURKEY |
| Robert CEP | Technical University Ostrava | CZECH |
| Selçuk AKTURK | Mugla University | TURKEY |
| Serdar SALMAN | Marmara University | TURKEY |
| Serhat BASPINAR | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Sermin OZAN | Firat University | TURKEY |
| Sezai TAŞKIN | Celal Bayar University | TURKEY |
| Suleyman GUNDUZ | Karabük University | TURKEY |
| Sukru TALAS | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Stanislaw LEGUTKO | Poznan University of Technology | POLAND |
| Tomasz NIZNIKOWSKI | Lomza State University Applied Science | POLAND |
| Tomaz TOLLAZZI | Maribor University | SLOVENIA |
| Ugur CALIGULU | Firat University | TURKEY |
| Yılmaz YALCIN | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Yuksel OĞUZ | Afyon Kocatepe University | TURKEY |
| Zeynep OMEROGULLAR | Usak University | TURKEY |
| Zoran TRIFUNOV | Mother Teresa University | MACEDONIA |

CONTENTS

| | Page |
|--|-------|
| Bacterial Leaching Of Copper From Waste Of Enrichment Of Copper Ore | |
| <i>B.M. Aikeshev</i> | 1-4 |
| Effect of Composition on Geopolymer Foam Concrete Basic Properties | |
| <i>M. Serhat BAŞPINAR, Cansu KURTULUŞ</i> | 5-10 |
| Designed Breathalyzer Machine for Workplaces and Alcohol Drinking Places | |
| <i>Yavuz Bahadır KOCA, Yılmaz ASLAN, Yüksel OĞUZ, Ahmet YÖNETKEN</i> | 11-14 |
| Determination of the Mechanical Properties of Gas Metal Arc Welded ArmoX Steels | |
| <i>Ramazan KAÇAR, Hayriye ERTEK EMRE</i> | 15-23 |
| Solid And Biological Wastes Production Of Electricity | |
| <i>Hasan ERDOĞAN, Ahmet YÖNETKEN</i> | 24-28 |
| Effect of Change in Mechanical Properties on Machinability 30MnVS5 Steel Cooled in Sand and Air After Hot Forging | |
| <i>Barış ÖZLÜ, Halil DEMİR, Mustafa TÜRKMEN, Süleyman GÜNDÜZ</i> | 29-34 |

BAKIR ORE YALITIM ATIKLARINDAN BAKIR BAKTERİLERİNİN BAKTERİYEL LEVHA EDİLMESİ

B.M. Aikeshev

Zhezkazgan University named after O. Baikonurov
Zhezkazgan, Kazakhstan
e-mail: aikeshev@gmail.com

Geliş Tarihi: 15.09.18 ; Kabul Tarihi:30.10.18

Özet

Anahtar kelimeler

«Bakteriyel liç»
«Thionew bacteria»,
«liç ceviz»,
«zenginleştirme atığı»

Zayıf ve karmaşık cevher işlemlerinde, binlerce ve hatta milyonlarca ton değerli metaller atık formunda kaybolur. Metallerin bakteriyel liçlenmesi bu kayıpları azaltır. Bu işlemin temeli, on yedinci bakteride bulunan sülfidik minerallerin oksidasyonu ile yapılır. Böylece çözünmeyen sülfidik formdaki metaller, suda iyi çözünür olan sülfatlara geçer. Sülfatik çözeltilerden metaller sedimentasyon, ekstraksiyon, emilim ile ekstrakte edilir. Aktif bir şekilde bakır özütleyen bakteri suşlarına dayanan biyolojik bir ürünün varlığı ve zenginleştirme atıklarından metallerin çıkarılma olasılığının temel koşuldur.

BACTERIAL LEACHING OF COPPER FROM WASTE OF ENRICHMENT OF COPPER ORE

Abstract

Keywords

«Bacterial leaching»,
«thionew bacteria»,
«leaching copper»,
«enrichment waste»

In poor and complex ores processing thousands and even millions tons of valuable metals are lost in the waste form. Bacterial leaching of metals reduces these losses. The basis of this process is made by oxidation of the sulphidic minerals which are contained in ores thionew bacteria. Thus metals from an insoluble sulphidic form pass into sulfates, well soluble in water. From sulphatic solutions metals are extracted by sedimentation, extraction, sorption. Existence of a biological product on the basis of the bacterial strains which are actively leaching copper is the main condition of a possibility of extraction of metals from enrichment waste.

1. Introduction

In recent decades, many non-ferrous metal deposits located in developed areas have been depleted in favorable geological, climatic and transport conditions. The depletion of mineral resources at these sites, the increasing severity of economic and social problems, the tightening of environmental requirements and the energy difficulties of recent years require the search for new technological solutions [1].

Intensively conducted research in the field of biohydrometallurgy allows us to involve in the processing of huge reserves of off-balance sheet and waste ores, as well as middling and waste of processing plants. The well-known data in this area is sufficient to assume that the biological method is one of the most promising in the field of processing of poor ores and other sources of non-ferrous metals. This method is economically beneficial, eliminates environmental pollution and

provides integrated use of mineral raw materials [2].

Of particular danger are flotation dumps and waste dumps of deposits, where the

from 1964 to 2007. During this period, 852 813.51 thousand tons of tailings with an average copper content of 0.128%, silver - 2.46 g / t were accumulated in the tailing [6].

| | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|-------|------|-------|---------|------|------|------|-------|-------|
| Cu | Fe | Ca | Si | Al | Zn | Ag, r/т | Ti | S | Mn | Cr | Pb |
| 0,12 | 2,90 | 2,92 | 28,94 | 6,21 | 0,067 | 2,13 | 0,31 | 0,36 | 0,13 | 0,017 | 0,082 |

destruction of ore minerals on the surface of substandard ore and overburden occurs. The oxidation of sulphides produces soluble salts of iron, zinc, copper, cadmium, lead, sulphate ions. Mining industry waste is a man-made object that, in accordance with existing legislation, can be considered as a potential resource. Therefore, testing unconventional ways of recycling enrichment wastes and creating new technologies on their basis are urgent tasks. Their solution will allow the use of environmentally friendly microbiological methods in the mining industry in the region. The biological leaching of sulfide ores is a complex, multi-step process in which the release of metals into solution is accompanied by the sequential oxidation of sulfide sulfur contained in minerals to elemental sulfur and sulfates. Separate reactions can be carried out as one type of microorganisms, possessing a universal set of enzymes, and an association of several more specialized species [3].

The current period is characterized by the fact that all over the world complex geological and technological studies of raw materials of technogenic objects are carried out in technologically and economically efficient ways to engage in efficient processing of raw materials, resulting in comprehensive information on the quality and quantity of accumulated technogenic mineral resources in them are useful components and impurities, and other data that fully characterize the technogenic formation, as about CPC implementation perspective geotechnologies [4,5].

2. Status of the issue and review of scientific articles

The tailing of the Zhezkazgan concentrator (ZHOF) is located in the Karaganda region, 6 km south-east of the city of Zhezkazgan. Tailings were stored in the period

Table 1. The chemical composition of the source tails Zhezkazgan processing plant,% [6].

Table 2. Phase composition of the sample of stale tails of the Zhezkazgan concentrator on the forms of copper compounds [6].

| The name of the connections | Content,% | |
|-----------------------------|-----------|-------|
| ABS. | Rel. | |
| Oxidized compound | 0.03 | 23.08 |
| Secondariesulfides | 0.09 | 69.23 |
| Primary sulfides | < 0.01 | 7.69 |
| | | |
| Total | 0.13 | 100.0 |

The obtained indicators indicate the possibility of effective development of old tailings of enrichment of the Zhezkazgansk concentrator to compensate for the retiring balance reserves of the existing mines.

Bioliching (bioleaching) of tailings according to literary data is a trend that is currently at the laboratory stage of development, and definitely is a new trend of modern biogeotechnological research. Scientists from Chile, China, Iran and other countries are actively developing technologies for extracting non-ferrous metals from tailings using bacterial leaching.

The simplicity of the equipment for bacterial leaching, the possibility of rapid reproduction of bacteria, especially when waste solutions containing living organisms are returned to the process, makes it possible not only to drastically reduce the cost of obtaining valuable minerals, but also significantly increase the raw material resources due to. The technology has the prospect of wider use in

many combined schemes, it can be used for processing ores, concentrates and tailings, sludge, slags containing sulfides of non-ferrous metals and other minerals oxidized with ferric iron, and elemental sulfur, for example, to improve the quality of molybdenum concentrates, selective extraction copper, zinc, nickel minerals, removal of impurities from mineral products such as arsenic, antimony, sulfur, for leaching of uranium [7].

We reviewed the scientific articles of several authors in 2017 on the topic of bacterial leaching of copper from enrichment tailings.

An international group developed a two-step protocol for leaching and extraction of metals to extract copper from tailings currently in Spain and Serbia. The most effective extraction of copper (from 84 to > 90%) was achieved by bioleaching tails at 45 ° C using a specific microbial consortium, where elemental sulfur was added to the tails, and the pH of the leach solutions allowed to drop to ~ pH 1, into which anaerobic were introduced conditions. The heat-resistant acidophils *Acidithiobacillus caldus* and *Sulfobacillus thermosulfidooxidans* appeared as the dominant bacteria present in both filtration filters under these conditions. Copper was then precipitated as a sulfide phase using hydrogen sulfide formed in a sulfide bioreactor with a low pH (4.0) [8].

The main goal of some work groups was to determine the optimal bacterial association of several bacterial strains for leaching copper from chalcopyrite. The main related species of bacteria involved in the bioleaching of sulfide ore (*Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* and *Leptospirillum ferriphilum*) have been established. It was found that the association with *At. ferrooxidans* and *At. thiooxidans* emit 70% of copper in 35 days from selected ore, which indicates significant differences with other associations, which isolated only 35% of copper in 35 days [9].

A thin layer heap leaching of copper flotation tailings containing high levels of fine grains was carried out on mixed cultures on a small scale for 210 days. The results showed that the chemolithotrophic genera *Acidithiobacillus* and *Leptospirillum* were always present and dominated in the microbial

community in the initial and middle stages of the heap bioleaching process; both kinds may be responsible for improving copper recovery. However, the titers of *Thermogymnomonas* and *Ferroplasma* gradually increased in the final stages. [ten].

Protocols and methods are being actively worked out. So when recovering copper from low-grade sulfide ore of copper, it was found that several parameters affect the bioleaching of copper; among them pulp density and nutrient media selected for research. 5 g / ml, mixed mineral salt medium *Acidithiobacillus thiooxidans* (70 vol.%) And *Acidithiobacillus ferrooxidans* (30 vol.%) And 10% inoculum. Under these conditions, the maximum ability of the bioleaching medium for the extraction of copper was determined by about 99%. [11].

The preliminary preparation of chalcopyrite ground in a ball mill is considered. The initial samples (obtained) were thermally activated (600 ° C, 30 minutes) to notice a change in the physicochemical and mineralogical characteristics enclosing rock, and then the effect of this on copper recovery. The study showed that thermal activation leads to volume expansion in the rock with the development of cracks, micro- and macropores on its surface, which allows the bacterial solution to more easily penetrate into the body, which contributes to enhanced dissolution of copper [12].

2. Conclusions

The relevance of the topic of the proposed research is evident, as it is in the trend of the development of technologies and approaches in the matter of bacterial leaching of metals, copper in particular.

More than 100 firms in 25 countries are involved in the development of microbiological leaching processes. The advantage of the biotechnological method in comparison with the pyrometallurgical and autoclave ones is confirmed by the intensive introduction of biohydrometallurgical technologies in the production of gold from gold-arsenic materials. The task of the present time is to create a competitive, resource-saving and environmentally friendly production of non-ferrous metals using leaching. The method is easily automated and is able to completely

transform the entire technological chain of modern mining and processing of metal ores, to make it environmentally friendly and to achieve the highest indicators for the integrated extraction of useful components.

Systemic development and implementation of the technology of biological leaching of metals in Kazakhstan would sharply increase the competitiveness of Kazakhstan copper and other metals in the world market by reducing costs. The environmental component is also very important - it will be possible to abandon ore mining and by the open-pit and mining method, ore processing using the flotation method, and abandon the pyroprocess. That is, the modification of the environment is excluded, pollution of the biosphere is ceased by solid, liquid and gaseous emissions and waste.

Bibliographic list

1. Pavlichenko G.A. Leaching of sulphide copper and copper-zinc ores: On the example of the Safyanovskoye deposit, dissertation author's abstract for the degree of candidate of technical sciences, candidate of technical science, Ekaterinburg, 1998.

2. Hamuda Rajah AFA, The role of microorganisms in the leaching of gold from the ores of the northern regions of Kazakhstan, a thesis for the academic degree of the Doctor of Philosophy (Ph.D.) in the field of biology in the specialty "biotechnology", Kazakh National University. Al-Farabi, Almaty, 2009.

3. Chetverikova D.V., Technology of Biological Leaching of Metals from Waste of Mining and Processing Industries, dissertation abstract for the degree of candidate of technical sciences, Shchelkovo, 2013.

4. Irfan Yolcubal, Demiray, Emi-,iftçi, Mill, Northeastern Turkey, Environmental Earth Sciences 3/2017

5. Hanjiang Pan, Zhongong Cheng, Guohua Zhou, Rong Yang, Binbin Sun, Ling He, Daoming Zeng, Jing Wang, Geochemistry and Mineralogical Characterization of tailings, China, DOI: 10.1144, 2017

6. Yun AB, Development and justification of the parameters of the mining system of integrated development of the Zhezkazgan field in conditions of replenishment

of the outgoing capacities of the mines, the dissertation for the degree

Doctors of Technical Sciences, Karaganda, 2016, Research Center for Innovative Technologies of KazHydroMed LLP

7. A.A. Sultanbekov, Bacterial-chemical leaching of non-ferrous metals, KazNTU. K.I. Satpayev, 2010

8. Carmen Falagán, Barry M.Grail, Barrie Johnson, New approaches for extracting and recovering metals from mine tailings, Minerals Engineering Volume 106, 15 May 2017, Pages 71-78,

9. E. Romo, D.F. Weinacker, A.B. Zepeda, C.A. Figueroa, P. Chavez-Crooker, J.G. Farias Bacterial consortium for copper extraction from sulphide ore consisting mainly of chalcopyrite, Brazilian Journal of Microbiology 44, 2, 523-528 (2013) , Sociedade Brasileira de Microbiologia, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

10. Xiao-dong, HaoYi-li, Liang Hua-qun, Yin Hong-wei, LiuWei-min, Zeng Xue-duan Liu, International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials, Thin-layer heap bioleaching of copper flotation tailings containing high levels of fine grains and microbial community succession analysis, April 2017, Volume 24, Issue 4, pp 360–368

11. SamanBeikzadehNoei, Saeed Sheibani, FereshtehRashchi, and Seyed Mohammad JavadMirazimi, Kinetic modeling of copper bioleaching from low-grade ore from the ShahrBabak Copper Complex, International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, Volume 24, Number 6, June 2017, Page 611

12. Sandeep Panda , Nilotpala Pradhan, UmaballavMohapatra, Sandeep K. Panda, Swagat S. Rath, Danda S. RAO, Bansi D. Nayak, Lala B. Sukla, Barada K. Mishra, Bioleaching of copper from pre and post thermally activated low grade chalcopyrite contained ball mill spillage, Frontiers of Environmental Science & Engineering, April 2013, Volume 7, Issue 2, pp 281–293

Kompozisyon Değişiminin Geopolimer Köpük Beton Temel Özelliklerine Etkisi

M. Serhat BAŞPINAR¹, Cansu KURTULUŞ²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

e-posta: sbaspinar@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:10.09.2018

; Kabul Tarihi:01.12.2018

Özet

Geopolimer teknolojisi, uçucu külün kullanımında çevre ve ekoloji üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınarak yeni ve iyi bir çözüm sunmaktadır. Doğal mineraller ve uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi endüstriyel alüminosilikat minerallerinin genellikle NaOH ve sodyum silikatin oluşturduğu alkali ortamda reaksiyona girmesi sonucu üretilebilen inorganik polimerlerdir. Bu çalışmada uçucu kül temel Jeopolimer malzemesi olarak kullanılmıştır. Köpükleştirme maddesi olarak hidrojen peroksit kullanılmıştır. Uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun karışım oranlarını değiştirerek farklı örnek serileri hazırlanmıştır. Fiziksel ve mekanik özellikler test edilmiştir. Mineralojik ve mikroyapısal karakterizasyonlar XRD ve SEM teknikleri ile yapılmıştır. Artan yüksek fırın cürufu ilavesi çatlak oluşumuna neden olmuştur. İri agrega ilavesi, kuruma büzülmesini önemli ölçüde azaltmış ve çatlak oluşumunu önlemiştir. Aynı zamanda iri agrega katkısının geopolimer köpük beton bloklarının yoğunluğunun düşmesine yardımcı olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Geopolimer;
Köpük Beton; H₂O₂;
Uçucu Kül; Perlit.

Effect of Composition on Geopolymer Foam Concrete Basic Properties

Abstract

Geopolymer technology provides a new and good solution for avoiding the negative effects of environment and ecology on the use of fly ash. Natural minerals and inorganic polymers which can be produced by reaction of aluminosilicate minerals such as fly ash, blast furnace slag, etc. in the alkaline environment were usually formed by NaOH and sodium silicate. In this study, fly ash was used as basic Geopolymer material. Hydrogen peroxide was used as the foaming agent. Different sample series were prepared by changing the mixing ratios of fly ash and blast furnace slag. Physical and mechanical properties were tested. Mineralogical and micro structural characterizations were carried out by XRD and SEM techniques. Increasing blast furnace slag addition caused crack formation. The addition of large aggregates significantly reduced drying shrinkage and prevented crack formation. Likely, it was observed that the coarse aggregate addition contributed to reduce the density of geopolymer foam concrete blocks.

Keywords

Geopolymer; Foam
Concrete; H₂O₂; Fly
ash; Perlite.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Introduction

The development of new binders, as an alternative to traditional cement and concretes, by the alkaline activation of industrial by-products (i.e. amorphous ground slag and fly ash) is a relatively new area and

research topic for the scientific community (Puertas et al. 2003). Use of alkali activated materials in concrete manufacturing has environmental benefits because its production requires less energy than ordinary Portland cement (OPC) and utilises industrial by-products. They have

superior durability in aggressive environments compared to OPC (Tatiana Bakharev, Sanjayan, and Cheng 1999b). On the other hand, Ordinary Portland cement (OPC) contributes significantly to the global CO₂ emissions. Approximately 50–60% of OPC-production-related CO₂ emissions are released from the calcination (decarbonation) of limestone at 1400–1450 °C (Damtoft et al. 2008)(Davidovits 2015). It is worth pointing out that the reduction of anthropogenic CO₂ is now an urgent goal because many scientists estimate that the concentrations of CO₂ and other climate forcing substances in the atmosphere already exceed the safe level (Van Deventer, Provis, and Duxson 2012). Consequently, the development of alternative low carbon binders is recognized as one option to reduce CO₂ emissions (Gartner and Hirao 2015).

The innovation of geopolymers relates to the possibility to harden at room temperature without high treatment temperature and consequently reduced CO₂ emissions, representing an eco-friendly innovative alternative to cement. The term “geopolymer” describes a family of mineral binders that have a polymeric silicon–oxygen–aluminium framework structure. The formation of geopolymers requires reactive precursor materials and a high concentration of the reagents (especially of OH⁻) (Provis and Van Deventer 2009). Geopolymer chemistry generally involves mechanisms such as dissolution of silicates and aluminates in a strongly basic medium, followed by polymerization of surface active groups of particles with the dissolved species to form a solid geopolymer structure. This consists of a network of more or less amorphous SiO₄ and AlO₄, where silicon and aluminum are in IV-fold coordination with oxygen. The presence of alkaline ions such as Na⁺, K⁺, Li⁺ in the network is necessary to compensate the negative charge of Al³⁺ in IV-fold coordination (Ph. Davidovits 2008)(Phair and Van Deventer 2001)(T. Bakharev, Sanjayan, and Cheng 1999). Geopolymers give the potential possibilities to prepare inorganic bonds and building materials from the waste as blast furnace slag, fly ash, kaolinitic substances, etc (Davidovits J. 2008). Geopolymers are important materials which could

be used to replace concrete and some other industrial materials. They possess many favourable properties such as rapid setting and hardening, good long-term properties and durability (T. Bakharev 2005). Thanks to these attractive properties this technology is receiving increasing attention in different application fields like refractory filters, lightweight panels for thermal and acoustic isolation, low cost ceramics and fire protection structures (Toniolo and Boccaccini 2017). Fly ash (FA) is the most used and suitable waste material in geopolymerization due to the huge amount produced worldwide, estimated to be around 780 million tons annually and its great workability (Duan, Yan, and Zhou 2016). The geopolymer technology provides a new good and green solution to the utilization of fly ash, avoiding its negative impact on environment and ecology. Fly ash is generally regarded as a good source material because it is the residue from burning coal in a thermal power plant and consists mainly of silica and alumina. Fly ash has a complex microstructure comprising a mixture of amorphous and crystalline components. The structure and physical properties of fly ash geopolymer are dependent upon a variety of parameters including water content, thermal history, particle size, and the degree of amorphicity (van Jaarsveld, van Deventer, and Lukey 2003).

Shrinkage of concrete at early age is generally considered as a critical parameter for durability design of concrete structures (Tatiana Bakharev, Sanjayan, and Cheng 1999a). Drying shrinkage is a major reason for the deterioration of geopolymer structure and it is interested to discuss (Wongkeo, Thongsanitgarn, and Chaipanich 2012). Most studies of alkali-activated fly ash/ slag have focused on microstructure and mechanical properties whereas shrinkage characteristics of alkali-activated fly ash/slag blended mortar and concrete have been investigated very little. Slag addition to a fly ash affects the shrinkage of a fly ash/slag binder. The lack of research on shrinkage may actually result in some problems for practical applications (Lee, Jang, and Lee 2014). It is well known that drying shrinkage is an everlasting process when

concrete is subjected to drying conditions; this can be explained by the loss of water held in capillary pores of cement paste. It was revealed that the drying shrinkage of concrete progresses with the increase of its unit water content or water/dry mix ratio, which has been referred to as the major factor affecting the drying shrinkage properties (Zwang, Zakita and Hama 2013). In addition that Hansen reported that the coarse aggregate has an influence on the long-term drying shrinkage of concrete. The aggregates play an important role in restraining the shrinkage of the matrix, which could reduce the shrinkage of concrete (Hansen 1987).

The aim of this study was to develop geopolymer by preventing drying shrinkage in view of potential applications in the field of thermal insulation. The geopolymeric matrices were prepared using different proportions perlite as a coarse aggregate.

2. Material and Method

Fly ash (FA) was obtained from the Seyitömer Thermal Power Station Turkey and XRD analysis is given in Figure 1. Blast furnace slag (BFS) was also used in the geopolymer mix. It was taken from Karabük Iron and Steel plant Turkey. In order to examine the effect of perlite addition samples were prepared. The composition of the samples was given in Table 1. Additive amount was given as wt percentage amount of fly ash and blast furnace slag. Alkali activator solution was prepared by mixing 10 M NaOH solution with sodium silicate solution. H₂O₂ (50% concentration) was used in experiments as foaming agent. Foam stabilizer (FS) was used in order to obtain foam stabilization and prevent collapsing of the samples.

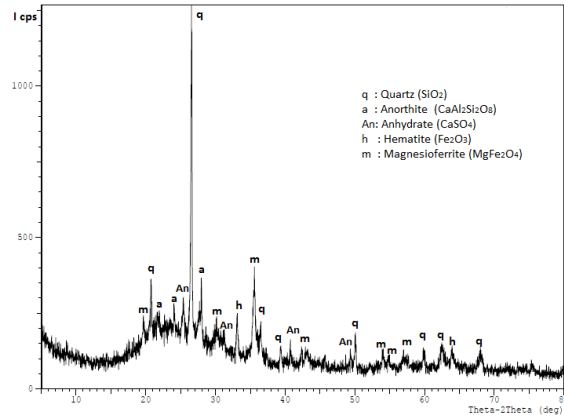


Figure 1. XRD pattern of fly ash.

Chopped short polypropylene fibres were used to prevent early shrinkage of the cast sample. First liquid part of the mixture was prepared and then solid part of the mixture was added. The sodium hydroxide flakes were dissolved in water to make a solution. The sodium hydroxide and the sodium silicate solutions were mixed together and then added to dry materials and mixed for about five minutes. After mixing in shear type mixer, samples were casted into the 100x100x100 mm plastic moulds. Samples were cured at 60 °C for 24 hour to obtain faster geopolymerization.

Two types of sample were produced based on low and high FS content. Mix design of the samples is given at Table 1. Additive amounts were given as percent weight of total weight of FA+BFS. Bulk density of the samples was calculated by simply dividing weight of the samples to volume. Compressive strength measured along the foaming direction.

Table 1. Mix design of the samples and measured properties.

| Main Components | % wt |
|----------------------|-------------------------|
| FA | 90 |
| BFS | 10 |
| Total | 100 |
| Additives | Wt % of Main Components |
| FS | 0-0,70 |
| Sodium silicate sol. | 50 |
| 10 M NaOH | 63 |
| Polypropylene fiber | 0,2 |
| Perlite (expanded) | 0-2,5 |

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Super plasticizer | 5,5 |
| H ₂ O ₂ | 0,85 |
| Bulk density Kg/m ³ | 520-560 |
| Compressive strength MPa | 1,55-2,00 |

3. Results and Discussions

Drying cracks are the main problem for cellular concrete structures. Fiber and larger aggregate addition usually prevent the cracking problems. Figure 2a. shows the high shrinkage amount at samples which has no expanded perlite content. When expanded perlite was added to the mixture, shrinkage was prevented and better foaming was observed (Figure 2b.)

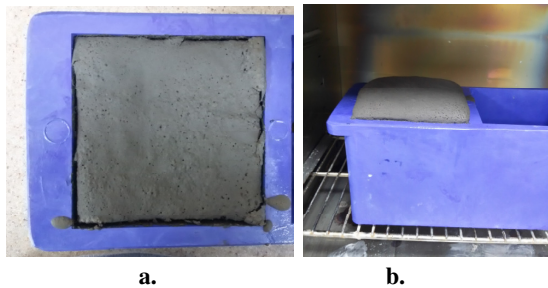


Figure 2. High shrinkage without perlite addition (a.) and lower shrinkage at perlite addition (b.)

All samples were dried at the laboratory conditions. Every day weight of the samples was measured. Calculated density vs. time graphic was drawn (Figure 3). Perlite containing samples reached the constant weight after eleven days. Samples which do not have perlite showed similar drying curve.

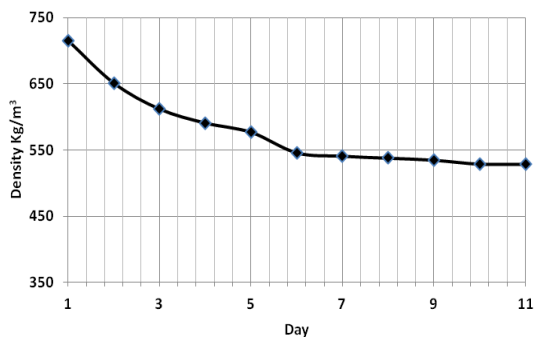


Figure 3. Drying rate of the perlite containing samples.

Figure 4. shows the SEM pictures of fractured surface of the samples. When the foam stabilizer amount was decreased (Figure 4b.), pore size of the geopolymer foam increased. Polypropylene fibers almost save their shape during the preparation steps. It preserved their shape even raising temperature of 50 °C during the mixing of geopolymer mix. Very good binding between perlite particles and geopolymer matrix was observed (Figure 4a.).

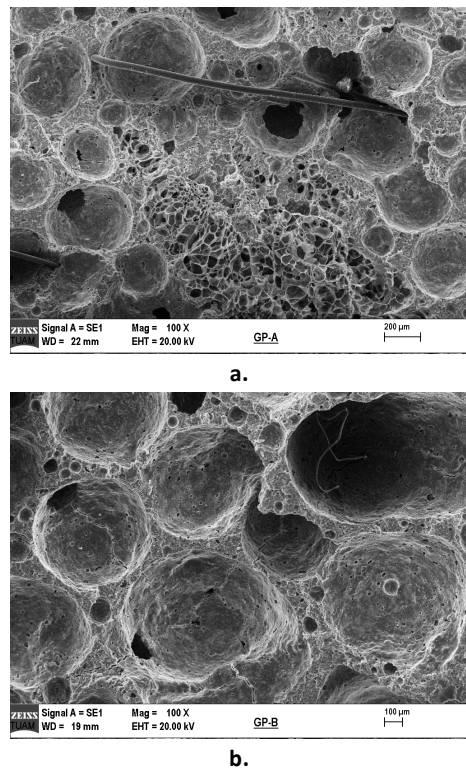


Figure 4. SEM picture of samples (a. high FS, with perlite addition, b. low FS, without perlite)

Bulk density of the samples strongly depends on the foam stabilizer and perlite amount. Bulk density decreased with increased expanded perlite addition. Porous nature of expanded perlite results in decrease in the bulk density. The study shows that, bulk density of the foam samples strongly depends on the FS to H₂O₂ ratio. Addition of larger perlite particles and PP fibers together is very successful for the prevention of drying cracks of the geopolymer foam concrete. Porous structure of the expanded perlite particles also decreased the bulk density of the geopolymer foam. Correct

selection of FS to H₂O₂ ratio is also important for the defect free sample production. Improper ratio selection resulted in collapsing of the foam samples.

Geopolymerization temperature was also important factor for the production of defect free geopolymer foam samples. Geopolymerization temperature higher than 60 °C increased the risk of drying crack formation and resulted in higher shrinkage. On the other hand lower geopolymerization temperatures decreased the foaming ability of the mixtures and lower geopolymerization rate. It is well known that the foam generation ability of the H₂O₂ increases with increased temperature.

According to TSE 13655 standards, geopolymer foam concrete masonry units must have minimum compressive strength of 1,5 MPa. Measured compressive strength of the geopolymer foam samples conform to the standard values. Foam structure and bulk density are the main factors that affect the compressive strength of the geopolymer foam samples. Expanded perlite addition decreased the strength of the geopolymer foam samples. Porous nature of the expanded perlite is the main reason for strength reduction. Figure 4 shows the compressive testing of samples and the resulted cracking patterns. Geopolymer foam samples did not collapse completely after the compressive testing. Although polypropylene fiber addition was useful for the early shrinkage reduction, its addition also affects the strength behavior of the geopolymer foam samples.



Figure 4. Compressive testing of foam concrete and

deformation pattern.

4. Conclusion

Geopolymer foam concrete blocks were successfully produced from fly ash and blast furnace slag without any cracks. Effect of different amount of foam stabilizer and expanded perlite addition was investigated. Expanded perlite addition decreased the cracking tendency of the geopolymer foam concrete.

Excellent bonding was observed between expanded perlite particles and geopolymer foam matrix. Foam stabilizer to H₂O₂ ratio is very important for pore size and bulk density. When foam stabilizer amount increased, pore size of the geopolymer foam was decreased.

Geopolymerization temperature must be correctly chosen for crack free samples. High geopolymerization temperatures resulted in cracks. On the other hand, low geopolymerization temperatures resulted in weak foaming and higher bulk density.

All samples reached to constant weight after 11-12 day drying under laboratory conditions. Compressive strength of the geopolymer foam concrete samples conforms to minimum strength requirements according to the TSE 13655.

Polypropylene fiber addition was successful for the elimination of the shrinkage cracks, but at the same time its addition increased the compressive strength by simple fiber strengthening effect.

Acknowledge

Authors wish to thanks to Pana Elemente Foam Concrete Block Co. for supplying of the chemicals.

5. References

Bakharev, T. 2005. "Durability of Geopolymer Materials in Sodium and Magnesium Sulfate Solutions." *Cement and Concrete Research* 35

- (6): 1233–46.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.09.002>.
- Bakharev, T., J. G. Sanjayan, and Y. B. Cheng. 1999. "Effect of Elevated Temperature Curing on Properties of Alkali-Activated Slag Concrete." *Cement and Concrete Research* 29 (10): 1619–25. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(99\)00143-X](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00143-X).
- Bakharev, Tatiana, Jay Gnananandan Sanjayan, and Yi-Bing Cheng. 1999a. "Alkali Activation of Australian Slag Cements." *Cement and Concrete Research* 29 (1): 113–20. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(98\)00170-7](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(98)00170-7).
- Damtoft, J.S., J. Lukaszik, D. Herfort, D. Sorrentino, and E.M. Gartner. 2008. "Sustainable Development and Climate Change Initiatives." *Cement and Concrete Research* 38 (2). Pergamon: 115–27. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2007.09.008>.
- Davidovits, J. 2015. "False Values on CO2 Emission For Geopolymer Cement/Concrete." *Scientific Papers*, 1–9. https://www.geopolymer.org/fichiers_pdf/Fal-se-CO2-values.pdf.
- Deventer, Jannie S.J. Van, John L. Provis, and Peter Duxson. 2012. "Technical and Commercial Progress in the Adoption of Geopolymer Cement." *Minerals Engineering* 29 (March). Pergamon: 89–104. <https://doi.org/10.1016/J.MINENG.2011.09.009>.
- Duan, Ping, Chunjie Yan, and Wei Zhou. 2016. "Influence of Partial Replacement of Fly Ash by Metakaolin on Mechanical Properties and Microstructure of Fly Ash Geopolymer Paste Exposed to Sulfate Attack." *Ceramics International* 42 (2). Elsevier: 3504–17. <https://doi.org/10.1016/J.CERAMINT.2015.10.154>.
- Gartner, Ellis, and Hiroshi Hirao. 2015. "A Review of Alternative Approaches to the Reduction of CO2 Emissions Associated with the Manufacture of the Binder Phase in Concrete." *Cement and Concrete Research* 78 (December). Pergamon: 126–42. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONRES.2015.04.012>.
- Hansen W. "Drying Shrinkage Mechanisms in Portland Cement Paste" *J. Am. Ceram. Soc.* vol. 70, pp. 323–328, 1987
- Jaarsveld, J.G.S. van, J.S.J. van Deventer, and G.C. Lukey. 2003. "The Characterisation of Source Materials in Fly Ash-Based Geopolymers." *Materials Letters* 57 (7). North-Holland: 1272–80. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(02\)00971-0](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(02)00971-0).
- Lee, N. K., J. G. Jang, and H. K. Lee. 2014. "Shrinkage Characteristics of Alkali-Activated Fly Ash/slag Paste and Mortar at Early Ages." *Cement and Concrete Composites* 53. Elsevier Ltd: 239–48. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.07.007>.
- Davidovits J. 2008. *Geopolymer Chemistry and Applications*.
- Phair, J.W., and J.S.J. Van Deventer. 2001. "Effect of Silicate Activator pH on the Leaching and Material Characteristics of Waste-Based Inorganic Polymers." *Minerals Engineering* 14 (3): 289–304. [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(01\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(01)00002-4).
- Provis, John L., and Jan Stephanus Jakob Van Deventer. 2009. "Geopolymers : Structure, Processing, Properties and Industrial Applications," 454.
- Puertas, F, T Amat, A Fernández-Jiménez, and T Vázquez. 2003. "Mechanical and Durable Behaviour of Alkaline Cement Mortars Reinforced with Polypropylene Fibres." *Cement and Concrete Research* 33 (12). Pergamon: 2031–36. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(03\)00222-9](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(03)00222-9).
- Toniolo, Nicoletta, and Aldo R. Boccaccini. 2017. "Fly Ash-Based Geopolymers Containing Added Silicate Waste. A Review." *Ceramics International* 43 (17). Elsevier Ltd and Techna Group S.r.l.: 14545–51. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.221>.
- TSE 13655 Specification for masonry units-Foamed concrete masonry units. 2015.
- Wongkeo, Watcharapong, Pailyn Thongsanitgarn, and Arnon Chaipanich. 2012. "Compressive Strength and Drying Shrinkage of Fly Ash-Bottom Ash-Silica Fume Multi-Blended Cement Mortars." *Materials and Design* 36.

Elsevier Ltd: 655–62.

<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.11.04>

3.

Zhang W., Zakita M., Hama Y. " Influence of aggregate materials characteristics on the drying shrinkage properties of mortar and concrete" *Construction and Building Materials*, vol. 49, pp. 500-510, 2013.

İşyerleri ve Alkollü Mekânlar için Tasarlanmış Alkolmetre Makinesi

Yavuz Bahadır KOCA¹, Yılmaz ASLAN², Yüksel OĞUZ³, Ahmet YÖNETKEN⁴

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Afyonkarahisar.

²Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kütahya.

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

⁴Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

e-posta:ybkoca@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:24.09.2018

; Kabul Tarihi:10.10.2018

Özet

Alkolmetre cihazı ile sürücülerin nefesteki alkol oranının ölçülmesinin tespiti yapılmaktadır. Ölçüm sonucu promil cinsinden görülen değer alkol içeriği ile kan miktarı arasındaki oranı gösterir. Promil, her yüz miligram kan miktarında kaç miligram alkol olduğunu gösterir. Bu çalışma da arduino mikrodenetleyici tabanlı bir alkolmetre cihazı tasarlanmıştır. Bu cihazın alkollü eğlence mekânları gibi noktalarda montajı yapılarak bozuk para okuyucu ile çalışması öngörülmüştür. Alkol alan insanların bir pipetle üflemleri ile birlikte kendi alkol düzeylerini ölçebilecekleri bir cihaz geliştirilmiştir. Cihazın doğruluğu emniyet müdürlüklerince kullanılan alkolmetre cihazları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda %3 gibi bir hata payı ile doğruluk analizi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler

Alkolmetre; Kaza Önleme; Arduino.

Designed Breathalyzer Machine for Workplaces and Alcohol Drinking Places

Abstract

It is determined that the alcohol content of the drivers is measured by the alcoholmeter. The result of the measurement shows the ratio between the alcohol content and the amount of blood in terms of promil. Promil shows how many milligrams of alcohol in every hundred milligrams of blood. In this study an arduino microcontroller based alcohol meter device is designed. This device is intended to be installed in places such as alcohol drinking places such as pubs and working with a coin reader. A device has been developed for people who drink alcohol to measure their alcohol levels with a pipette blow. The accuracy of the device was compared with the alcohol meter devices used in the market. As a result of the measurements, accuracy analyses were performed and the error remained less than %3 in all cases.

Keywords

Alcohol detection system; Accident prevention system; Arduino.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Alcohol use which causes millions of people to lose their lives is a serious problem. Although it is a causal factor of many serious diseases, it is also the cause of the events that cause violence and injury consequences in cases of overuse. Especially in terms of drivers driving along with the use of vehicles, it is seen as a damaging element to the other members of the society.

According to a report published by the World Health Organization (WHO), more than 3 million people died in 2016 as a result of harmful alcohol use.

In general, the harmful use of alcohol causes more than 5% of the global disease burden. Alcohol is a

major public health problem in most of the traffic accidents.

According to data from the World Health Organization, approximately 1.2 million people worldwide die as a result of traffic accidents. Even a small amount of alcohol consumption increases the risk of accidents for drivers and pedestrians. Alcohol not only disrupts the critical processes for safe road use, such as vision and reaction times, but is also linked to the judgment of judgment, and is therefore often linked to other high-risk road-use behaviors, such as using or using a seat belt. It should be noted that the number of traffic accidents caused by alcohol in our country is too high (Organization, 2007; Organization & Unit, 2018). One of the most important elements of the modern world is transportation. With increasing technology, passengers are provided with more comfortable vehicles in road transport. However, according to the report of the world health organization, approximately 1.2 million people lost their lives in 2016 in the traffic accidents occurring worldwide (Organization & Unit, 2018). Traffic accidents for societies, families and people, together with social problems, bring a heavy burden on health services and economies (Organization, 2007).

It is a rapidly growing problem in traffic accidents with the increase of motor vehicles on highways. Especially the most dramatic situation for injuries and fatal accidents is the vulnerable citizens in the traffic. The factors affecting the way in which alcohol, drugs and other people are exposed to traffic cause the death of others and the death of others. According to the research reports, it has been shown that alcohol consumption negatively affects driving skills such as cognitive performance and decrease in impulsive behavior and distraction due to alcohol use (Kesen, 2004).

In our country, the Law No. 2918 on the use of vehicles under the influence of alcohol and stimulants has been defined. According to Article 48 of this law, drivers who have been drinking

alcohol, stimulants or drugs are not allowed to drive on highways.

Technical devices are also used to determine the amount of alcohol in the blood by security forces (amacıyla Highway Traffic Law, 2005).

As a result of the measurements carried out by the private car drivers, the amount of alcohol in their blood is above 0.50 promil is prohibited in accordance with the law on road traffic regulations. Similarly, for other vehicle users, this limit is 0.20. In this context, alcohol audits are carried out by law enforcement officers in order to ensure traffic safety.

In this study, a coin operated alcohol meter device has been developed for citizens who want to check the amount of alcohol in places like entertainment venues etc. The device is activated with the discard of the money and the person who wants to make alcohol measurement by a pipette blow to the alcohol sensor can learn the necessary level of promil lcd screen.

2. Material ve Metod

In this study, open source Arduino microcontroller is used. Various analog inputs can be read with arduino microcontrollers, light, sound etc. on a sensor. information can be converted to output. From engine control to lighting systems. Arduino can be used in many projects ranging from daily application projects to complex scientific studies. In this way, there is incredible accessibility information that will provide great help for those who need it, with widespread use throughout the world (IntKyn. 1).

2.1 System Components

In this section, information will be given about the design, installation and operation of coin operated coinmeter system with coin acceptor to be used in workplaces and entertainment venues realized with Arduino microcontroller card. The Arduino board consists of a gas sensor, an LCD display and a coin acceptor assembly. It is a great advantage that Arduino cards can be used with many sensor types.

With these sensors, anything can be detected or measured. In addition, the overall use of sensors is both easy and inexpensive.

One of these sensors is the MQ-3 gas sensor that detects alcohol. The MQ-3 gas sensor is a sensor that tests the levels of alcohol, gasoline, hexane or LPG in the air, but is most commonly used as an alcohol breath analyzer for a person who drinks vodka, wine, beer or another drink (Sahuet al.2017). The circuit diagram of the built-in meter is shown in Figure 1.

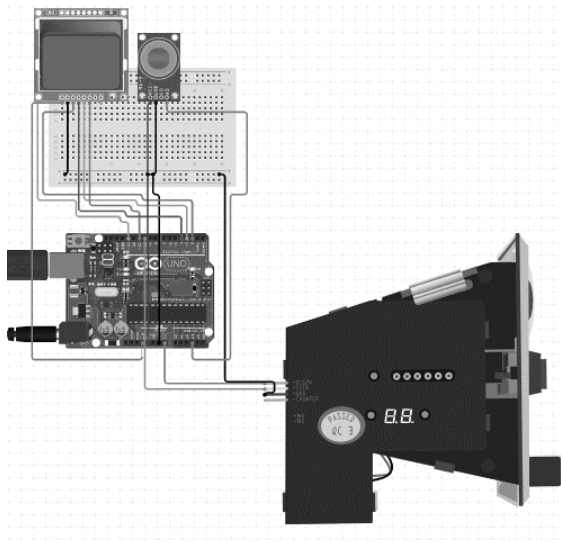


Figure1. Alcoholmeter circuit diagram

ArduinoUno is a micro controller card based on ATmega328P. There are 14 digital input / output pins. 6 of these pins can be used as PWM output. It also has 6 analog inputs, 16 MHz quartz crystal, one USB connection, one power input, one ICSP header and one reset button. It can be connected to the computer with a USB cable to operate, or can be operated with an AC / DC adapter or battery. It is the most widely used product of the entire Arduino family (IntKyn. 2).

The ArduinoUno microprocessor card allows employees to develop systems in this area. Open source electronic prototyping is a convenient platform for easy-to-use hardware and software. It is connected to the MQ-3 sensor, which depends on factors such as the number of measurements carried out in sequence with analog inputs. The

sensor is made by measuring the alcohol concentration that matches the equivalent of milligrams of alcohol per liter of water connected to the serial port 3. This heater of the sensor should rise up to 40 ° C (Özekinci and Öztürk 2017). The temperature reaches the desired value within a few minutes after the sensor is reached. The sensor is in a mold made of plastic and stainless steel mesh. Here, the heater provides the necessary operating conditions for the operation of sensitive components. The MQ-3 gas sensor has 6 pins. Four of them are used to receive the signal and the other 2 to provide the heating current. The algorithm of the study is shown in Figure 2.

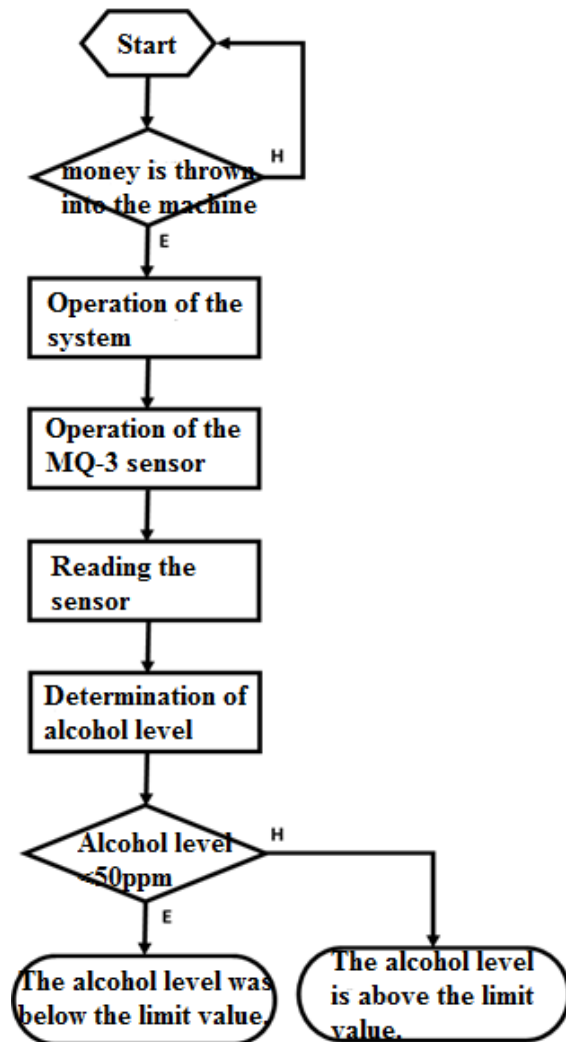


Figure 2. System working algorithm

3. Results

Design and production of the alcohol meter is shown in Figure 3. Measurements were made for alcohol test. As a result of the measurements performed, the correct and successful result values were seen on the LCD screen

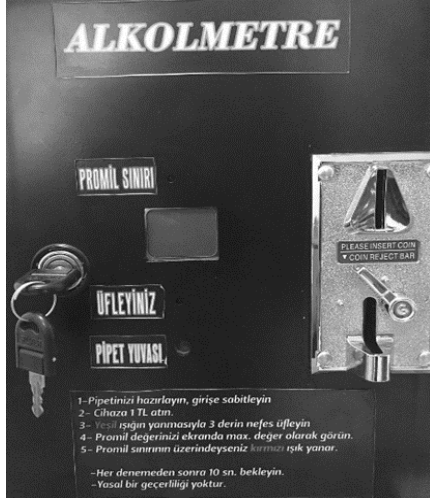


Figure 3. Alcoholmeter

4. Discussion and Conclusion

The results of the study were compared with the alcohol meter devices used in the market. The comparison results are based on a pre-stimulation system for individuals who have been drinking alcohol in areas with alcoholic entertainment that may endanger driving safety. With this control system, a cheap and reliable practical test facility was obtained. With this system, the rate of accidents can be reduced by predetermining the accidents caused by alcohol.

5. References

- Highways Traffic Law. (2005), (1).
- Kesen, J. (2004). Alcohol Levels of Driving Drivers, 51–54.
- Organization, W. H. (2007). Drinking and driving: a road safety manual for decision-makers and practitioners. *Drinking and Driving: A Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners*.
- Organization, W. H., & Unit, W. H. O. M. of S. A. (2018). *Global status report on alcohol and health, 2018*. World Health Organization.
- Özekinci, M., & Öztürk, S. (2017). Breath Alcohol Measurement, 66–68.

Sahu, P., Dixit, S., Mishra, S., & Srivastava, S. (2017). Alcohol Detection based Engine Locking System using MQ-3 Sensor, 979–981.

internet kaynakları

- 1-<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-smd-rev3>, (10.11.2018)
- 2-<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>, (10.11.2018)

Gaz Metal Ark Kaynaklı Zırh Çeliklerinin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Ramazan KAÇAR¹, Hayriye ERTEK EMRE²

^{1,2} Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Karabük.

e-posta: rkacar@karabuk.edu.tr, hayriyeertek@karabuk.edu.tr

Geliş Tarihi:15.09.2018

; Kabul Tarihi:30.10.2018

Özet

Armox zırh çeliği geleneksel olarak askeri uygulamalar için kullanılmasının yanı sıra günümüzde sivil uygulamalar içinde kullanılmaktadır. Armox zırh çelikleri yüksek sertlik ve mukavemetle birlikte mükemmel balistik özelliklere sahiptir. İyi aşınma direncine sahip olan bu çelikler düşük karbon eşdeğerine sahip olduklarından iyi derecede kaynak edilebilirliğe sahip oldukları bilinmektedir. Endüstriyel uygulamalar zırh çeliklerinin birbirleriyle ve farklı cins çeliklerle kaynak edilebilirliklerine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bilhassa farklı cins çelik birleştirmelerinde kullanılan kaynak yöntemi ve kaynak parametreleri yanı sıra, koruyucu gaz ve doğru ilave metalin seçimi de birleştirme kalitesini önemli derecede etkilediği bilinmektedir. Bu çalışmada Armox 500T–Armox 500T aynı cins zırh çelik çifti ve Armox 500T-AISI 304 farklı cins çelik çiftinin gaz metal ark kaynak kabiliyetleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak; Armox 500T–Armox 500T aynı cins zırh çelik çifti ve Armox 500T-AISI 304 farklı cins çelik çifti östenitik paslanmaz çelik ER307 ilave metali ile uygun kaynak parametreleri seçilerek, robotik gaz metal ark kaynak yöntemiyle başarıyla birleştirilebilmektedir.

Anahtar kelimeler

Armox Zırh çeliği, AISI 304 Östenitik paslanmaz çelik, Gaz altı ark kaynağı, Mekanik özellikler, Mikro yapı

Determination of the Mechanical Properties of Gas Metal Arc Welded Armox Steels

Abstract

Armox protection plate is traditionally used for military applications, and in today's world it is also used for civil applications. Armox has excellent ballistic properties in combination with high hardness and strength. Armox steels having good abrasive wear resistance has got low carbon equivalent so it is known that they have good weldability. Industrial applications show the need for weldability of armor steels with each other and with different types of steels. Especially, In addition the welding method and welding parameters, the shielding gases and selecting of the right welding consumable also affect significantly to the weld quality of dissimilar steel weldment. In this study, the gas metal arc welding capabilities of Armox 500T-Armox 500T steel couple and Armox 500T-AISI 304 dissimilar steel pair was investigated in detail. As a result; Armox 500T–Armox 500T similar armor steel couple and Armox 500T-AISI 304 dissimilar steel couple can be joined with austenitic stainless steel ER307 filler metal by using robotic gas metal arc welding method selecting appropriate welding parameters.

Keywords

Armor steel, AISI 304 Austenitic stainless steel, Gas metal arc welding, Mechanic Properties, Microstructure

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Zırh çelikleri yüksek balistik performansları sayesinde sivil ve askeri alanlarda araçların, inşaat ve binaların korunmasında çok geniş yelpazede kullanım alanı bulmaktadır (Barényi et al. 2014).

Yüksek dayanım, sertlik ve toklukları bu çeliklere yüksek balistik performans sağlar, (Ade et al. 1991), (Madhusudhan Reddy and Mohandas 1996). Zırh çelikleri alaşımlı çelik ailesinin üyesi olup, su verme ısıl işlemi sonrası temperleme ısıl işleminden dolayı

ıyapıları temper martenzitten oluşurlar (Balakrishnan et al. 2011). Kara ve Korkut (2012)'e göre zırh çeliklerinin birleştirme işleminde ısı tesiri altında kalan bölge (ITAB) ve kaynak metalinde ileri gelen yapısal dönüşümlerinin bir sonucu olarak ana metale nazaran daha düşük mukavemet ve balistik performans söz konusudur. Zırh çeliklerinin birbirleriyle ve zırh çeliği-alüminyum alaşımları başta olmak üzere farklı malzemelerle kaynaklanabilirliği, farklı ilave metal ve kaynak yöntemlerinin etkileri üzerinde birçok araştırma gerçekleştirilmiştir (Sabari et al. 2016), (Ilangovan et al. 2015), (Alkemade et al. 1996), (Magudeeswaran et al. 2008), (Magudeeswaran et al. 2014). Zırh çeliklerinin kaynaklı birleştirmelerinde meydana gelen hidrojenin neden olduğu çatlak oluşumu nedeniyle östenitik paslanmaz kaynak ilave telleri tercih edilmektedir. Kaynak metalindeki hidrojenin östenitik fazda yüksek çözünürlüğü ile difüze edilebilen hidrojenin neden olduğu çatlak oluşumu giderilebilmektedir, (Magudeeswaran et al. 2014). Aynı ve farklı tür çeliklere uygulanan kaynak yöntemleri arasında endüstride yaygın kullanım alanı bulan kaynak tekniklerinden biriside yarı otomatik kaynak metodu olan gaz metal ark kaynağıdır (GMAK) (Ünlü vd. 2012). Farklı cins malzeme birleştirmelerinin kaynak bölgesi; ilave metal ve ana malzemelerden önemli miktarda alaşım elementi ihtiva eder. Kaynak metalinde bunların kimyasal kompozisyonlarına ve kaynak şartına bağlı olarak yapısal farklılıklar meydana gelebilir, (Soysal et al. 2017), (Sireesha et al. 2000).

Bu çalışmada; yüksek balistik özellikteki ArmoX 500T zırh çeliği birbirleriyle ve yüksek korozyon direncine sahip AISI 304 östenitik paslanmaz çelikle gaz metal ark kaynak yöntemiyle ER307 kaynak ilave metalinden yararlanılarak birleştirilmiştir. Birleştirmelerin mekanik özelliklerinin belirlenmesi için çekme ve üç nokta eğme testleri uygulanmıştır. Ayrıca kaynaklı bağlantının kesitinde sertlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. İlave olarak birleştirmelerin mikroyapı incelemeleri de gerçekleştirilerek, birleştirme mekanik özellik ve mikroyapı ilişkisi belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

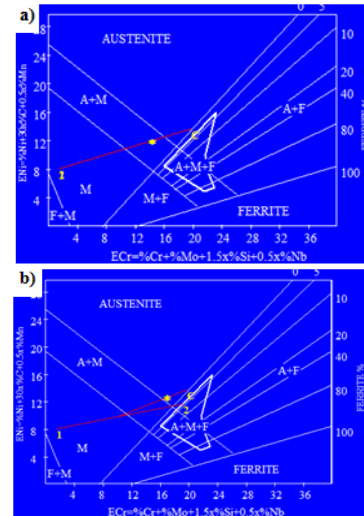
2.1 Deneysel Malzeme ve Schaeffler Diyagramı

Bu çalışmada 4,5 mm kalınlığında ArmoX 500T zırh çeliği ile 4 mm kalınlığında AISI 304 paslanmaz çelik çifti GMAK yöntemi ile argon koruyucu gaz kullanılarak 1.2 mm çapında AWS A5.9 standardına göre ER307 ilave tel ile birleştirilmiştir. Deneyde kullanılan ana malzeme ve ilave tel kimyasal bileşimleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Ana malzeme ve ilave tel kimyasal bileşimi (% ağırlık)

| Alaşım | C | Mn | Si | Cr | Ni | Mo | S | P | Fe |
|------------|------|-----|------|------|-----|------|-------|-------|-------|
| ArmoX 500T | 0,2 | 0,8 | 0,24 | 0,5 | 0,9 | 0,37 | 0,003 | 0,004 | Kalan |
| AISI 304 | 0,04 | 0,9 | 0,61 | 18,4 | 7,9 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | Kalan |
| ER307 | 0,08 | 7 | 0,8 | 19 | 9 | - | <0.35 | | Kalan |

Çalışmada kullanılan çelik çeşitlerine ve kaynak ilave metaline bağlı olarak kaynak sonrasında oluşabilecek yapıyı tahmin edebilmek için Schaeffler diyagramından yararlanılmıştır. Şekil 1'de kaynak sonrası oluşması beklenen kaynak metal mikroyapısı Schaeffler bilgisayar programı kullanılarak belirlenmiştir. Diyagram üzerinde ArmoX 500T ana malzeme 1 rakamı, AISI 304 ana malzeme 2 rakamı ve ilave tel C harfi ile belirtilmiştir. Kaynaklı birleştirmede farklı cins çeliğin ergime karışım oranı %50 ve kaynak ilave metal ve ana malzeme ergime karışım oranı %30 olduğu varsayılarak kaynak bileşimi noktası yıldız işareti ile gösterilmiştir. Program sonucu kaynak metal tahmini kimyasal bileşimi ve Cr, Ni eşdeğerleri her iki birleştirme grubu için ayrı ayrı Çizelge 2 a ve b'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Birleştirmelerin Scheaffler diyagramı, a) Armox 500T-Armox500T, b) Armox 500T-AISI304

Çizelge 2. Kaynak metali tahmini kimyasal bileşimi ve Cr, Ni eşdeğerleri a) Armox 500T-Armox 500T, b) Armox 500T-AISI304

| Weld Metal | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| %C | %Si | %Mn | %Cr | %Ni | %Mo | %Nb | %Cu | ppm N |
| 0.131 | 0.64 | 4.91 | 13.13 | 5.60 | 0.27 | — | 0.01 | 349 |
| | ECr | ENi | | ECr | ENi | | ECr | ENi |
| Schaeffler: | 14.36 | 11.99 | DeLong: | 14.36 | 13.04 | WRC-92: | 13.40 | 10.89 |

(a)

| Weld Metal | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| %C | %Si | %Mn | %Cr | %Ni | %Mo | %Nb | %Cu | ppm N |
| 0.103 | 0.70 | 5.00 | 15.74 | 6.95 | 0.24 | — | 0.01 | 650 |
| | ECr | ENi | | ECr | ENi | | ECr | ENi |
| Schaeffler: | 17.03 | 12.53 | DeLong: | 17.03 | 14.47 | WRC-92: | 15.98 | 11.84 |

(b)

Şekil 1 a'daki diyagrama göre; Armox 500T birleştirmelerinin kaynak metali mikroyapısının östenit ve martenzit fazından oluşması beklenmektedir. Şekil 1 b'deki diyagram ise Armox 500T-AISI 304 birleştirmelerinin kaynak metali mikroyapısının ise tamamen östenit fazından oluşacağına işaret etmektedir. Çizelge 2'deki verilere göre kullanılan ilave tel kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak kaynak metali kimyasal bileşiminin seyrelerek değişim göstermesi beklenmektedir.

2.2 Malzemelerin Kaynak İşlemi

Armox 500T-AISI 304 çelik çifti 4.5x250x500 mm³ ebatlarında kesilerek birleştirmelere 60° V kaynak ağzı açılmıştır. Numune yüzeyleri kaynak öncesi tel fırça ile oksit, yağ vb. atıklardan temizlenmiştir. Her iki malzeme çifti için de E307Si ilave tel ile yapılan MIG/MAG kaynağı, 242 A kaynak akımı, 24.7 V elektriksel gerilim, 45 cm/dak. kaynak ilerleme hızı, 1000 cm/dak. tel sürme hızı, 15 lt/dak. gaz debisi altında argon koruyucu gazı kullanılarak kaynak robotu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada deney numunelerini birleştirmek için Fanuc marka 100 İC/8L model kaynak robotu ile Lincoln Elektrik S 350 POWER WAVE MODEL gaz altı ark kaynak makinesinden yararlanılmıştır. Kaynak işlemi doğru akım ters kutuplama ile gerçekleştirilmiştir. Birleştirme görüntüleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

Birleştirmelere gözle yapılan incelemelerde yüzeyel çatlak tespit edilmemiştir. Kaynaklı bağlantı her iki yüzeyinden 0,5 mm taşlama ve ardından zımparalama yapılarak 3,5 mm kesit kalınlığına düşürülmüştür.

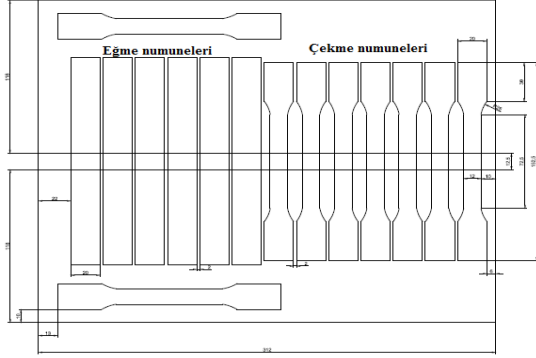


Şekil 2. Kaynaklı birleştirme görüntüleri

2.3 Çekme ve Eğme Deneyi

TS EN ISO 6892-1 standardına uygun hazırlanmış ana malzeme ve TS EN ISO 4136 standardına uygun hazırlanmış kaynaklı çekme deney numunelerinin çekme testi 50 kN kapasiteli SHIMAZDU marka test cihazında 3 mm/dakika çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Kaynaklı birleştirmelerin şekillendirilebilirliğini belirlemek için TS EN ISO 5173 standardına uygun üç nokta eğme numuneleri

10 tonluk ALŞA marka hidrolik test cihazında eğme deneyine tabi tutulmuştur. Deneysel numunelerin kesme işlemi öncesi standartlara göre boyutları belirlenmiştir. Teknik resimleri autocad programında çizilerek ve lazer kesim için hazırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Deneysel numunelerin şematik olarak gösterimi

2.4 Mikroyapı incelemesi ve sertlik ölçümü

Metalografi numuneleri 250-1500 mesh arası zımparalar ile zımparalanarak ardından 6, 3 ve 1

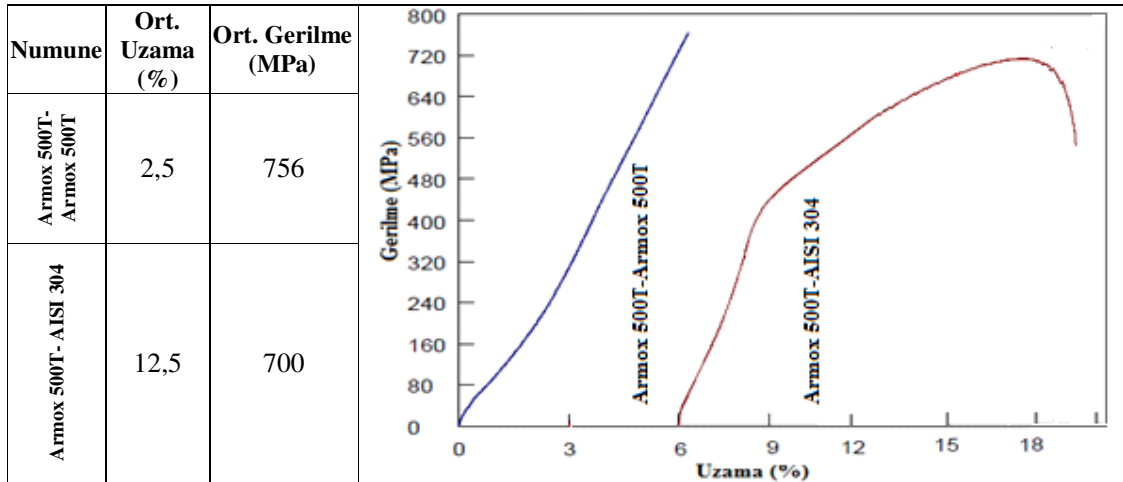
mikronluk elmas pastalar kullanarak keçede parlatılmıştır. Numuneler önce %2 nital çözeltisinde 6 saniye dağlanarak Armox 500T tarafından mikroyapı görüntüsü alınmıştır. Daha sonra numune 80 ml saf su + 20 gr sodyum hidroksit solüsyonu içerisinde doğru akımda 5V gerilim ve 2A akım şiddeti altında ortalama 15 sn elektrolitik dağlanarak AISI 304 malzeme tarafından görüntü alınmıştır. Mikroyapı incelemeleri optik mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümü FV-700 SHIMADZU marka Vickers mikrosertlik ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Batıcı uca 500 g yük uygulanmıştır.

3. Bulgular

3.1 Çekme Deney Sonuçları

GMAK yöntemi birleştirilmiş deneysel numunelerinin çekme testi sonuçları ve gerilim-uzama eğrileri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Armox 500T- Armox 500T ve Armox 500T- AISI 304 birleştirmelerinin çekme deney sonuçları



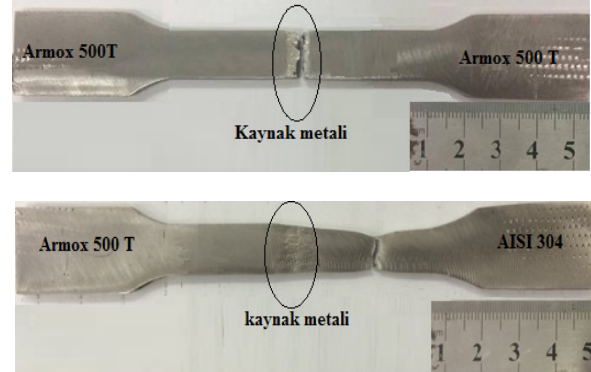
Çizelge 3'den görüldüğü gibi aynı cins Armox 500T çelik çifti birleştirmesi çekme dayanımı, Armox 500T- AISI304 farklı cins çelik birleştirmesinden 56 MPa daha yüksek bulunmuştur. Bilindiği üzere birleştirmelerde aynı cins malzemelerin kaynağında uygun ilave metal ve kaynak parametrelerle kaynak yapıldığında bağlantının mukavemetinin en az ana malzeme kadar dayanıklı olması istenir. Farklı cins

malzemelerin kaynağında ise bağlantı mukavemeti dayanımı düşük olan malzeme kadar veya düşük olabilir. Bunun için ilave metal seçimi son derece önemlidir. Bu çalışmada sert ve aşınmaya dirençli zırh çeliğinin kendi cins ve östenitik paslanmaz çelik birleştirmesinde daha sünek, şekil alabilenve yeterli mukavemete sahip kaynak metali elde edebilmek amacıyla östenitik yapıllı ilave metal kullanılmıştır.

Kaynaklı birleştirmelerin çekme mukavemeti performansı aynı cins malzemelerin kaynağında kaynaklı numunenin maksimum çekme mukavemetinin ana malzemenin çekme mukavemetine oranı olarak tanımlanabilir. Farklı cins malzemelerin kaynaklı birleştirmelerinde ise kaynaklı numunenin maksimum çekme mukavemetinin dayanımı düşük olan ana malzemenin maksimum çekme mukavemetine oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalar göz önüne alındığında aynı cins malzemelerin kaynağında çekme mukavemeti performansı yaklaşık %50 olarak hesaplanmıştır. Bu düşük çekme performansının sonucunda kaynak metalinin yeterli mukavemet, tokluk ve şekillendirilebilirliğe sahip olması amacıyla seçilen östenitik paslanmaz ilave tellerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Farklı cins çelik birleştirmesinde ise performans %100 bulunmuştur. Farklı cins malzeme birleştirmesi için bulunan bu çekme mukavemeti performansı uygun kaynak parametreleri ve ilave metal seçimiyle bağlantı performansının ana malzemeyle aynı değerlere ulaştırılabileceğine işaret etmektedir.

Genel katalog bilgilerine göre ArmoX 500T ana malzeme çekme dayanımı 1450 MPa ve uzama miktarı %8 olarak rapor edilmektedir (<http://www.ssab.com> 2018). Çalışmada kullanılan AISI 304 ana malzeme çekme dayanımı 700 MPa, uzama miktarı ise %50 olarak tespit edilmiştir. Aynı cins zırh çelik birleştirmesi çekme testi sonrasında hasar kaynak metaline-ana malzeme ergime sınırından gerçekleşmiştir. ArmoX 500T-AISI304 farklı cins çelik birleştirmesinde çekme testi sonrası hasar ise AISI304 ana malzeme tarafından gerçekleşmiştir. Numunelerin test sonrası görüntüleri Şekil 4'de gösterilmiştir. ArmoX 500T-ArmoX 500T aynı cins çelik birleştirmelerin kullanılan ilave teller kimyasal bileşimiyle ilişkili içyapısı ağırlıklı olarak östenitik oluşmuştur. Düşük sertlik ve düşük mukavemete sahip olan kaynak metalindeki ısı girdisine bağlı olarak martenzitik dönüşüm gösteren daha gevrek bölgeden kaynaklı bağlantı düşük bir uzama (%2,5) göstererek kopmuştur. Şekil 4 makro görüntüsünde ArmoX 500T çelik çifti çekme

numunesinde boyun verme, diğer bir ifadeyle kesit daralması meydana gelmeden gevrek bir şekilde kırılma meydana geldiği görülmektedir.

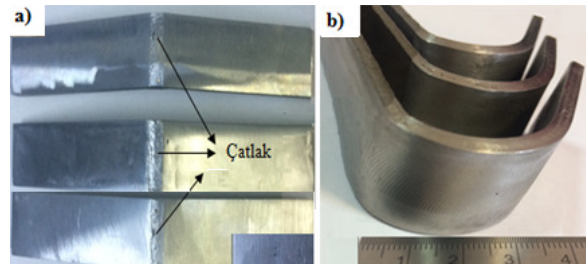


Şekil 4. Çekme deneyi sonrası numunelerin kırılma görüntüleri

ArmoX 500T-AISI 304 farklı cins çelik çifti birleştirmesinde ise kaynak metalinin mikroyapısının tamamen östenitik yapıda olması kaynak metalinin tokluğunun artmasına ve kaynaklı bağlantının ise daha düşük çekme dayanımına sahip AISI 304 paslanmaz çelik ana malzeme tarafından kırılmasına neden olduğu düşünülmektedir.

3.2 Üç Nokta Eğme Deneyi Sonuçları

Kaynaklı deney numunelerinin oda sıcaklığında şekillendirilebilirliği üç nokta eğme deneyi ile belirlenmiştir. Deney numunesinde hasar oluşuncaya kadar kep eğme deneyine tabi tutulan ve maksimum 90° eğilen ArmoX 500T-ArmoX 500T çelik çiftinin Şekil 5 a'da görüldüğü gibi kaynak ergime bandında veya ITAB kaba taneli bölgesinde çatlak oluşumu meydana gelmiştir. ArmoX 500T-AISI 304 çelik çifti ise Şekil 5 b'de görüldüğü gibi maksimum 180° katlanmış ve kaynak metaline ve ITAB'de herhangi bir çatlak oluşumu meydana gelmemiştir. Ancak eğme daha düşük akma dayanımına sahip AISI 304 paslanmaz çelik ana malzeme tarafından gerçekleşmiştir.

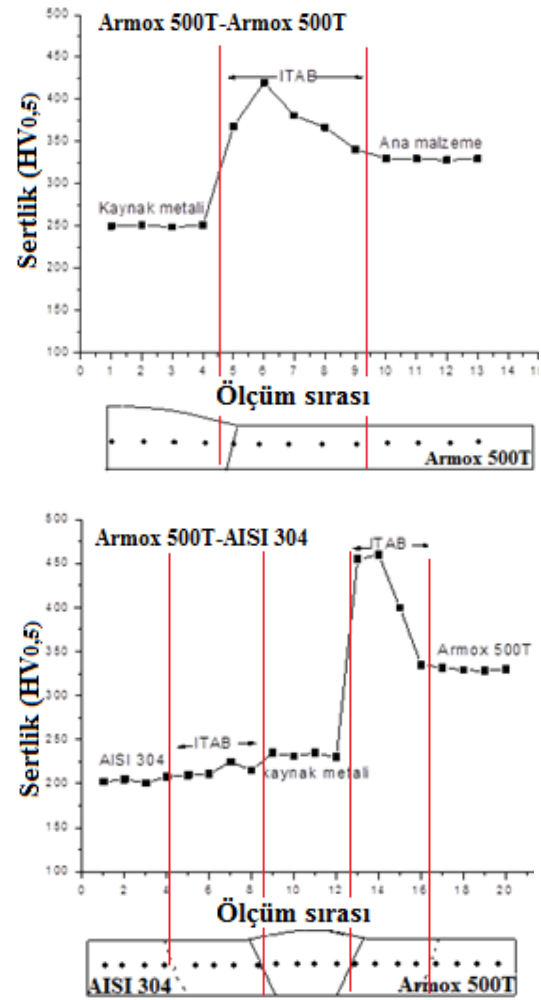


Şekil 5. Eğme deney numune görüntüleri a) Armox 500T-Armox 500T, b) Armox 500T-AISI 304.

3.3 Mikrosertlik Ölçüm Sonuçları

Birleştirmelerin sertlik ölçüm sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi AISI 304 ana malzeme sertliği ortalama 200HV_{0.5} olarak ölçülmüştür. Sertleştirme ısı işlemi uygulanmış ve ardından temperlenmiş yapıya sahip olan Armox 500T çeliği ortalama sertlik değeri ise 330HV_{0.5} olarak tespit edilmiştir. Armox 500T-Armox 500T birleştirmeleri için, ana malzemeden ITAB'a doğru gidildikçe sertlik değerlerinde artış eğilimi ergime bandında belirgin bir yükselme göstermektedir. En yüksek ITAB sertliği 440 HV_{0.5} olarak bulunmuştur. Ortalama kaynak metali sertliği 250 HV_{0.5} olarak belirlenmiştir. Armox çeliği ITAB'da kaynak ısı girdisiyle tane irileşmesini maruz kalmaktadır. Çeliğin içeriğindeki karbon oranına ve sertleşebilirliğe etki eden diğer alaşım elementlerine bağlı olarak kaynak sonrası hızlı soğuma ile kaba taneli östenit fazı martenzite dönüşerek sertliği arttığı düşünülmektedir. Balakrishnan vd. (2011), Armox çeliklerinin ark kaynak birleştirmelerinde ergime sınırı yakınındaki ITAB bölgesinde en yüksek sertlik değerine ulaşıldığını rapor etmişlerdir.

Armox 500T-AISI 304 birleştirmesi için, en yüksek ITAB sertliğine Armox 500T çelik ergime bandında 460HV_{0.5} değerine ulaşmıştır. AISI 304 ve Armox 500T ana metal birleştirmesine ilave metal olarak ER307 östenitik karakterli ilave tel kullanılmasından dolayı birleştirme kaynak metalinin ağırlıklı östenitik yapıda oluştuğu için kaynak metali ortalama sertliği 230HV_{0.5} olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. Mikrosertlik ölçüm sonuçları

3.4 Mikroyapı İncelemeleri

Şekil 7 ve 8' de sırasıyla Armox 500T-Armox 500T ve Armox 500T-AISI 304 çelik çifti birleştirmesi mikroyapıları gösterilmiştir. Şekil 7 a ve 8 f'den su verilmiş ve ardından temperleme ısı işlemi görmüş Armox 500T ana malzeme, temperlenmiş martenzit ve asiküler martenzit fazlarından oluştuğu görülmektedir. Şekil 7 ve 8 e'den görüldüğü gibi, birleştirmenin Armox 500 T çelik tarafı ITAB'da tane irileşmesi ve kaba taneli martenzitik yapı göze çarpmaktadır.

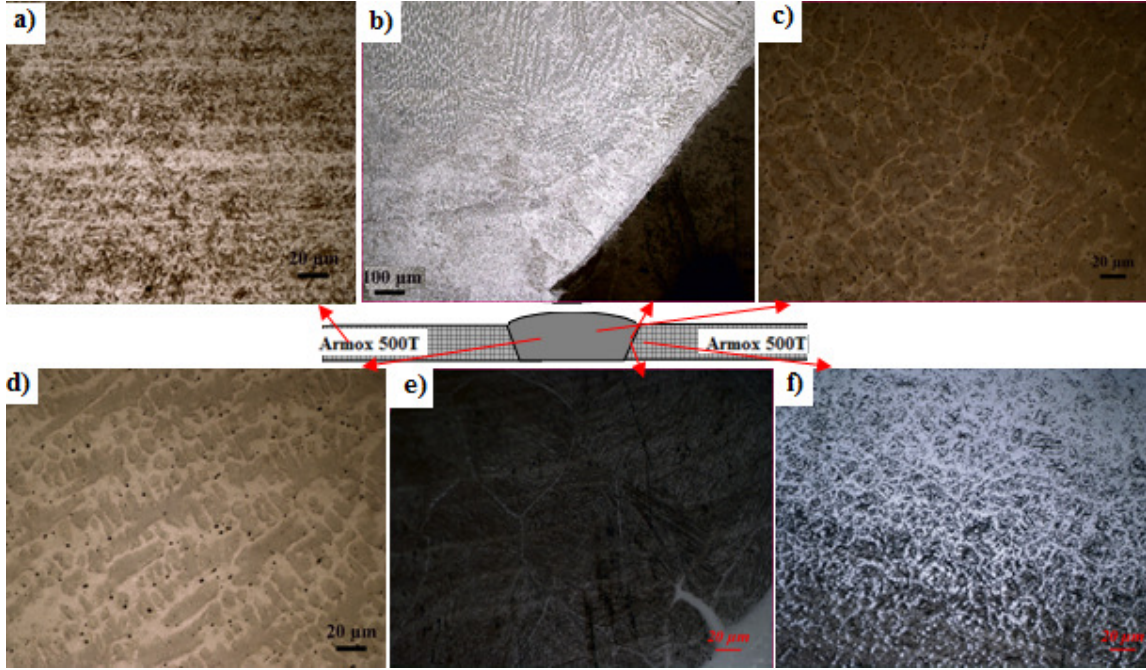
Jena vd. (2008)'de benzer şekilde Armox zırh çeliklerinin ergitmeli kaynaklı birleştirmelerinde ısı girdisine bağlı olarak ITAB'da kaba martenzit yapının meydana geldiğini belirlemişlerdir. Şekil 7 f'de Armox 500T ITAB'dan ana malzeme geçiş bölgesi görülmektedir. Martenzit yapı ana

malzemeye doğru azalarak homojen bir dağılım sergilemektedir. Armox 500T-Armox 500T birleştirmelerinde kaynak metali mikroyapısının kullanılan ilave telin kimyasal bileşimine bağlı olarak östenitik matris içerisinde widmanstatten tip ferritten meydana geldiği görülmektedir (Şekil 7 b-d).

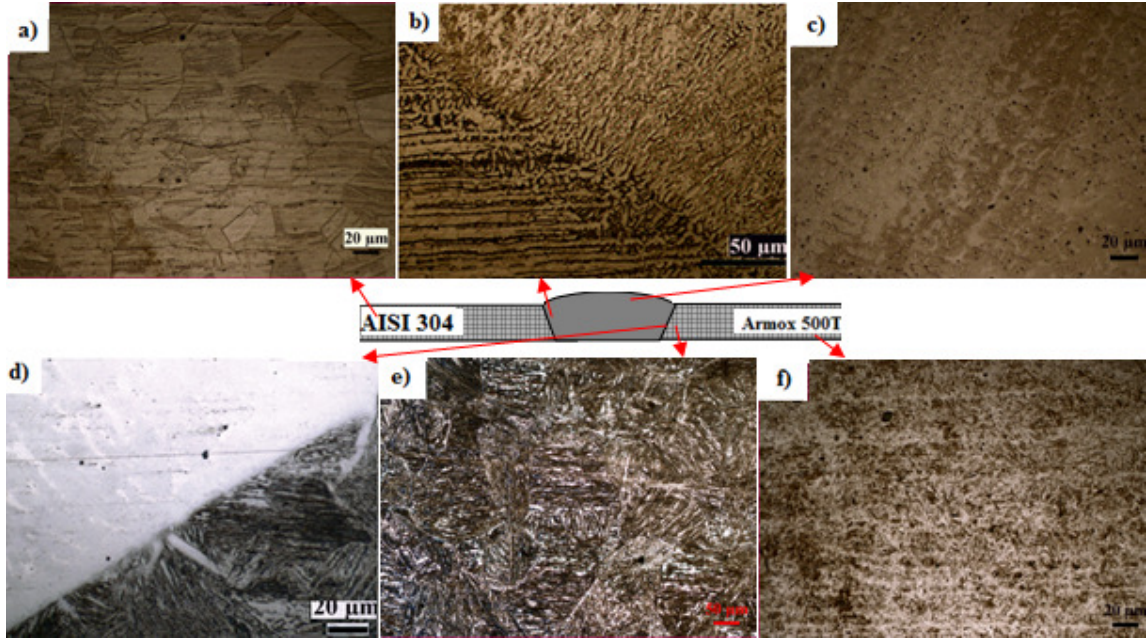
Şekil 8 a'da östenit fazından oluşan AISI 304 mikroyapısı görülmektedir. Ayrıca yapıda haddelemeye bağlı deformasyondan kaynaklanan

bantlaşma göze çarpmaktadır. Şekil 8 b'de Armox 500T-AISI 304 birleştirmelerin kaynak metalinden AISI 304 paslanmaz çelik tarafına geçiş bölgesi görülmektedir. Kaynak metalinin östenitik matris içerisinde skeletal tip delta ferritten oluştuğu görülmektedir (Şekil 8 b ve c).

Şekil 8 d ve e'de Armox 500T-AISI 304 birleştirmenin Armox 500T tarafı ITAB mikroyapısının kaba taneli martenzitik yapıda olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Armox 500T-Armox 500T birleştirmesi, a) Armox 500T ana malzeme, b,c,d) kaynak metali, e)ITAB, f)ITAB-ana malzeme geçiş



Şekil 8. ArmoX 500T-AISI 304 birleştirmesi, a) AISI 304 ana malzeme, b,c,d) kaynak metali, e)ArmoX 500T ITAB, f)ArmoX 500T ana malzeme

4. Tartışma ve Genel Sonuçlar

Çalışmada aynı cins ArmoX 500T zırh çeliği çifti ve AISI 304 paslanmaz çelik ile ArmoX 500 T farklı cins çelik çifti GMAK yöntemiyle birleştirilmiştir. Birleştirmelere çekme ve üç nokta eğme testleri uygulanmıştır. Kaynaklı bağlantıların mikroyapı değişimi incelenmiş ve sertlik profili belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

ArmoX 500T-ArmoX 500T ve ArmoX 500T- AISI 304 çelik çifti GMAK yöntemiyle başarılı bir şekilde birleştirilmiştir. Kaynak sonrası birleştirmelerde herhangi bir yüzeyel çatlak veya süreksizlik meydana gelmediği belirlenmiştir.

ArmoX 500T-ArmoX 500T birleştirmesi ortalama çekme dayanımı 756 MPa ve uzama miktarı %2,5 iken, ArmoX 500T-AISI 304 farklı cins çelik çifti ortalama çekme dayanımı 700 MPa ve uzama miktarı %12,5 olarak tespit edilmiştir. Birleştirmelerin çekme dayanımları aynı cins çelik bağlantısı için ArmoX 500T çelik ana malzeme dayanımından daha düşük, ArmoX 500T-AISI 304 farklı cins birleştirmeleri için AISI 304 paslanmaz çelik çekme dayanımına eşit olduğu belirlenmiştir. ArmoX 500T çelik çifti birleştirmelerinde hasarın

kaynak metali-ergime sınırından kesit daralması olmadan gevrek bir şekilde meydana gelirken, ArmoX 500T-AISI 304 farklı cins çelik birleştirmesi için östenitik paslanmaz çelik tarafından belirgin bir kesit daralmasıyla sünek bir kırılma davranışıyla meydana geldiği tespit edilmiştir.

ArmoX 500T çelik çifti birleştirmeleri üç nokta eğme deney numunelerinde 90° katlama sonucunda kaynak metalinden çatlak oluşumu meydana geldiği belirlenmiştir. ArmoX 500T-AISI 304 farklı cins çelik çifti için deney numunelerinin 180° katlama sonrası çatlak oluşmaması birleştirme şekillendirilebilirliğinin daha iyi olduğunu göstermektedir.

AISI 304 ve ArmoX 500T çelik sertlikleri sırasıyla ortalama 200HV ve 330 HV olarak tespit edilmiştir. Her iki aynı ve farklı cins çelik birleştirmeleri içinde ArmoX 500T zırh çeliği tarafı ana malzemedan ITAB'a doğru gidildikçe sertlikte artış göze çarpmaktadır. ArmoX 500T-ArmoX 500T çelik çifti birleştirmesi kaynak metali sertliği, ArmoX 500T-AISI 304 çelik çifti birleştirmesinden 20HV daha yüksek bulunmuştur. Birleştirmede kullanılan

malzeme kimyasal bileşim farklılıklarının kaynak metali sertliğini etkilediği görülmektedir.

AISI 304 ana malzemenin eş aksel östenit fazından, Armox 500T ana malzemenin ise temperlenmiş martenzit ve asiküler martenzit fazlarından oluştuğu görülmektedir. Birleştirmenin Armox çelik ITAB'ında kaynak termal çevriminin etkisiyle yapı tamamen martenzite dönüşmüştür. Armox 500T- Armox 500T çelik çifti kaynak metali östenitik matriks içerisinde widmanstatten ferritten oluşmaktadır. Armox 500T-AISI 304 çelik çifti kaynak metali östenitik matriks içerisinde skeletal tip delta ferritten oluşmuştur.

Teşekkür

Bu çalışmada kaynaklı birleştirmelerin gerçekleştirilmesinde desteklerinden dolayı Askaynak firması ve Kaynak mühendisi Eren Sancar'a ve deney numunelerinin işlenmesinde yardımlarından dolayı Kaynak mühendisi Alpaslan Parlak'a teşekkür edilir.

5. Kaynaklar

- Ade, F., 1991. Ballistic qualification of armour steel weldments. *Welding Journal*, **70**, 53–54.
- Alkemade, S.J., 1996. The weld cracking susceptibility of high hardness armour steel, *Defense Science and Technology Organization*, Australia, 1–17.
- Balakrishnan, M., Balasubramanian, V., Madhusudhan Reddy, G. and Sivakumar, K., 2011. Effect of buttering and hard facing on ballistic performance of shielded metal arc welded armour steel joints. *Materials & Design*, **32**, 469–479.
- Barényi, I., Lipták, P., H. and Vojtovič, S., 2014. Effect of over Tempering at UHSLA Steel ARMOX 500. *Advanced Materials Research*, **875-877**, 1324-1328. <http://www.ssab.com> (11.12.2018)
- Ilangoan, M., Rajendra Boopathy, S. and Balasubramanian, V., 2015. Effect of tool pin profile on microstructure and tensile properties of friction stir welded dissimilar AA 6061–AA 5086 aluminium alloy joints. *Defence Technology*, **11**, 174-184.
- Jena, P.K., Siva Kumar, K., Rama Krishna, V., Singh, A.K. and Balakrishna Bhat, T., 2008. Studies on the role of microstructure on performance of a high strength armour steel. *Eng Fail Anal*, **15**, 1088–1096.
- Kara, S. ve Korkut, M.H., 2012. Zırhlı muharebe araçlarında kullanılan zırh plakalarında kaynak sonrası ısıtma işleminin birleşim mukavemetine etkisinin araştırılması. *Savunma Bilimleri Dergisi, The Journal of Defense Sciences* **11**, 159-171.

- Madhusudhan, Reddy, G. and Mohandas, T., 1996. Ballistic performance of high-strength low-alloy steel weldments. *J. Mater Process Technol.*, **57**, 23–30.
- Magudeeswaran, G., Balasubramanian, V. and Madhusudhan Reddy, G., 2008. Hydrogen induced cold cracking studies on armour grade high strength, quenched and tempered steel weldments. *Int J Hydrogen Energy*, **33**, 1897–1908.
- Magudeeswaran, G., Balasubramanian, V. and Madhusudhan Reddy, G., 2014. Effect of welding processes and consumables on fatigue crack growth behaviour of armour grade quenched and tempered steel joints. *Defence Technology*, **10**, 47–59.
- Sabari, S.S., Malarvizhi, S., Balasubramanian, V., and Madhusudhan Reddy, G., 2016. Experimental and numerical investigation on under-water friction stir welding of armour grade AA2519-T87 aluminum alloy, *Defence Technology*, **12**, 324-333.
- Sireesha M., Albert, S.K., Shankar, V. and Sunderesan, S., 2000. A comparative evaluation of welding consumables for dissimilar welds between 316LN austenitic stainless and Alloy800, *J. Nucl.Mater.* **279**, 65-76.
- Sosyal, T., Kou, S., Tat, D. and Pasang, T., 2016. Macroseggregation in dissimilar-metal fusion welding *Acta Materialia*, **110**, 149-160.
- Ünlü, B.S., Yılmaz, S.S., Uzkut, M.Ç. ve Çivi, C., 2012. MIG/MAG kaynağı ile farklı akımlarda birleştirilmiş Fe 37 çeliğinin kaynak bölgesinin mikroyapı ve mekanik özellikleri. *Uluslararası Kaynak Teknolojileri Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 383-391.

Katı ve Biyolojik Atıkların Elektrik Enerji Üretimindeki Yeri

Hasan Erdoğan¹, Ahmet Yönetken¹

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

hasan5219@hotmail.com, yonetken@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:02.09.2018 ; Kabul Tarihi:10.11.2018.

Özet

Son yıllarda ülkemizin nüfusu büyük bir yükseliş göstermiştir. Bu yükselişin peşinden hem barınmada hem de fabrikaların enerji ihtiyaçlarında büyük bir yükseliş görülmüştür. Enerji gereksinimleri çoğunlukla yenilenemez enerji kaynaklarından giderilmekte olan ülkemizde, doğa dostu olmayan ve bizi yabancı ülkelere karşı zorunlu bir hale getiren bu tür kaynakların kullanımını azaltmaya bir nebze destek olabilecek olan sahip olduğumuz yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi gerek ekonomik gerek de doğa sağlığı bakımından çok önemlidir. Çöplerden yani katı atıklardan elde edilen enerji sürdürülebilirlik, ulaşılabilirlik, doğaya zarar veren unsurlara sahip olmayış gibi pek çok avantajı bünyesinde bulunduran doğa dostu yenilenebilir enerji türlerindedir. Çöplerden ve katı atıklardan elde edilen bu enerji, sahip olduğu avantajlar sayesinde ülkemizde sahip olduğu önemi gittikçe arttırmıştır ve bu potansiyelini ise artarak sürdürmektedir

Anahtar kelimeler

Katı Atık; Çöp; Biokütle;
Elektrik Enerjisi

Solid And Biological Wastes Production Of Electricity

Abstract

In recent years, the population of our country has increased significantly. Following this rise, both the shelter and the energy needs of the factories have seen a big rise. In our country where energy requirements are mostly being removed from non-renewable energy sources, to reduce the use of such resources that are not nature-friendly and make us compulsory against foreign countries, the renewable energy resources that we have, which can support a certain degree, are very important in terms of economic and natural health. Energy from solid waste, ie solid wastes, sustainable, reachable, non-existent elements that are harmful to the environment. This energy, obtained from the waste and solid waste, thanks to the advantages that it has, it has increased its importance in our country and this potential continues to increase.

Keywords

Solid Waste; Electrical
Energy; Biomass

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Yakın zamanlarda, nüfus yükselmesi, teknolojiye büyük adımlar ve fabrikalaşma gibi çeşitli unsurlara bağlı olarak hem miktar hem de gerek içerik bakımından kentsel katı atıklar hayatımızın önemli parçası haline gelmiştir. Bu durum önemini, başta gelişmiş ülkelere olmak üzere pek çok açıdan hissettirmektedir. Başta katı atıkların biriktirilmesi, ayıklanması yerel ve ulusal yönetimlerin karşı karşıya kaldığı en mühim çevre problemlerinden biri olarak süregelmiştir. Doğada ve insan sağlığında geri dönüşü olmayan zararlar bırakmasını önlemek

için katı atıkların düzenli bir şekilde geri kazandırılması veya çeşitli yöntemlerle tekrar değerlendirilmesi gerekir. Toplumların enerji gereksinimleri yükseldikçe bu gereksinimler ışığında ortaya kentsel katı atıkların geri değerlendirilmesiyle elektrik enerjisine çevrilmesine zemin oluşmuştur.

Tüketime yön veren esas etmenler yükselen gelirler, küresel ekonomi, teknolojik yenilikler, evlerin daha minimalist bir yapıya bürünmesi ve yaş ortalaması yükselen bir toplum bulunmaktadır.

Bununla birlikte, yükselen ürün sayıları ve servisleri, bahsi geçen ilerletilmiş üretim teknolojileri ve basamaklarıyla üretilen verim kazançları için çoğunlukla bir dengeleyici unsura karşılık gelmektedir. Bu unsurlar ise çevresel baskılarda gittikçe bir artışa sebep olmaktadır. Konaklama, yeme, içme ve aktivite artışları ile karbondioksit emisyon değerleri, ozon tabakasını gittikçe sindiren ve asitliğini yükselten unsurlarla beraber kaynakların tüketimi bakımından da varoluşumuz boyunca doğada çok derin etkiler bırakmaktadır. Varabileceğimiz sonuç şudur ki dünyaya gelen her bir insan tüm bu temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına çok büyük miktarlarda atık üretmektedir.

Pek çok ulusal ve bölgesel yönetim üretilen bu atıkların imhası için ekonomik yöntemler bulmaya çalışmaktadır. Bu sayede tüm bu atıkların yeniden değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Dünyadaki tüm çöplerin yapısı neredeyse birbirinin aynısıdır. Ama çöplerin meydana gelişi, yoğunluğu, kimyasal yapısı, gelişmişlik seviyesi, bölgedeki coğrafi unsurlar, iklim unsurlarına ve sosyolojik unsurlara bağlı olarak bölgeden bölgeye içerik değiştirmektedir(Rao, 1992; Sufian, ve diğ. 2006)

2. Kentsel Atıklar

Günümüzde düşük performanslı yakıt tiplerinden biriside çöplerdir. Esasında kentsel atıklar paket ambalajları, çeşitli organik maddeler, ahşap ürünleri, kıyafetler, plastik poşetler, kâğıtlar, kimyasal bileşenler içeren bataryalar vb. Pek çok maddenin bir araya gelmesinden meydana gelmiş olabilir. Çöplerin bazıları ise hiç yakma işlemine tabi tutulmadan cam plastik ve kâğıt olmak üzere ayrılarak doğrudan geri dönüşüm sürecine katılımı sağlanır. Arica bu çöplerden bazıları içlerinde belli bir oranda zararsız olan kentsel dönüşüm atıkları da ihtiva etmektedir(Gary R., 1974). Bununla beraber çöpler çeşitli sınıflandırma basamaklarında tabi tutulabilir. Çöplerin yarısından fazlasının kaynağı ise konutsaldır. Bölgelerin gelişmişlik seviyelerine göre bu seviyeler değişim göstermektedir(Igoni ve d. 2007)

Tablo 1: Çöplerin Gruplandırılması(Gary R, 1974)

| Kaynaklar | Örnekler |
|--|--|
| Konutsal (Tek veya çoklu ailelerin atıkları) | Gazeteler, Giyim, Tek Kullanımlık Eşyalar, Ambalajlar, Pet şişe ve tenekeler |
| Ticari (Toptan ve perakende işyerleri, ofisler) | Mukavva kutular, ahşap malzemeleri, ofis kâğıtları, tek kullanımlık malzemeler |
| Kurumsal (Okullar, Hastaneler, Cezaevleri) | Kafeteryalar ve Dinlenme yeri atıkları, sınıf atıkları, tıbbi atıklar |
| Endüstriyel (Ambalajlama, İdari İşler) | Mukavvalar, plastik filmler, yemek atıkları, ahşap paletler |

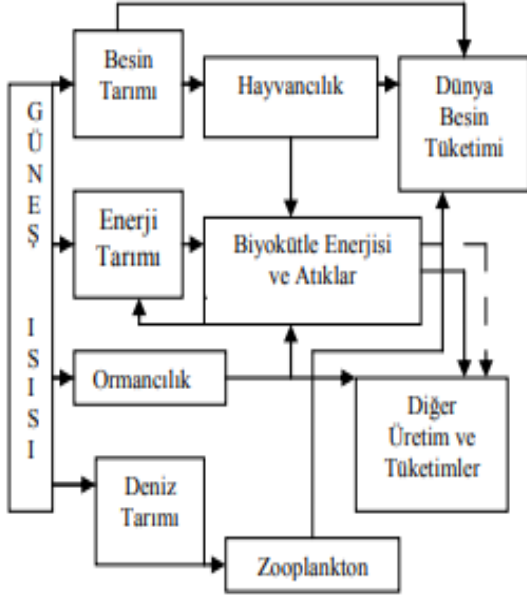
Çöplerin değerlendirilmesi için düzenli depolama, yakma, geri dönüşüm uygulanması gibi çeşitli yöntemler vardır. Geri dönüşüm aşaması bu işlemlerin ilk uygulanan basamağıdır. Arda kalan dönüştürülemeyen malzemelere ise yakarak enerji kazanım yöntemi veya düzenli depolama yöntemi sonucu ortaya çıkan depo gaz sonucu ile enerji kazanım yöntemleri uygulanır. Tüm bu yöntemlerin uygulanmasından arda kalan ısı enerjisi ise çeşitli sosyal ve toplumsal tesislerin ısıtılmasında değerlendirilir. Yakma işlemine başlamadan kâğıt, plastik ve cam gibi ürünlerin geri dönüşümü tamamlandıktan sonra yakma işleminden arda kalan cüruf içerisindeki metaller ise yeniden geri dönüşüme tabi tutulur (Gary C. Ve Diğ 2010).

3.Biokütle

Biokütle, fotosentez yapan canlıların fotosentez sonucu ürettiği enerjiyi yapısında kimyasal enerji olarak depo etmesi sonucu oluşan biyolojik bir pakettir. Biokütle ile enerji üretim yönteminde kullanılan biyolojik kaynak ise gübre veya bitkisel kompaslar olarak karşımıza çıkar. Ölçüsü ise belli bir bölgedeki yaş ve kuru maddenin birbirine oranına karşılık gelmektedir[6]. Bitkiler fotosentez sonucu ürettikleri enerjiyi yapılarında selüloz depo ederler ve daha sonra tıpkı insan bedenindeki gibi ihtiyaç duyulan formlara dönüştürebilen bu enerji gücünü güneş ışığından almaktadır.

Fotosentez olayı sonucu depo edilen oksijen bu yöntemle üretilen enerjinin temelini oluşturmaktadır ve güneş enerjisinin yol aldığı adresler Şekil1'de gösterilmiştir. Biokütle ile enerji üretiminde esas olan oksijenli solunum yapan bakterilerin bu paket içerisindeki besinleri

sindirmesi sonucu oluşan metan gibi yanıcı gazlara dayanmaktadır. Bu gazlar yakılarak veya çeşitli motorlara verilerek elde edilen hareket enerjisi üzerinden elektrik enerjisi kazanımına imkan verir.



Güneş Enerjisi Akış Diyagramı (Akgül M., 2001)

Organik içerik bakımından zengin olan çöplerin bakteriyel operasyonlarla işlenmesi, çevre kirliliğinin önüne geçmesiyle beraber yenilenebilir enerji kazanımına imkan vermesi yönünden oldukça çok değerlidir. Bu enerji kaynağı gelişmekte olan ülkelerin yatırım yaptığı başlıca kaynaklar arasında kendisine yer bulmaktadır.

Dünyada yaklaşık yüzde onluk dilime denk gelen bu kaynak yerini az önce bahsettiğimiz gelişmekte olan ülkelerde ise il yüzde ellilik dilimde kendine yer buluyor (Int Kay 1). Bu enerji kaynağının da yine diğer kaynaklar gibi pek çok olumlu ve olumsuz yanları bulunmaktadır. Bunlardan önemli olanlara Tablo2'de yer verilmiştir.

Tablo2. Biyokütle Enerjisinin Olumlu ve Olumsuz Yanları (Akgül M., 2001)

| OLUMLU YÖNLERİ | OLUMSUZ YÖNLERİ |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">•Hemen her yerde yetiştirilebilmesi,•Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi,•Her ölçekte enerji verimi için uygun olması,•Düşük ışık şiddetlerinin yeterli olması,•Depolanabilir olması,•5-35 °C arasında sıcaklık gerektirmesi,•Sosyo-ekonomik gelişmelerde önemli olması,•Çevre kirliliği oluşturmaması,•Asit yağmurlarına yol açmaması. | <ul style="list-style-type: none">•Düşük çevrim verimine sahip olması•Tarım alanları için rekabet oluşturmaması•Su içeriğinin fazla olması. |

3. Bulgular

Bu çalışmada yaptığımız incelemeler sonucu katı atık enerji dönüşüm tesisleriyle ilgili yapısal özelliklerini kapsamadan genel özellikleri hakkında çeşitli bilgiler sunulmuştur. Üzerinde ilk belirtilen kısım olan çöplerin yani kentsel katı atıkların nasıl değerlendirildiği hususu büyük bir önem arz etmektedir.

Çünkü tüketen toplumların göz ardı edilemeyecek çıktısı olan ve aynı zamanda göz ardı edilemeyecek boyutlarda olan bu çıktı yaşantımızın büyük bir parçası haline gelmiştir.

Tüketen toplumların ürünü olan bu çöpler geri dönüşüm, yakma ve düzenli depolama teknolojisi başlıkları adı altında incelenmiştir.

Bizim için esas olan son iki işleme gerek kalmadan çöplerin mümkün olabildiğince geri dönüşüme kazandırılabilmesini sağlamaktır. Ülkemiz de bu adımın geliştirilmesine ise en başından yani hane içerisinde çöplerin ayrıştırılması kültürünün kazandırılması ile başlanabilir. Ülkemiz ekonomisine çok büyük değer kazandıracak bu kültür, sonraki değerlendirme basamaklarında değerli kısımlarında yok olmasının da önüne geçecektir.

Aynı zamanda yakma basamağından da arda kalan cüruf içerisinde belirli bir oranda metaller bulunmaktadır. Bu metaller eritilerek yeniden kazanılır.

Düzenli depolama teknolojisinde ise atıkların bir havuzda depolanması ve içerisinde gerçekleşen tepkimelerin sonucunda oluşan gazların yakılması sonucu bir enerji elde edilir. Bu gazlar yine benzer şekilde ya buhar türbinlerinin çalıştırılması veya gaz motorlarının çalıştırılması için kullanılır.

Genellikle bu yöntemlerde soru işaretlerine sebebiyet veren nokta gazların oluşturduğu zararlı emisyonlar olmaktadır. Bu noktada ise devreye filtreleme sistemleri girmektedir. Filtre sistemleri o kadar verimli çalışmaktadır ki doğaya zarar verebilecek emisyonlardan söz etmek neredeyse mümkün değildir.

Bu çalışmamızda incelediğimiz bir diğer başlık ise biokütledir. Biokütle enerjisinin temelini oluşturan karışım ise bitkisel ve hayvansal atıklardan oluşmaktadır. Bahsi geçen bu karışım düzenli depolama teknolojisinde olduğu gibi bir havuzda depolanır.

Depolanan bu karışım havuz içerisinde bakteriyel tepkimeler sonucu metan vb. yanıcı gazlar üretir. Üretilen gazlar ise depo gazını oluşturur. Depo gazı ise benzer şekilde ya buhar türbinleri üzerinden veya gazla çalışan motorlar üzerinden hareket enerjisine ve ardından elektrik enerjisine çevrilir.

Tüm bu sistemlerin avantajlı ortak bir noktası ise doğanın korunması dışında sistemin çıktısı olan atık ısının ortam ısıtmasına imkan sağlamasıdır.

5. Kaynaklar

Rao CS. "Environmental pollution control engineering"
New Delhi, Hindistan: Wiley; 1992. P.396-414

Sufian M.A., Bala B.K., "Modelling of electrical energy recovery from urban solid waste system: The case of Dhaka City" Bangladeş, *Renewable Energy* 31 (2006), **1573-1580**

Gary R., Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste Management Programs. *Second Report to Congress: Resource Recovery and Source Reduction (SW-122)*. 1974

Igoni A.H., Ayotamuno M.J., Ogaji S.O.T., Probert S.D., "Municipal Solid Waste in Port-Harcourt, Nigeria" *Applied Energy* 84 (2007) **664- 670**

Gary C. Young, "Municipal Solid Waste to Energy Conversion Processes" *ABD, Wiley*; 2010. P.**135-154**

Yorgun, S., Şensöz, S., Şölenner, M., 1998. Biyokütle Enerjisi Potansiyeli ve Değerlendirme Çalışmaları. *Uzman Enerji*. Sayı: 8. s.**44-48**.

Akgül, M., Güler, C. ve Çetin, N.S., 2001. Enerji kaynağı olarak Lignoselülozik Maddelerden Yararlanma. *IV Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildiriler Kitabı*.sa :**571-580**. İzmir.

İnternet kaynakları

1. <http://www.kimyamuhendisi.com> (10.07.2018)

Effect of Change in Mechanical Properties on Machinability 30MnVS5 Steel Cooled in Sand and Air After Hot Forging

Barış Özlü¹, Halil Demir², Mustafa Türkmen³, Süleyman Gündüz⁴

¹ Department of Mechanical and Metal Technology, Vocational School of Technical Sciences, Aksaray University, 68100, Aksaray, Turkey.

^{2,4} Department of Manufacturing Engineering, Faculty of Technology, Karabük University, 78050, Karabük, Turkey.

³ Department of Metallurgy, Vocational School of Hereke, Kocaeli University, 41800, Kocaeli, Turkey.

e-posta: mustafa.turkmen@kocaeli.edu.tr

Geliş Tarihi:03.09.2018; Kabul Tarihi:10.12.2018

Abstract

In this study, the effect of the microstructure, hardness, and cutting parameters on cutting force and surface roughness in 30MnVS5 steel cooled in different media (sand and air) after hot forging, was examined. For this purpose, steel samples were subjected to a controlled closed die forging followed by cooling in air and sand mediums. The turning tests were carried using coated carbide cutting tool at four different feed rates of 0,04, 0,08, 0,12 and 0,16 mm/rev, at a constant cutting speed of 180 m/min and at a constant depth of cut of 0,6 mm. The Optical microscope images of samples were examined out and their hardness values was evaluated. In the experimental study, the microstructure, the hardness and feed rates of the samples cooled in different environments was seen had a significant effect on the surface roughness and cutting forces.

Keywords

Hot Forging;
Microalloyed Steel;
Machinability

Sıcak Dövme Sonrası Kumda ve Havada Soğutulan 30MnVS5 Çeliğinin Mekanik Özelliklerdeki Değişimin İşlenebilirlik Üzerine Etkisi

Özet

Bu çalışmada, sıcak dövme işleminden sonra farklı ortamlarda soğutulmuş (kum ve hava) 30MnVS5 çeliğinde mikroyapı, sertlik ve kesme parametrelerinin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi incelenmiştir. Tornalama deneyleri, kaplamalı karbür kesici takım kullanılarak dört farklı ilerleme miktarında 0.04, 0.08, 0.12 ve 0.16 mm/dev, sabit kesme hızında 180 m/dak ve sabit kesme derinliğinde 0,6 mm gerçekleştirildi. Numunelerin optik mikroskop görüntüleri incelenmiş ve sertlik değerleri değerlendirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada farklı ortamlarda soğutulmuş numunelerin mikroyapısı, sertlik ve ilerleme miktarlarının, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler

Sıcak Dövme;
Mikroalaşımli Çelik;
İşlenebilirlik

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Introduction

Today, with the developing technology, steels have a widespread usage area. In this respect, in the improvement of microstructure and mechanical properties, heat treatment applied to steel is gaining importance increasingly important (Uzkut and Özdemir 2001). Microalloyed steels are widely

used in machinery manufacturing industry. In particular, 38MnVS6 steel is preferred in the automotive industry in high-strength structural elements. Parts made of microalloyed steels is used in the automotive industry in crankshaft, piston, connection rod and steering parts (Das and Chattopadhyay 2009).

Microalloyed steels is a group of materials with superior properties such as high strength, high toughness, low ductile-to-brittle transition temperature (Lawrow 2000). The studies on microalloyed steels were conducted especially between 1970 and 1980. Great improvements have been achieved in the mechanical properties of these steels with the addition of strong carbides and nitride forming elements such as Ti, Al, Nb and V. In this process, called microalloying, the total of alloying elements does not exceed 2% in general. Usually, this value is between 0.1 and 0.2% except for manganese. The advantages of these steels are that they have low alloys, have better machinability, are faster to produce, energy efficient and lighter in weight (Bai, Al. 1998 and Li, al. 2001)

In this study, microstructure and mechanical properties were investigated in 30MnVS6 steels after hot forging at appropriate austenization temperature followed by cooling in different mediums. In addition, it is aimed to investigate the effects of the change in microstructure and hardness depending on the cooling speed on the surface roughness and cutting forces in the samples treated with cemented carbide cutting tool.

2. Materyal ve Metot

In the experimental studies, microalloyed 30MnVS5 steel, were used. The chemical compositions of 30MnVS5 steel is given in Table 1.

Table 1. Chemical compositions of Microalloyed Steel.

| Materials (microalloyed Steel) | C | Si | Mn | P | S | V |
|--------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 30MnVS5 | 0,30 | 0,50 | 1,46 | 0,010 | 0,032 | 0,087 |

Before hot forging, samples are supplied with a diameter of 33 mm and a length of 240 mm. Samples other than the as-received sample were heated to 1200 °C of the induction heating system. After annealing, the samples were subjected to the hot forging process with the 1600 tons eccentric press. The temperature values after forging were measured by using infrared laser thermometer. As a result of after hot forging, the diameters of the

samples were reduced from 33 mm to 25 mm and the final temperature was measured as 1150±20 °C. After forging, the samples were cooled in the sand and air in a controlled manner. The surfaces of the samples were ground and the oxides and decarburization zones formed after the heat treatment were removed. The samples were grinded sandpaper until removing all roughness on the surfaces. These surfaces were then polished with diamond pastes. Finally, all prepared samples were etched in 3% Nital solution to examine the microstructure under an optical microscope.

The microhardness measurements of the as-received samples and the samples cooled in different mediums after hot forging were made with the Buehler Micromet 5103 brand Hardness Tester. Micro hardness measurements were carried out by applying HV1 (1000 gr.) load. The microhardness values were determined by taking the average of 10 hardness measurements from each sample. Microstructure analysis were performed using a Nikon ECLIPSE L150 optical microscope with X50-X1000 magnification capacity. Grain sizes, percentage of ferrite and pearlite phases of steel specimens were measured at appropriate magnification using a Clemex Vision Lite brand microstructure analysis system.

The turning experiments were carried out by using a coated carbide cutting tool in dry processing conditions. Turning experiments were made on a Johnford TC35 CNC turning center at constant a cutting speed (Vc) of and constant depths of cut (ap) by using four different feed rate (fn). Table 2 given the process parameters for the turning tests.

Table 2. The machining parameters for the turning tests of 30MnVS5 microalloyed steel samples in cylindrical form

| Experiment No. | Materials | Cutting Speed mm/min | Feed Rate mm/rev | Depth of Cut mm |
|----------------|-----------|----------------------|------------------|-----------------|
| 1 | 30MnVS5 | 180 | 0.04 | 0.6 |
| 2 | | | 0.08 | |
| 3 | | | 0.12 | |
| 4 | | | 0.16 | |

The turning tests were made using a coated carbide cutting tool, produced by Kennametal firm with the geometry of WNGA 080404T01020. The

cutting tool is coated with Al₂O₃/TiCN-TiN by PVD method. The turning tests were made with a diameter of 25 mm and a length of 30 mm. *fc* measurements were made out by using a Kistler 9257A dynamometer. Mitutoyo Surftest 211 was used to measure surface roughness (*Ra*) values. The measurements were done at three points by rotating the samples by 120 degrees.

3. Experimental Results and Discussions

3.1. Microstructure and hardness

The optical microscope image of the as-received is given in Figure 1. As can be seen in Figure 1, the as-received microstructure of 30MnVS5 steels consisted of the ferrite and pearlite phases.

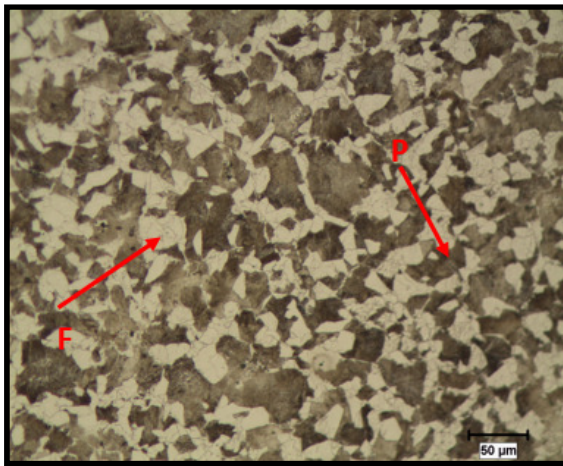


Figure 1. Microstructure of As-received steel (F: Ferrite, P: Pearlite).

Figure 2 shows the optical microstructure image obtained from steel samples cooled in sand and air after hot forging. As shown in Figure 2 that steel samples cooled in sand or air after hot forging showed ferrite and pearlite structures with different grain sizes (Fig. 2.a, b). The average mean linear intercept grain sizes, ferrite % and pearlite % calculated with the help of microstructure images are given in Table 3.

Since the rate of cooling in air is faster than the rate of cooling in sand, microstructures of air-cooled samples occurred of thinner ferrite and pearlite structures compared to the sand-cooled samples (Table 3). Recrystallization and even grain growth may occur before the austenite-ferrite transformation at low cooling rates such as the one in sand cooling (Jahazi and Eghbali 2001). Therefore, it was observed that pre-eutectoid ferrite had a network distribution on the grain boundaries and that the 30MnVS5 samples showed coarse grains when they were cooled in sand after closed die forging since the sand cooling rate was slower than the air cooling rate. These results are consistent with the results obtained by (Kaynar al. 2013).

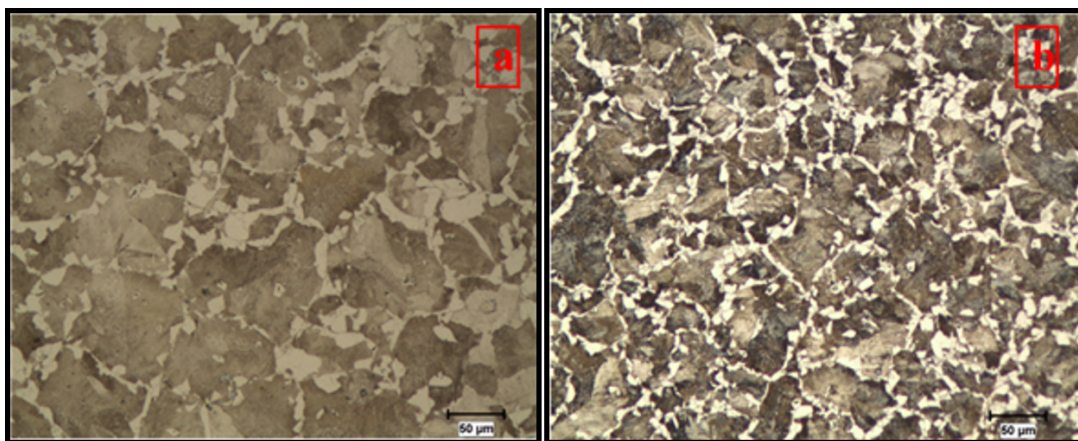


Figure 2. Microstructures of 30MnVS5 steel cooled in different mediums; (a) sand and (b) air.

Table 3. The results of the ferrite %, pearlite % and grain size of the as-received, sand cooled and air cooled 30MnVS5 steel samples.

| Sample | Ferrite (%) | Pearlite (%) | Ferrite Grain Size (μm) | Pearlite Grain Size (μm) |
|-------------|-------------|--------------|-------------------------|--------------------------|
| As-received | 38 | 62 | 11 | 20 |
| Sand | 25 | 75 | 9 | 30 |

| | | | | |
|-----|----|----|---|----|
| Air | 23 | 77 | 4 | 16 |
|-----|----|----|---|----|

The hardness results of the samples cooled in the sand and air after the hot forging with the as-received are given in Fig. 3. As can be seen that the samples cooled in air found to have higher hardness values than those cooled in sand. The cause for this is the change that takes place in the microstructure images due to the different cooling rate (Demir, al. 2011 and Gündüz, al. 2006). For example, air cooled samples showed smaller ferrite and pearlite grain size and slightly higher percentage pearlite which increase the strength of the air cooled samples.

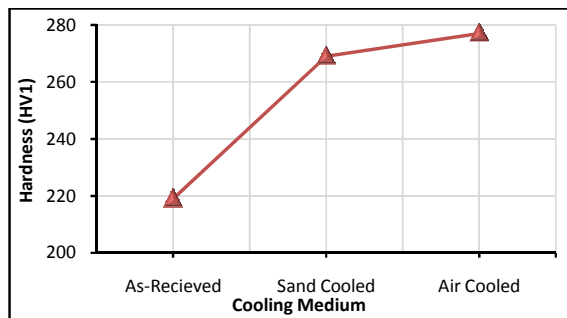


Figure 3. Hardness test results of samples (HV1)

3.1. Cutting forces

Turning tests were made on 30MnVS5 microalloyed samples with different microstructure and hardness values which were obtained samples cooled in different environments after hot forging. Three components of the forces on the tool were measured in the turning tests. The effect of the primary cutting force (F_c) component on power consumption in machining operations is much higher than the feed force (F_f) and radial force (F_r). Therefore, the primary cutting force (F_c) was evaluated in this study. The F_c relationship depending on the f_n and cooling environment is shown in Fig. 4.

The effects of the mechanical properties and f_n on F_c are seen in Fig. 4. F_c were measured for four different f_n (0.04, 0.08, 0.12 and 0.16 mm/rev). The F_c was measured as 129.6 N for as-received samples at 0.04 mm/rev f_n . For as-received samples, as the feed rate increased up to 0.16 mm/rev, the F_c values increased at the rates of 111.7%. As can be seen from Fig. 4, sand and air

cooled samples after hot forging showed higher F_c than the as-received samples. For example, F_c increased by 4.7% for sand cooled samples, 10% for air cooled samples compared with the respectively to those in the as-received samples. These can be explained by the increase in hardness of the sand and air cooled samples after hot forging. For sand and air cooled samples, as the f_n increased up to 0.8 mm/rev, the F_c values increased at the rates of 49.9% in average. After this point, increasing the feed rate to 0.12 mm/rev for sand and air cooled samples decreased respectively F_c 3% and 10%.

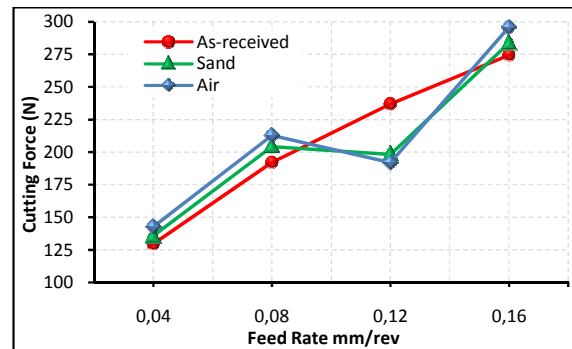


Figure 4. The change in the F_c of 30MnVS5 steel depending on the f_n with the coated carbide tool.

The increase in the hardness of the hot forging applied samples also increases the resistance of the samples against cutting. In the case of 0.12 mm / rev in f_n in sand and air cooled samples, F_c have been reduced due to cutting tool wear. For sand and air cooled samples is increased f_n 0.16mm/rev. The F_c for the cutting tool which has lost its cutting feature has increased again. In the literature, many studies have shown that F_c values increase with the increase in the f_n (Yeyen, al. 2009 and Kumar, al. 2008)

3.2. Surface roughness

The effects of the mechanical properties and f_n on the R_a of the turning samples are seen in Fig. 5. Three measurements were made on sample and the arithmetic mean of these was accepted as R_a values. As shown in Fig. 5, the R_a was influenced by a significant amount of the f_n . At 0.04 mm/rev f_n , R_a values was measured as 1.26 μm , 0.97 μm and 0.87 μm for as-received, sand and air samples. R_a values of as-received, sand and air samples were

found to be about 41–45% lower at 0.08 mm/rev fn compared to those in the samples tested at 0.04 mm/rev fn. Ra values of as-received, sand and air samples was decreased to be about 41–45% lower at 0.08 mm/rev fn compared to those in the samples tested at 0.04 mm/rev fn. At 0.08 mm/rev fn, the lowest Ra values was measured as 0.69 μm , 0.57 μm and 0.48 μm for as-received, sand and air samples. After this point, maximum Ra values were reached for all three samples with 0.16 mm / rev fn. In the literature, it is determination that there is an increasing relationship between the fn and Ra value. Depending on the increase in the fn, the increase in Ra values is an expected situation. Reducing the fn progress to improve Ra values is indicated (Lalwani, al. 2008 and Sandvik Coromant, 1994).

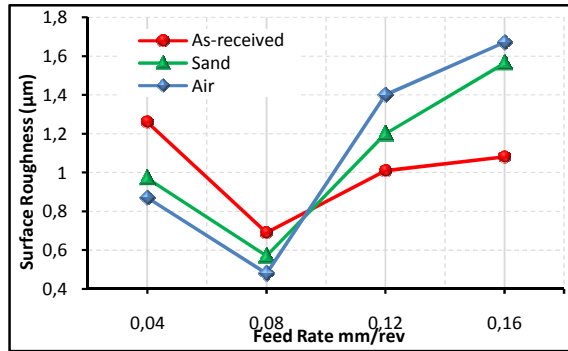


Figure 5. The change in the surface roughness of 30MnVS5 steel depending on the feed rate with the coated carbide tool.

4. Conclusions

This study investigated the microstructure and hardness values of 30MnVS5 steel quenched in sand and air after hot forging and turning tests were carried out using coated carbide cutting tool. The results of the experimental study are presented below.

- ✓ Air cooled samples were found to be consisted of thinner ferrite and pearlite phases compared to that of samples cooled in sand. This is because of air cooling which is faster than sand cooling.
- ✓ The hardness values of sand cooled samples with ferritic and perlitic structure were lower than those of samples cooled in air due to slow cooling after hot forging.

- ✓ The lowest cutting force of 0.04 mm / rev feed rate was measured at 129.6 N in the as-received. The highest cutting force of 0.04 feed rate was 142,67 N measured in the air cooled sample after hot forging.
- ✓ For all three samples, the maximum cutting force was measured at highest feed rate of 0.16 mm / rev.

5. References

- Uzkut, M., Özdemir, İ., 2001. Farklı çeliklere uygulanan değişen ısıtma hızlarının mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3 (3), 65-73.
- Das, D., Chattopadhyay, P.P., 2009. Influence of martensite morphology on the work hardening behaviour of high strength ferrite-martensite dual phase steel. *Journal of Materials Science*, 44, 2957-2965.
- Lawrow, P., 2000. Welding considerations with high-strength steel. *Modern steel constructions*, August, USA.
- Bai, D.O., Yue, S., Maccagno, T.M., Jonas, J.J., 1998. Effect of deformation and cooling rate on the microstructures of low carbon NB-B steels. *ISIJ International*, 38, 371-379.
- Li, Y., Crowther, D.N., Green, M.J.W., Mitchell, P.S., Baker, T., 2001. The effect of vanadium and niobium on the properties and microstructure of the intercritically reheated coarse grained heat affected zone in low carbon microalloyed steel. *ISIJ International*, 41, 46-55.
- Jahazi, M., Eghbali, B., 2001. The influence of hot forging conditions on the microstructure and mechanical properties of two microalloyed steel. *J. Mater. Process. Tech.*, 113, 594-598.
- Kaynar, A., Gündüz, S., Türkmen, M., 2013. Investigation on the behaviour of medium carbon and vanadium microalloyed steels by hot forging test. *Materials and Design*, 51, 819-825.

- Demir, H., Çiftçi, İ., Türkmen, M., Gündüz, S., 2011. The Influence of Heat Treatment and Hardness on the Machinability of Alloyed and Non-Alloyed Medium Carbon Steels. *In IATS'II, 6th international advanced Technologies Symposium*, 94-97.
- Gündüz, S., Çapar, A., 2006. Influence of forging and cooling rate on microstructure and properties of medium carbon microalloy forging steel. *Journal of Mat. Sci. Letters*, 41, 561-564.
- Yeyen, H.E., Korkut, İ., Turgut, Y., Çiftçi, İ., 2009. AISI 303 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri.5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük.
- Kumar, K.V., Choudhury, S.K., 2008. Investigation of tool wear and cutting force in cryogenic machining using design of experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 203, 95-101.
- Lalwani, D.I., Mehta, N.K., Jain, P.K., 2008. Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 206 (1-3), 167-179.
- Sandvik Coromant, 1994. Modern metal cutting—A practical handbook. English Edition. *Sandvik Coromant*, Sweden, I-III.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK
TEKNOLOJİLERİ ve UYGULAMALI
BİLİMLER DERGİSİ**

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Ahmet Necdet Sezer Kampüsü
Teknoloji Fakültesi
AFYONKARAHİSAR
Tel: +90 272 228 14 46
Belgegeçer: +90 272 228 14 49
E-posta: ijetas@aku.edu.tr

www.ijetas.aku.edu.tr