T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON TESİSİNDE EKSTRÜZYON PROSESİNİN EKSERJİ ANALİZİ

Tezi Hazırlayan
Furkan DURAK

Tezi Yöneten
Doç. Dr. Nafiz KAHRAMAN
Doç. Dr. Adnan MİDİLLİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2009
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON TESİSİNDE EKSTRÜZYON PROSESİNİN EKSERJİ ANALİZİ

Tezi Hazırlayan
Furkan DURAK

Tezi Yöneten
Doç. Dr. Nafiz KAHRAMAN
Doç. Dr. Adnan MİDİLLİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2009
KAYSERİ

Doç. Dr. Nafiz KAHRAMAN ve Doç. Dr. Adnan MÎDTLLÎ danışmanlığında **Furkan DURAK** tarafından hazırlanan **"Bir Alüminyum Ekstrüzyon Tesisinde Ekstrüzyon Prosesisinin Ekserji Analizi"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilİm Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

28.08.2009

JÜRİ:

Başkan : Prof. Dr. Mustafa İLBAŞ

Üye : Doç. Dr. Nafiz KAHRAMAN

Üye : Doç. Dr. Orhan AKANSU

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 02/09/2009 tarih ve 2009/31-05 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

08 /09/ 2009

Prof. Dr. Nusrct AYYILDIZ
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

"Bir Alüminyum Ekstrüzyon Tesisinde Ekstrüzyon Prosesisinin Ekserji Analizi" konulu tez çalısmasının seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçlarının değerlendirilmesinde maddi ve manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Doç. Dr. Nafiz KAHRAMAN'a tesekkür ederim. Tez çalışması süresince kişisel özverisini şahsımdan esirgemeyen ve bu tezin sonuçlanmasında büyük katkı sağlayan Niğde Üniversitesi öğretim üyesi ikinci danışman hocam sayın Doç. Dr. Adnan MİDİLLİ beyefendiye özel teşekkürlerimi iletiyorum.

Ayrıca, iki yıl çalışmış olduğum Formal Alüminyum A.Ş. bünyesinde mühendislik kabiliyetimi artırmama vesile olan tüm iş arkadaşlarıma ve özellikle A. Turan ÖZKASAP'a ve İbrahim EZİNÇ'e şükranlarımı sunarım.

Tez çalışması süresince yanımda olan ve destek ve ilgilerini benden esirgemeyen sevgili anneme, babama, kardeşlerime ve nişanlıma bu tez çalışmasını ithaf ediyorum.

Ayrıca, bu çalışmaya katkısı bulunan tüm Erciyes Üniversitesi akademik kadrosuna teşekkürlerimi sunuyorum.

BİR ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON TESİSİNDE EKSTRÜZYON PROSESİNİN EKSERJİ ANALİZİ

Furkan DURAK
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2009
Tez Danışmanları : Doç. Dr. Nafiz KAHRAMAN
Doç. Dr. Adnan MİDİLLİ

ÖZET

İmalat sektörünün ayakta kalabilmesi ve imalat sektörünün gereksinimi olan enerjinin maksimum verimle kullanılması, dünya ülkelerinin refahı ve küresel ısınma probleminin önüne geçilebilmesi için çok önemlidir. Söz konusu alanda alüminyum ekstrüzyon sektörü de imalat sektöründe büyük bir yer tutmaktadır. Bu durumda, alüminyum ekstrüzyon prosesinde verimin ve ekserji kayıplarının minimuma indirilmesi sektörel bazda çok önemli bir konudur.

Bu tez çalışmasında, bir alüminyum ekstrüzyon tesisinde alüminyum ekstrüzyon prosesini oluşturan temel aşamalar biyet ısıtma fırını, kovan ve kalıp grubu kontrol hacimleri olarak kabul edilip her kontrol hacmi için ayrı ayrı ekserji analizleri yapıldı. Daha sonra, her kontrol hacmi için ekserji kayıpları çözümlenerek ekserji verimi değerleri tespit edildi. Alüminyum giriş ve çıkış sıcaklıkları, doğalgaz ve alüminyum kütlesel debileri, baca gazı debisi ve sıcaklığı, kontrol hacimlerinin yalıtım koşulları gibi parametrelerin kontrol hacimlerine ve genel olarak sisteme olan etkileri incelendi.

Son olarak, ekserji geri kazanımı için yapılabilecek uygulamalar ve bu uygulamalar sonucu kontrol hacimlerinin ve sistemin bütününün ekserji veriminde ulaşılabilecek artışlar tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum Ekstrüzyonu, Ekserji, Alüminyum Biyet, Biyet Isıtma Fırını, Ekstrüzyon Pres Kovanı, Ekstrüzyon Kalıp Grubu, Ekserji Verimi, Ekserji Geri Kazanımı

EXERGY ANALYSIS OF EXTRUSION PROCESS IN AN ALUMINUM EXTRUSION PLANT

Furkan Durak
Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
M.Sc. Thesis, August 2009
Thesis Supervisors: Assoc. Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN
Assoc. Prof. Dr. Adnan MİDİLLİ

ABSTRACT

Survival of production industry and maximum beneficial usage of energy in production industry is crucial for development of world countries and to avoid global warming. Aluminum extrusion industry takes an important role in production industry. For that reason, decreasing the amount of output loss and exergy loses in aluminum extrusion is an important issue.

In this thesis study, basic steps of aluminum extrusion process in an aluminum extrusion plant- billet heating furnace, liner and die group- which are regarded as control volumes one by one, are analysed. After, exergy loses in each control volume is calculated and their output values are determined. Then, the effect of the parameters like aluminum billet temperatures in inlet and outlet conditions, natural gas and aluminum billet velocity, isolation conditions of control volumes, on control volumes and general system is investigated.

Finally, the appications for getting losed exergy back and the increases that can be done by this applications on general system and control volumes output are determined.

Keywords: Aluminum Extrusion, Exergy, Aluminum Billet, Billet Heating Furnace, Extrusion Press Liner, Extrusion Die Group, Exergy Output, Exergy Gain

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY i
TEŞEKKÜR ii
ÖZET iii
ABSTRACT iv
ŞEKİLLER LİSTESİ vii
1. BÖLÜM
GİRİŞ VE AMAÇ 1
1.1. Giriş 1
1.2. Amaç 3
2. BÖLÜM
GENEL BİLGİLER 5
2.1. Alüminyum Ekstrüzyonunda Ekserji Analizinin Gerekliliği 5
2.2. Alüminyum Ekstrüzyon Prosesi ve Ekserji Akışı 8
2.3. Literatür Araştırması 9
3. BÖLÜM
MATERYAL VE YÖNTEM 11
3.1. Materyal 11
3.1.1. Biyet Isıtma Fırını Ekserji Akışı 13
3.1.2. Kovan Ekserji Akışı 14
3.1.3. Kalıp Grubu Ekserji Akışı 15
3.2. Yöntem 16
3.2.1. Deneysel Verilerin Toplanması 16
3.2.2. Ekserji Analizi 17
3.2.2.1 Genel Ekserji Denklemi 17
3.2.2.2. Biyet Isıtma Fırını Ekserji Analizi 17
3.2.2.3. Kovan Ekserji Analizi 21
3.2.2.4. Kalıp Grubu Ekserji Akış Şeması ve Ekserji Denklemleri 24

3.3. Atık Baca Gazının Debi, c_p, Ortalama Sıcaklık Hesaplamaları..... 26
3.3.1. Soğuma Sayısının Hesabı..... 28
3.3.2. Atık Gazın Ortalama Sıcaklığının Hesabı..... 28
4. BÖLÜM
BULGULAR..... 30
4.1. Biyet Isıtma Fırını için Bulgular..... 30
4.2. Kovan için Bulgular..... 32
4.3. Kalıp Grubu için Bulgular..... 33
5. BÖLÜM
TARTIŞMA..... 35
5.1. Kontrol Hacimleri ile İlgili Tartışmalar..... 35
5.1.1. Biyet Isıtma Fırını Üzerine Tartışma..... 35
5.1.2. Kovan Üzerine Tartışmalar..... 37
5.1.3. Kalıp Grubu Üzerine Tartışmalar..... 38
5.2. Ekserji Geri Kazanımı..... 38
5.2.1. Kontrol Hacimleri Ekserji Yıkımı ve Verimleri..... 38
5.2.1.1. Ekserjetik Verim..... 38
5.2.1.2. Biyet Isıtma Fırını Ekserji Yıkımı ve Verimi..... 39
5.2.1.3. Kovan Ekserji Yıkımı ve Verimi..... 42
5.2.1.4. Kalıp Grubu Ekserji Yıkımı ve Verimi..... 44
5.2.2. Sistem Faydalı Ürün Ekserji Verimi ve Ekserji Yıkımı..... 47
5.2.3. Ekserji Geri Kazanımları ve Sistem İyileştirmesi..... 49
5.2.3.1. Baca Gazından Ekserji Geri Kazanımı..... 49
5.2.3.1.1. Ekonomizer Sistemi..... 51
5.2.3.2. Kovandan Ekserji Geri Kazanımı..... 52
6. BÖLÜM
SONUÇ..... 55
KAYNAKLAR..... 57
ÖZGEÇMİŞ..... 59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1	Alüminyum Ekstrüzyon Presi Çıkışı.....	7
Şekil 3.1	Alüminyum Ekstrüzyon Presi Girişi- BİF.....	11
Şekil 3.2	Alüminyum Ekstrüzyon Ekserji Akış Şeması.....	12
Şekil 3.3	Biyet Isıtma Fırını Girişi.....	13
Şekil 3.4	Kovan- Kalıp Grubu, BİF Çıkışı.....	14
Şekil 3.5	Kalıp Grubu Çıkışı.....	15
Şekil 3.6	İnfrared Termometre.....	16
Şekil 3.7	Biyet Isıtma Fırını Kontrol Hacmi Diyagramı.....	17
Şekil 3.8	Kovan Kontrol Hacmi Diyagramı.....	21
Şekil 3.9	Kalıp Grubu Kontrol Hacmi Diyagramı.....	24
Şekil 3.10	Atık Gaz Debi Grafiği.....	26
Şekil 3.11	Atık Gaz Baca Kesiti Grafiği.....	27
Şekil 3.12	Atık Gaz Isı Geçirgenlik Katsayısı Grafiği.....	27
Şekil 3.13	Atık Gaz Özgül Isı Katsayıs Grafiği.....	28
Şekil 4.1	Baca Gazı Kimyasal Ekserji Tablosu.....	30
Şekil 4.2	Biyet Isıtma Fırını ve Alüminyum Biyetin Sıcaklıklarının Zamana Göre Değişimi.....	31
Şekil 4.3	Baca Gazı Ekserji Yıkımı ve Alüminyumun Çıkış Koşullarının Zamana Göre Değişimi.....	31
Şekil 4.4	Alü. Çıkış Sıc. ve Kovan Dış Yüzey Sıcaklığının Zam. Göre Değ.....	32
Şekil 4.5	Alüminyum Çıkış Ekserjisinin ve Çevreye Olan Ekserji Yıkımının Sıcaklığa Göre Değişimi.....	32
Şekil 4.6	Alüminyum Çıkış Ekserjisinin, Çevreye Olan Ekserji Yıkımının ve Kovan Yüzey Sıcaklığının Zamana Göre Değişimi.....	33
Şekil 4.7	Alüminyum Çıkış ve Kalıp Grubu Yüzey Sıcaklıklarının Zamana GöreDeğişimi.....	33
Şekil 4.8	Alüminyum Çıkış Ekserjisi ve Çevreye Ekserji Yıkımının Alü. Sıcaklığına Göre Değişimi.....	34

Şekil 4.9	Alüminyum Çıkış Ekserjisinin, Çevreye Olan Ekserji Yıkımının ve Kalıp Yüzey Sıcaklığının Zamana Göre Değ.	34
Şekil 5.1	Biyet Isıtma Fırını Sıcaklığına Göre BİF Ekserji Verimi ve BİF EkserjiYıkımı.....	40
Şekil 5.2	Zamana Göre BİF Faydalı Ürün Eks. Verimi ve BİF Eks. Yıkımı.....	41
Şekil 5.3	Zamana Göre Tersinmezliğe Dayalı Ekserji Verimi ve BİF Ekserji Yıkımı.....	42
Şekil 5.4	Kovan Yüzey Sıc.Göre Kovandan Olan Eks.Yıkımı ve Eks.Verimi.....	43
Şekil 5.5	Zamana Göre Kovandan Olan Ekserji Yıkımı ve Faydalı Ürün Ekserji Verimi.....	44
Şekil 5.6	Kalıp Yüzey Sıcaklığına Göre Kalıptan Olan Ekserji Yıkımı ve Ekserji Verimi.....	44
Şekil 5.7	Zamana Göre Kalıptan Olan Ekserji Yıkımı ve Faydalı Ürün Ekserji Verimi.....	45
Şekil 5.8	Zamana Göre Kalıptan Olan Ekserji Yıkımı ve Ekserji Verimi.....	46
Şekil 5.9	Zamana Göre Sistem Giren Ekserji, Fay. Ü. Ekserjisi ve Ekserji Verimi.....	48
Şekil 5.10	Zamana Göre Kontrol Hacimleri Ekserji Kayıpları ve Sistem Toplam Ekserji Kaybı.....	49
Şekil 5.11	Zamana Göre Değişik Sıcaklık Değerlerinde Baca Gazı Ekserji Geri Kazanımı.....	50
Şekil 5.12	Zamana Göre Değişik Sıcaklık Değerlerinde Sistem Verimindeki Artış.....	51
Şekil 5.13	Endüstriyel Ekonomizer Uygulaması.....	52
Şekil 5.14	Düz Borulu Kanatlı Ekonomizer.....	52
Şekil 5.15	Zamana Göre Kovanda Değişik Sıcaklık Farkı Değerlerinde Kovan Ekserji Geri Kazanımı.....	53
Şekil 5.16	Zamana Göre Kovanda Değişik Sıcaklık Farkı Değerlerinde Sistem Verimi Artışı.....	54

1. BÖLÜM

GİRİŞ VE AMAÇ

1.1. Giriş

Günümüzde teknolojinin gelişimi ve dünya nüfusunun artması sonucu enerji gereksinimi gittikçe büyümektedir. Buna karşılık dünyada kullanılan klasik enerji rezervleri gelecek bir zamanda gereksinimi karşılayamaz ve oldukça pahalı hale gelecektir. Bu nedenle, mevcut enerji kaynaklarını daha verimli kullanmak ve alternatif enerji türlerini geliştirmek mecburiyeti ortaya çıkmaktadır [1] .

Bugün sanayinin ihtiyaç duyduğu enerji üretimi fosil (petrol, kömür ve doğal gaz) ile nükleer yakıtlardan sağlanmaktadır. Fosil yakıtların sebep olduğu lojistik (taşıma ve dağıtım gibi) ve çevre kirliliği (atmosferde artan CO2 dolayısıyla sera etkisi, SO2 ve NOx gazlarının sebep olduğu asit yağmuru vs.) problemleri, bu tip yakıtların kullanımını sınırlayabilirler. Bu yüzden 20. yüzyılın ikinci yarısında alternatif enerji kaynakları araştırılması ve mevcut enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması çalışmaları yoğun bir şekilde artmıştır. Son yıllarda bilim adamları, mühendisler ve araştırmacılar tarafından çevre kirliliği ve özellikle enerji tasarrufu yani mevcut sektörlerdeki kayıp enerjinin tekrar geri kazanımı amacıyla yapılan çalışmalarda bir artış gözlenmiştir [1-2] .

Ülkelerin sürdürülebilir kalkınması için gerekli olan enerji kullanımı küresel ısınma, asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi, iklim değişimi gibi çevre felaketlerine sebep olmaktadır. Ayrıca enerjinin yoğun kullanımı, özellikle başlıca enerji kaynaklarımızdan olan fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olması, tükenme eğilimlerinde olmaları ve bunun sonucu olarak giderek fiyatlarının sürekli artmasından dolayı ekserji terimi ve ekserji analizi insanlık için büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle termodinamik

kanunları önemli bir rol oynamaktadır. Enerji ve ekserji analizi, termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarını birlikte ele alan ve enerjinin maksimum kullanımı veya kullanabilirliğini ifade eden bir analiz şeklidir. Özellikle birinci kanun enerji analizi yapmakta kullanılırken, ikinci kanun tersinirliği ve tersinmezliği belirlediği için ekserji analizini yapmamızı sağlar. Bu konu ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Kanada, Japonya, İtalya, Türkiye, vs. gibi farklı ülkelerde bulunan endüstriyel tesisler için enerji ve ekserji analizi üzerine çalışmalar yapılmakta olup, genel olarak bu çalışmalar tarımsal, ulaşım, endüstriyel, özel ve kullanıma tahsis edilmiş yerleşim merkezlerini kapsamaktadır. Mehmet Şahin ve arkadaşları, 2005 yılında yaptıkları çalışma ile Kayseri şeke fabrikasında yer alan üretim süreçleri ile iligili termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına ilişkin analizler yapmış ve konu ile ilgili iyileştirmeye yönelik tespitlerini fabrika yönetimi ile paylaşmışlardır. Ekserji ve enerji analizi ile ilgili çalışmalar Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için önem arz etmektedir. Çünkü endüstriyel alanlardaki enerjinin kullanımı ve sonucunda ortaya çıkan enerji kaybı, enerji ve ekserji modellemeleri yardımıyla en aza indirilerek ülkenin ekonomi ve çevre kirliliğinin azaltılması yönünde katkıda bulunabileceği tahmin edilmektedir. Genel olarak yapılan bu çalışmalarda; enerjinin korunumu ve ekonomik yapıdan faydalanabilmek amacıyla enerji ve ekserji analizi modellemeleri yapılmıştır. Bu modellemeler aracılığıyla, ülke için genel olarak farklı yöntemlerle elde edilen enerjiden etkili bir şekilde faydalanılabilmesi ve elde edilen bu enerjinin daha verimli kullanılabilmesi amacıyla ekserji analizlerine başvurularak endüstriyel tesislerin enerji verimlilikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bu enerji verimlilik değerlerine bağlı olarak son yıllarda endüstriyel tesislerin üretim birimlerindeki enerji kayıplarının tespiti yapılarak, bu tesislerin daha az kayıp ve daha fazla verim elde edilebilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalara örnek teşkil edecek bir çalışmada Ozan Güzenge bir soğu deposunun iklimlendirme tesisatıyla ilgili yapmış olduğu ekserji analizinde ilgili tesis üzerinde olumlu değerlendirmelerde bulunmuş ve tesisle ilgili tavsiyelerine bu çalışmasında yer vermiştir. Bu tür analizler sonucunda endüstrideki üretim tesislerinde enerji verimliliğinin yükselmekte ve atık enerjinin geri kazandırılmasını sağlanmaktadır. Aynı zamanda da işletme giderlerini azaltmakla kalmayıp ülke ekonomisi ve çevresel problemler açısından önem taşımaktadır [1].

Bu konuda çevresel kısıtlamaların artması ve süregiden maliyetlerin azaltılması gereksinimi her türlü endüstrüyel proses için mücadeleyi artırıcı etki oluşturmuştur.Ekserji, endüstriyel ve kimyasal proseslerin enerji etkin dizaynı için yardım sağlanabilecek potansiyel bilim dalı olarak ön plana çıkmaktadır [3].

1.2. Amaç

Bu çalışmada amaç; bir alüminyum ekstrüzyon tesisinde alüminyum ekstrüzyon prosesinde yer alan alüminyum biyetin biyet ısıtma fırınında ısıtılması, ekstrüzyon presinebu ısıtılan biyetin aktarılması, pres kovanı içerisinde alüminyumun sıkıştırılarak kalıp grubuna aktarılması ve alüminyum biyetin kalıp grubundan alüminyum profil olarak çıkarılması işlemlerinde gerçekleşen ekserji akışını inceleyerek gerekli ekserji analizinin yapılması ve bu analize göre ekserji geri kazanımı ve verim artırma amaçlı hesaplama ve önerileri ortaya koymaktır. Çalışma parametrik niteliklidir. Bu parametrik çalışmada, alüminyum biyetin sıcaklığı, alüminyum biyetin kütlesel debisi, kovan ve kalıp grubu yüzey sıcaklıkları, doğalgaz debisi ve sıcaklığı gibi parametreler dikkate alınmıştır.

Bu çalışma kapsamında ilk olarak; biyet ısıtma fırınında alüminyum biyetin fiziksel ekserjisini değiştirmek için harcanan ekserjiyi etkileyen parametreler incelenmiştir. Fırın yüzey sıcaklığının çevre ortamla eşit olduğu ve sistemin adyabatik olduğu varsayımıyla, giren doğalgaz ve alüminyumun kütlesel debileri, konveyör işi ve çıkan alüminyumun fiziksel değerleri ve atılan baca gazının kütlsel debisi ve sıcaklığı söz konusu hacimde ele alınmış ve bu parametreler üzerinden biyet ısıtma fırını kntrol hacmi analizi yapılmıştır. İkinci olarak, kovan içinde sıkıştırılan alüminyumun giriş ve çıkış sıcaklıkları, kovan içinde yer alan elektriksel dirençlerin sağladığı ekserji miktarı, pistonun uyguladığı basınca göre taşıdığı ekserji miktarı ve kovan yüzey sıcaklığının kovan kontrol hacmine etkisi araştırılmıştır. Son olarak da, son kontrol hacmi olan kalıp grubu içerisinde, sıkışıp gelen alüminyum biyetin giriş koşulları, çıkan alüminyum profilin fiziksel şartları, kalıp grubu içindeki elektriksel dirençlerin sağladığı ekserji miktarı ve kalıp yüzey sıcaklığı irdelenerek analiz tamamlanmıştır.

Bu kapsamda gerçekleştirilen tez çalışmasının, aşağıda sıralanan bilimsel, endüstriyel, teknolojik ve akademik yararları sağlayacağı tahmin edilmektedir:

- Alüminyum ekstrüzyonu konusunda daha önce yapılmamış orjinal bir ekserji analizi çalışması olması,
- Kayıpların ve tersinmezliklerin fazla olduğu alüminyum ekstrüzyon prosesi için ekserji geri kazanımının endüstriyel sahada öneminin açığa çıkarılması,
- Alüminyum ekstrüzyonu için verim artırımı ve ekserji geri kazanımı konusunda bu araştırmanın bilimsel, teknolojik ve akademik bir kaynak oluşturulması,
- Bu çalışmanın, maliyetlerin arttığı, kar marjlarının düştüğü ve küresel ısınmaya yönelik sorunların artış gösterdiği içinde bulunduğumuz asırda, imalat sektörüne tavsiyelerde bulunacak bir referans olması amaçlanmıştır.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Alüminyum Ekstrüzyonunda Ekserji Analizinin Gerekliliği

Termodinamiğin birinci kanunu enerjinin niceliğiyle ilgilidir. Bu kanun, bir hal değişimi sırasında enerjinin hesabını tutmak için bir yöntem ortaya koyar ve enerjinin var veya yok edilemeyeceğini belirtir. Termodinamiğin ikinci kanunu ise enerjinin niteliğiyle ilgilidir. Bir hal değişimi sırasında enerjinin mevcut niteliğinin azalması, entropi üretimi, iş yapma imkanının değerlendirilememesi bu yasanın inceleme alanı içindedir. Proses analizlerinde termodinamiğin birinci kanununun yukarıda belirtilen yetersizliği, ikinci kanuna dayanan ekserji (kullanılabilir enerji miktarı-kullanılabilirlik) analizlerini önemli kılmakta ve dolayısıyla, termodinamiğin ikinci kanunu, sistemlerin optimizasyonu için güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kullanılabilirlik, bir sistemin sahip olduğu enerjisiyle iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanabilmektedir. Bir sistemden mümkün olan en yüksek işi elde edebilmek için, sistemin sabit olan ilk halinden, hal değişimi sonunda, sistemin ölü noktasına gelmesi gereklidir. Ölü hal, sistemin çevresiyle termodinamik açıdan denge durumunda bulunması demek olup, ölü haldeyken sistemlerden elde edilebilecek yararlı iş potansiyelinin sıfır olduğu açıktır. Dolayısıyla, bir sistem, doğal çevrenin temel elemanları ile tersinir bir hal değişimi sonucu termodinamik denge durumuna (ölü hale) getirildiğinde elde edilebilecek iş miktarı, o sistem için ekserji değerine karşılık gelmektedir. Bu tanım, bir cihazın termodinamik yasalara karşı gelmeden yapabileceği işin üst sınırını belirler. İkinci yasa verimi, sürecin, tersinir hal değişimine ne kadar yakın olduğunu belirleyen bir kriterdir. Bu tanıma bağlı olarak, ikinci yasa verimi, olarak ifade edilebilir. Ekserji analizi, ısıl sistemlerin tasarım, analiz, seçim ve sınıflandırmasında katkıda bulunacak etkin bir araçtır. Bu araçla elde edilebilecek yüksek verim, doğrudan işletme giderlerini azaltarak ekonomik katkı sağlayacaktır [4].

Enerji analizi sanayide performans karşılaştırmalarının ve optimizasyonlarının yapılması için kullanılan geleneksel bir yöntemdir. Enerji korunumuna dayalı olan termodinamiğin birinci yasası enerji analizinin konvansiyonel metodlarına zemin teşkil eder. Birinci yasa, açıkça bir proses süresince oluşan enerji miktarının belirlenmesine yardımcı olur ve çoğunlukla enerjinin dönüşüme uğradığı cihazların analizinde enerji verimliliği konusunda yatersiz kalır. Bu yüzden, proses verimliliğin etkili bir şekilde tayini, termodinamiğin ikinci yasasına dayalı yapılacak analizleri gerektirir. Bir prosesin ikinci yasa analizi, sistem kayıplarının ana nedenlerini belirleyici özelliktedir ve performans artırımı için başvurulacak yolları gösterir. Pratikte kullanılan enerji dönüşümün ve transferini sağlayan cihazlar enerji korunum yasasıyla ilişkilidir, ancak bu esnada enerji kalitesi düşer, iş potansiyeli kaybolur veya ekserji harcanır. Gerçek olan tüm tersinmez prosesler, enerji verimindeki azalma ile geri dönüşümü olmayan ekserji kayıplarını netice verir. Ekserjinin kaybı veya tersinmezlik büyük miktarda proses verimsizliğini ortaya çıkarır. Ekserji, referans olan çevresiyle bir eşitlik içinde bulunan sistem tarafından üretilen elde edilebilecek maksimum iş miktarıdır. Bu yüzden, ekserji enerji kalitesinin veya yararlılığının bir miktarı olarak tanımlanabilir. Ekserji analizi, termodinamiğin ikinci yasası üzerine kuruludur ve genelde proses verimsizliğini daha iyi tanımlar niteliktedir [5].

Günümüzde büyüyen enerji açığına alternatif çözümler aranmaktadır. Enerjinin verimli kullanımı, termodinamik açıdan verimli ısı transferi işlemlerinin geliştirilmesine bağlıdır. Bu nedenlerle, son yıllarda ısı transferi işlemlerinin yer aldığı cihazların termodinamiği üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Isı transferi işlemleri, doğal olarak tersinmez (sürekli entropi üreten) kullanılabilir enerjiyi (ekserjiyi) yok eden işlemlerdir. Isı transferinin ekserjiyi nasıl israf ettiğinin ve bu israfı en aza indirmek için nelerin yapılması gerektiğinin bilinmesi gerekir [6].

Ekserji çoğunlukla, ekonomik değerin bir ölçütü olarak öngörülmüştür. Bazı araştırmacılar, enerji dönüştüren cihazların maliyetini ekserji verimliliğinin fonksiyonu olarak dizayn etmişlerdir. Bir proses süresince oluşan ekserji tüketimi, tersinmezliklere bağlı olarak ortaya çıkan verimsizliğin değeri olan entropi oluşumuyla orantılıdır. Belirli bir girdideki geliştirme potansiyeli; fiziksel, ekonomik ve teknolojik sınırların

belirlediği limitler dahilinde oluşan tersinmezliklere bağımlı olan bir dizi koşulun tersinmezlik değişimi ile hesaplanır. Ekserji tüketimi veya yok edimi, çevresel bir hasarın formudur. Geliştirilen verim yoluyla sağlanan ekserji korunumu sayesinde (Olabildiğince az ekserji tüketimi), çevresel hasar düşürülebilmektedir. Bu yüzden, ekstrüzyon prosesinin sistem ve ekipmalarının dizaynı, işletilmesi ve kullanımında, enerji analizleri kadar ekserji analizlerine de ihtiyaç duyulur. İş üreten bir cihazın performans tayininin enerji analizi kadar ekserji analizini de içermesi önemlidir. Ancak, günümüze kadar, açıkça belirlenememiş değişkenler ve standartlar sebebiyle, ekserji analizi ekstrüzyon konusunda yeteri kadar yapılabilmiş değildir [6].

Ekstrüzyon tesislerinde, genel proses doğalgaz ve elektrik enerjisinin işe dönüştürüldüğü birçok cihazın kullanımına bağlıdır. Ekstrüzyon işlemi, alüminyum ve bakır türü çeşitli metallerin muhtelif alaşımlarının belirli iki boyutlu profil figürlerine dönüştürülmesi olarak tanımlanabilir. Ekstrüzyon prosesinde kullanılan temel cihazlar, değişik basınç aralıklarına sahip ekstrüzyon presleridir. Bu presler, biyet ısıtma fırını, pres kovanı, ana pres bloku, kalıp grubunu içinde barındıracak mühre, liner, dummy blok gibi komponentleri içinde barındırır [7].

Bu çalışmada, bir ekstrüzyon fabrikasında bulunan ekstrüzyon hattı üzerinde ekserji analizi yapılarak sistem verimliliği irdelenecektir. Ekserji analizi kapsamında, alüminyum biyetten alüminyum profil oluşana kadar ilerleyen süreç incelenecek ve prosesle ilgili verimsizlik ve tersinmezlikler belirlenecektir. Bu verimsizlik ve tersizmezliklerin nasıl giderileceği veya ekserji geri kazanımının nasıl yapılabileceği konusunda görüşlere yer verilecektir.



Şekil 2.1. Alüminyum Ekstrüzyon Presi Çıkışı [8].

2.2. Alüminyum Ekstrüzyon Prosesi ve Ekserji Akışı

Alüminyum profil, hayatımızda önemli yere sahip inşaat, mobilya, otomotiv, kent mobilyaları imalatı, beyaz eşya ve benzeri birçok sektörde kullanılan önemli bir materyaldir. Alüminyum Ekstrüzyonu; imalat kolaylığı, az fireye sebep olan talaşsız plastik şekil verme yoluyla üretilmesi, Türkiye şartlarında kolay hammadde temini ve Dünya pazarında LME (London Metal Exchange) bazında standart fiyatlandırılmasıyla rekabet etme kolaylığı sebebiyle Türk sanayisi için önemli bir sektördür [9].

Türkiyede alüminyum ekstrüzyonunda temel olarak iki hammadde kullanılmaktadır. Bu hammaddeler, AA6063 ve AA6061 alüminyum alaşımlarıdır. Bu alaşımlar, Türkiye'de temin edilebildiği gibi, yurtdışından ve özellikle yakın komşumuz olan Rusya'dan da ithal edilebilmektedir. Ayrıca, ekstrüzyon sonrası oluşan hurda alüminyum malzemeden de alüminyum biyet imalatı pek çok tesiste mümkündür [10].

Alüminyum ekstrüzyon prosesi, temel olarak silindirik bir alüminyum biyetin, çeşitli işlemler gördükten sonra belirli bir sertlik ve şekile sahip 2 boyutlu alüminyum profile dönüştürlmesi işlemidir. Bu proseste temel olarak; biyetin ısıtılması, profilin şekil kazanacağı alüminyum ekstrüzyon kalıbının ısıtılması, alüminyum biyetin konveyörler yardımıyla ekstrüzyon presinin içindeki zımbanın ucuna ve kovanın içine yerleştirlmesi, belirli bir basınç ile zımba ve ucundaki dummy blok yardımıyla biyetin kalıp grubuna kadar itilerek kalıpta belirli bir şekli kazanacak surette basınç uygulanması ve sonunda alüminyum profil eldesi işleleri yer almaktadır [9-10.].

Bunun haricinde alüminyum profil elde edilip, konveyörler üzerinde T5 ısıl işlem koşullarında ortam havasında soğumaya bırakıldıktan sonra (Bazen hızlı soğuma için- daha yüksek sertlik elde edilmesi için- fan yardımıyla soğutma işlemi uygulanır.) yapay yaşlandırma işlemi için termik fırına alınır. Burada, ortalama 8 saat 200˚C sıcaklıkta büyük sepetler içinde yapay yaşlandırmaya bırakılan profiller, daha sonra müşteri talebine göre, elektrostatik boyama, eloksal kaplama ve CNC merkezlerinde işleme işlemlerine tabi tutulabilmektedir [11].

Bu çalışmada, alüminyum ekstrüzyonunun temel prosesleri olan alüminyum biyetin biyet ısıtma fırınında belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması, sonrasında kovan içinde preslenmesi ve kalıp grubu içinde şekil verildikten sonra konveyör üzrine bırakılması alt prosesleri incelenmiştir. Proseste çalışmada yer aldığı üzere en önemli kontrol hacmi, ekserji akışının en yoğun olduğu biyet ısıtma fırınıdır.

2.3. Literatür Araştırması

Bu tez ile ilgili çalışmalara başlanmadan önce alüminyum ekstrüzyonu üzerine yapılmış araştırmalar, makaleler ve bilimsel dökümanlar araştırılmış ve yararlanılabilecek kaynaklar ortaya çıkarılarak tez çalışmasına yön verilmiştir. Literatür araştırması, iki ana unsur üzerinde yoğunlaşmıştır: Alüminyum ekstrüzyon prosesi üzerine genel kaynaklar ve Alüminyum ekstrüzyon prosesiyle ilgili veya bağlantı kurulabilecek endüstriyel ekserji analizine yönelik kaynaklar.

- Pradip [12], Aluminum Extrusion Technology adıyla yayınlanmış olan kitabında alüminyum ekstrüzyon posesiyle ilgili üretime yönelik araştırmalarının yanında, prosesin termodinamiği, termodinamiğin birinci ve ikinci kanununa atıfta bulunan incelemelerine de yer vermiştir.
- Giles ve arkadaşları [13], 2004 yılında yayınlanan kitapçıklarında alüminyum ekstrüzyonuyla ilgili aşamaları, kontrol hacimlerinin seçimi ve bu kontrol hacimlerine etki eden termodinamik etkenlere göre ele almıştır.
- Sheppard [14], Extrusion Of Aluminium Alloys adlı eserinde alüminyum ekstrüzyonunda kullanılan farklı alüminyum alaşımlarının termodinamiğine yer vermiştir.
- Bauser ve arkadaşları [15], 2006 yılında hazırlamış oldukları çalışmada alüminyum biyetlerin ısıl işlemleri, biyetlerin proses içinde kazandıkları termodinamik özellikler üzerine araştırmalarını sunmuşlardır.
- Bir Avustralya firması olan Capral Aluminum Limited [16], ekstrüzyon üzerine yapmış olduğu çevrimiçi yayınlarda ekstrüzyon prosesinin ekonomik optimizasyonuyla ilgili prosesin termodinamik analizine ilişkin değerlendirmelerde bulunmuştur.

- Kaufman [17], Parametric Analyses of High-Temperature Data for Aluminum Alloys adlı eserinde alümiyum ekstrüzyon alaşımı metallerle ilgili ekseri ve enerji analizlerine yönelik çalışmalarını aktarmıştır.
- The European Aluminium Association [10], yapmış olduğu çalışmalarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji- ekserji geri kazanımının alüminyum sektöründeki yeriyle ilgili görüşlerini açıklamıştır.
- Alcoa Eng. Pro. [9], ACC-U-BAR Extruded Square and Rectangular Bar Products adlı çalışmasında kare ve dikdörtgen profillerin üretiminde yapılabilecek ekserjetik verim artırma çalışmalarıyla ilgili önerilerde bulunmuştur.
- Şahin ve arkadaşları [1], Enerji ve Ekseri Analizi Metoduyla Kayseri Şeker Fabrikasında Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi adlı tez çalışmalarında Kayseri Şeker Fabrikası'nın ekserji analizini yapmış ve görüş ve değerlendirmelerde bulunmuştur.
- Montelongo-Luna ve arkadaşları [3], ekserji analiziyle ilgili pratik bir ekserji analiz programı hazırlamış ve akademik alanda bu çalışmayı paylaşmışlardır.
- Kotas [2], The exergy method of thermal plant analysis adlı çalışmasında termal tesislerle ilgili ekserji analiz metodlarını ele almıştır.
- Hinderink ve arkadaşları [18], Exergy analysis with a flowsheeting simulator - I. Theory; calculating exergies of material streams adlı çalışmalarında akışkanların ekserji analiziyle ilgili açık sistem çalışması üzerinde durmuşlar ve akışkanların kimyasal ekserjilerinin değişimi ile ilgili konuları ele almışlardır.
- Van Gool [19], Thermodynamics of chemical references for exergy analysis, Energy Conversion and Management adlı çalışmasında ekserji analiz yöntemleri ve ekserji geri kazanımı, sistem iyileştirmeleri konularındaki görüşlerini aktarmıştır.
- Szargut ve arkadaşları [20], ısıl, kimyasal ve metalurjik proseslerin ekserji analiz yöntemleri üzerine yararlı çalışmalarda bulunmuşlardır.

3. BÖLÜM

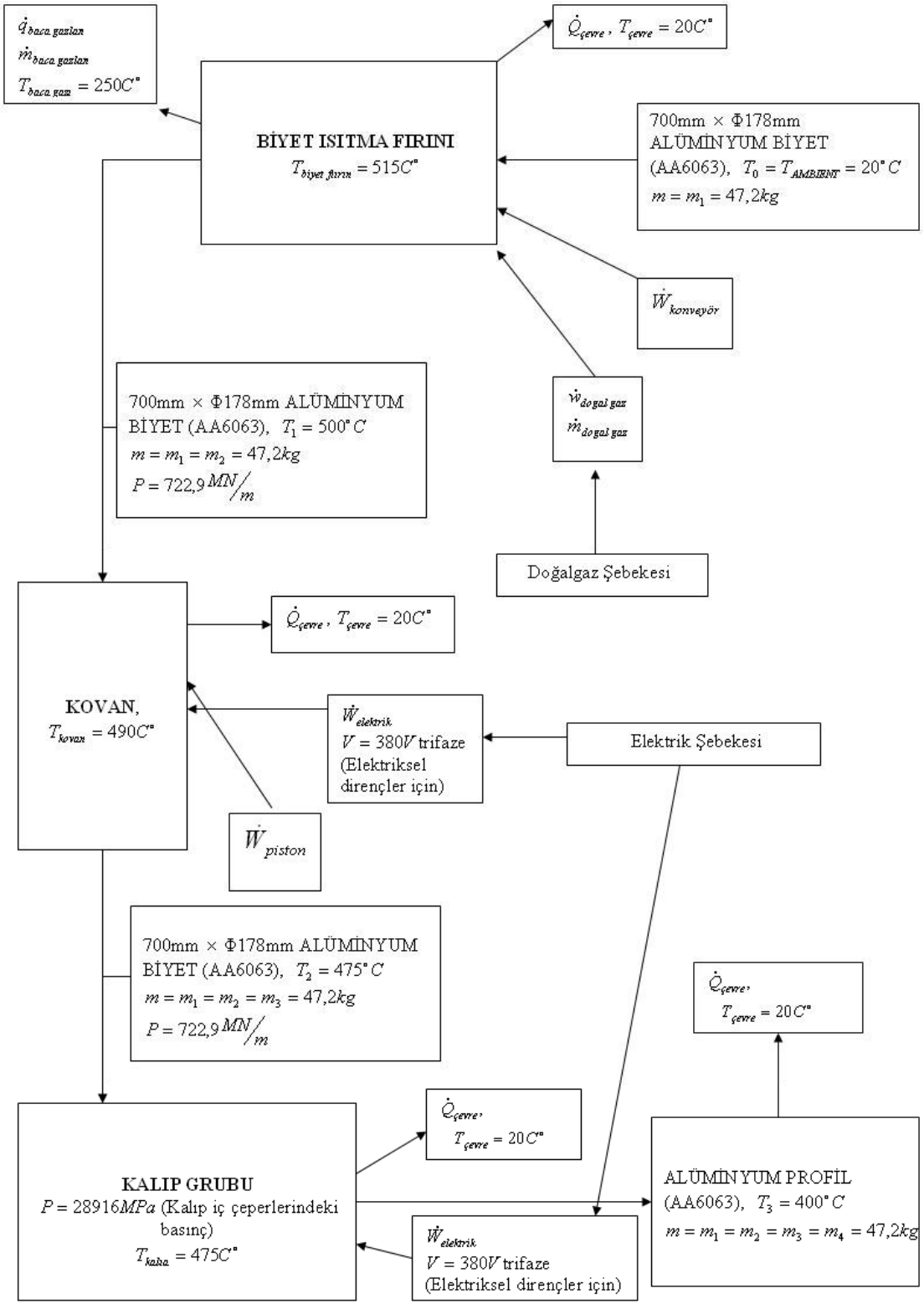
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Analizi yapılacak olan sistemin genel akış şeması aşağıda Şekil 3.2'de verilmiştir. Bu şemada görüldüğü üzere, alüminyum biyet başlangıçta ortam koşullarında alınarak alüminyum biyet ısıtma fırınına girmekte, daha sonra istenen fiziksel şartlara getirildikten sonra preste yer alan kovanın içine gönderilmektedir. Kovan içerisinde sıkıştırılan alüminyum biyet son olarak kalıp grubundan geçerek belirli figürlerdeki alüminyum profillere dönüşmektedir.



Şekil 3.1. Alüminyum Ekstrüzyon Presi Girişi- BİF [8].



Şekil 3.2. Alüminyum Ekstrüzyon Ekserji Akış Şeması.

Şekil 3.2'de verilen ekserji akış şemasında incelenecek proses bütün ayrıntılarıyla gösterilmiştir. Bu proseste üç ana kontrol hacmi yer almaktadır: Biyet ısıtma fırını (BİF), Kovan, Kalıp Grubu.



Şekil 3.3. Biyet Isıtma Fırını Girişi [8].

3.1.1. Biyet Isıtma Fırını Ekserji Akışı

Biyet ısıtma fırını, alüminyum çevre sıcaklık ve basıncında girip, doğalgazlı bir ısıtıcı ile ısıtılarak belirli bir sıcaklığa getirildiği ve tamamen adyabatik bir işlemin olduğu kontrol hacmidir. İşlem sonucunda, dışarıya baca gazından ve alüminyum biyetin fiziksel ve kimyasal ekserji çıkışından kaynaklanan ekserji akışı olmaktadır. Çevreye kaybolan ekserjinin, yeterli yalıtıma dayalı adyabatik sistem kabulüyle olmadığı varsayılmıştır. Bu durumda, hesaplanması gereken değerler; alüminyumun giriş kimyasal ekserjisi, doğalgazın giriş kimyasal ekserjisi, biyet ısıtma fırını içinde çalışan konveyörün kontrol hacmine verdiği elektriksel ekserji, çıkan alüminyumun fizksel vekimyasal ekserjisi ve çıkan baca gazının ekserjisidir [20]. B. ısıtma fırınından dışarıya herhangi bir iş çıkışı olmamaktadır. Ayrıca, doğalgazın sistem içinde yakılması temel

araştırma konusu olmadığından sistemde herhangi bir kimyasal tepkime yoktur. Biyet ısıtma fırını ile ilgili denklemler ve hesaplamalar sonraki bölümlerde verilmiştir.



Şekil 3.4. Kovan- Kalıp Grubu, BİF Çıkışı [8].

3.1.2. Kovan Ekserji Akışı

Kovan, Şekil 3.4'de görüldüğü üzere pres ana blokları üzerinde bulunan ve alüminyum biyetin sapma yapmadan, zımba yardımıyla kalıp grubuna ulaştırılmasını sağlayan silindirik bloktur [18]. Alüminyum biyet, biyet ısıtma fırınından çıktıktan sonra konveyörler yardımıyla bu kontrol hacmine giriş yapmaktadır. Kovan üzerinde herhangi bir yalıtım olmaması sistemin ekserji verimini etkileyen ana unsurdur. Bu kontrol hacminde de herhangi bir kimyasal tepkime yoktur; söz konusu kontrol hacminde olan bütün olaylar fizikseldir [12]. Kovanda yapılacak ekserji analizi için; giren alüminyumun fiziksel ve kimyasal eserjilerinin, kovanı çevreleyen elektriksel dirençlerin sağladığı elektriksel ekserjinin, kovan boyunca alüminyuma belirli bir basınç uygulayan pistonun yaptığı işe bağlı fiziksel ekserjinin, ve çıkış şartlarında

alüminyumun sahip olduğu fiziksel ve kimyasal ekserjilerin bulunması gerekmektedir [13].



Şekil 3.5. Kalıp Grubu Çıkışı [8].

3.1.3. Kalıp Grubu Ekserji Akışı

Kalıp grubu, alüminyum biyetin alüminyum profile dönüştürüldüğü kontrol hacmidir. Zımbanın kovanda uygulamış olduğu basınçla sıkışan alüminyum profil kalıp yüzeyinde bulunan figüre göre sıkışarak şekil almaktadır. Bu kontrol hacminde de, yalıtım yer almadığı için çevre ortama ısı geçişi yoluyla bir ekserji kaybı söz konusudur [3-14]. Kalıp grubu ekserji analizinin yapılabilmesi için, alüminyumun giriş ve çıkış şartlarındaki fiziksel ve kimyasal ekserjilerinin, elektriksel direncin sağlamış olduğu elektriksel ekserjinin, kalıp yüzeyinden taşınım yoluyla çevreye verilen ekserji miktarının bulunması gerekmektedir [3].

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneysel Verilerin Toplanması

Söz konusu hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli sıcaklık değerleri aşağıda özellikleri sıralanmış olan infrared termometreyle ölçülmüştür:

Cihaz, 6 metreye kadar %99 hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir. Bu mesafe de proses analizinde yapılan tüm ölçümlerde önemli oranda kolaylık sağlamıştır.

Bunun yanında, kullanılan infrared termometre özellikle mat yüzeyler için uygundur. Bu haliyle, parlak yüzeylerde ölçüm alınmakta zrlanılmıştır. Parlak yüzeylerin ölçümünde ise, parlak bölgenin siyah ve mat bir boya ile boyandıktan sonra ölçülmesi yoluna giilmiştir.

Cihaz, 30˚C- 600˚C aralığını ölçebilmektedir; bu aralık da söz konusu tez çalışması için gerekli ölçümlerde yeterli bir aralıktır.



Şekil 3.6. İnfrared Termometre [21].

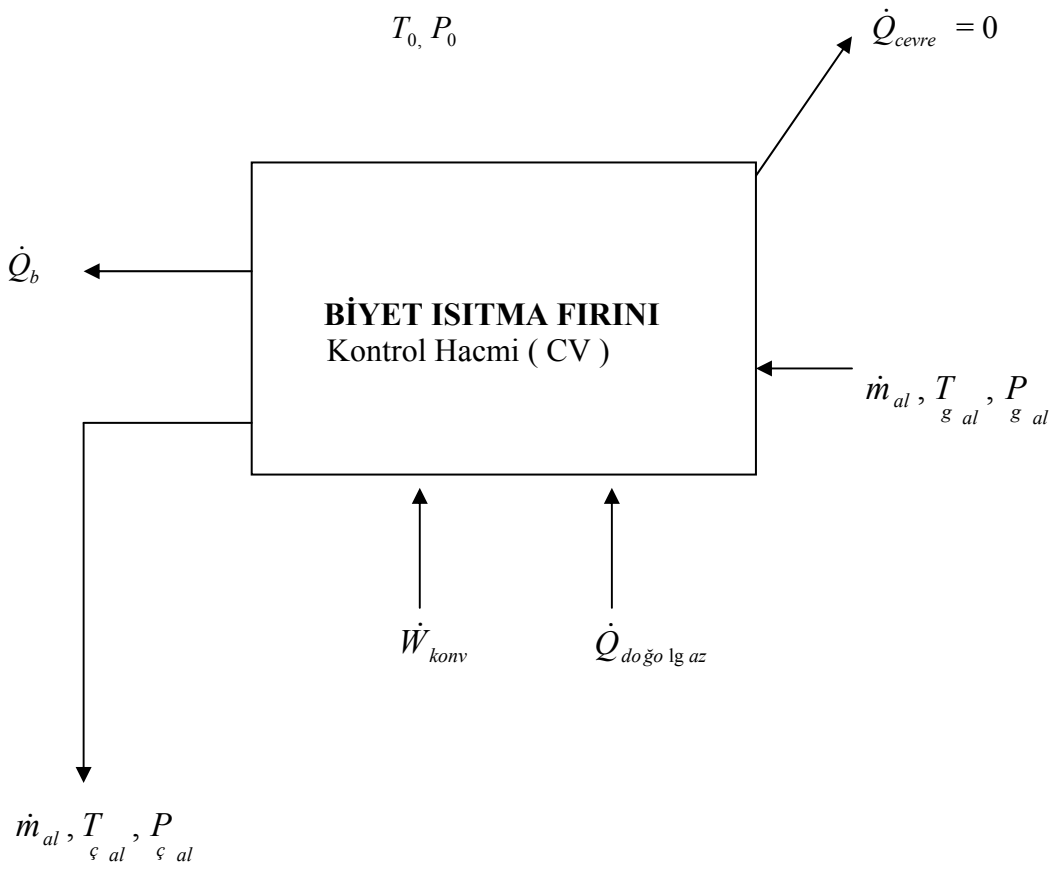
3.2.2. Ekserji Analizi

3.2.2.1 Genel Ekserji Denklemi

$$Ex_g = Ex_ç + Ex_k + Ex_D \tag{3.1}$$

Yukarıda verilen denklem 3.1'e göre giren ekserji, çıkan faydalı ürün ekserjisi, kaybolan ekserji ve ekserji yıkımı ifadelerinin oplamına eşittir. Bu denklem en genel ekserji eşitliğini ortaya koymaktadır [22].

3.2.2.2. Biyet Isıtma Fırını Ekserji Analizi



Şekil 3.7. Biyet Isıtma Fırını Kontrol Hacmi Diyagramı

Kabuller

- Çevre Sıcaklığı $T_0 = 20^\circ C$ ve Çevre Basıncı $P_0 = 1\,atm$ olarak alınmıştır.
- Alüminyum Biyet Fırınından çebreye olan ısı kaybı ihmal edilmiştir; çünkü, fırın çevreye karşı tamamen yalıtılmıştır ve adyabatik bir sistem kabulü yapılmıştır.
- Sistemde herhangi bir kimyasal tepkime yoktur. (Doğalgazın sistem içinde yakılması temel araştırma konusu değildir.)
- Kinetik ve Potansiyel Enerji ekserjileri ihmal edilmiştir.

Toplam Giren Ekserji Miktarı

- $\dot{E}x_g = \dot{E}x_g^W + \dot{E}x_g^Q + \dot{E}x_g^m$ (3.2)
  - $\dot{E}x_g^W = \dot{W}_{konv}$ (3.3)
  - $\dot{E}x_g^Q = \dot{Q}_{do} \times \left(1 - \frac{T_0}{T_{bf}}\right)$, $\dot{Q}_{do} = \dot{m}_d \times HHV$ (Sıcaklık birimleri Kelvin'dir.), (3.4)

    veya

    $\dot{E}x_g^Q = \dot{m}_d \times \left(ex_{dg}^{ch}\right)$ (3.5)
  - $\dot{E}x_g^m = \dot{m}_{al} \times \left[\left(h - h_0\right) - T_0\left(s - s_0\right)\right] + ex^{ch}$; (T_0 = Ölü durum- Hangar Sıcaklığı) (3.6)

Toplam Çıkan Ekserji Miktarı

- $\dot{E}x_ç = \dot{E}x_ç^W + \dot{E}x_ç^Q + \dot{E}x_ç^m$ (3.7)

- $\dot{E}x_ç^W = 0$ (Sistem dahilinde elde edilen güç yoktur.) (3.8)
- $\dot{E}x_ç^Q = \dot{E}x_ç^{Q_{bg}} + \dot{E}x_ç^{Q_{çevre}}$ (3.9)
- $\dot{E}x_ç^m = \dot{m}_{al} \times \left[\left(h - h_0\right) - T\left(s - s_0\right)\right] + ex^{ch}$ (3.10)

Biyet ısıtma fırınının ekserji analizine ilişkin verilen denklemlere göre,

- Baca gazı sıcaklığının,
- Hangar sıcaklığını temsil eden çevre sıcaklığının,
- Baca gazı ortalama özgül ısısının,
- Baca gazı debisinin,
- Biyet fırını çıkışında alüminyum biyetin sıcaklığının,
- Alüminyum biyetin fırın çıkışında sahip olduğu entalpi ve entropi değerlerinin,
- Alüminyum biyetlerin fırın içinden birim zamanda geçen ortalama kütle miktarının,
- Alümiyum biyetin standart ekserji değerinin,
- Alüminyum biyetin giriş sıcaklığının,
- Biyet ısıtma fırınının yüzey sıcaklığının,
- Biyet fırını içinde yer alan konveyörün birim zamanda harcadığı ortalama enerjinin
- Kontrol hacmine giren doğalgazın ekserji değerine ve debisine,
- Ortam basıncı değerine,

  İhtiyaç duyulmaktadır [22].

Buna göre söz konusu tesiste alüminyum biyetin giriş ve çıkış sıcaklıkları, biyet ısıtma fırınının yüzey ve iç sıcaklıkları infrared termometre yardımıyla her saat başı alınan ölçümler sonucu belirlenmiştir. Bu veriler ve grafikler, bu tez çalışmasının ilerleyen bölümlerindedir. Hangar sıcaklığı standart ortam sıcaklığı 20˚C olarak alınmıştır.

Baca gazı ortalama özgül ısısı ve debisi gerekli hesaplamalar sonucu bulunmuştur.

Alüminyum biyetlerin fırın içinden birim zamanda geçen ortalama kütle miktarı bir alüminyum biyetin ortalama ne kadar sürede prosesten geçtiği göz önüne alınarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$\dot{m}_{al} = \frac{Alü.\,Biyet\ Kütlesi}{Harcanma\ Zamanı} = \frac{48kg}{12 \times 60s} = 0.066kg/s \text{ [5].} \qquad (3.11)$$

Alüminum biyetin standart kimyasal ekserji değeri $ex_{al}^{ch} = 32903$ kJ/kg'dır. Bu değer saf alüminyumun ekserji değeridir; ancak bileşimi AlMgSi0.5olan alüminyum biyette

alüminyum oranı % 99.5 olduğu için alaşımın saf alüminyum özelliği gösterdiği kabulu yapılmıştır [23].

Biyet ısıtma fırınının yüzey sıcaklığı yapılan ölçümler sonucu ortalama 30ºC olarak saptanmıştır. Bu değer dış ortam sıcaklığına çok yakın olduğu için, hesaplamalarda da belirtileceği gibi çevreye verilen ısı $\dot{Q}_{cevre\ ihmal}$'in olmadığı kabulü yapılmıştır. (Adyabatik sistem kabulü)

Biyet ısıtma fırınının konveyörünün gücü 50kW'dir, ancak bu konveyörün saatte ortalama 10 dakika çalıştığı göz önüne alınarak, $\dot{W}_{konv}$ = 50kW × 10dk/1saat = 8.3 kW olarak hesaplanmıştır.

Kompozisyonu mol yüzdesi olarak Metan % 85 (min), Etan % 7 (max), Propan % 3 (max), Bütan % 2 (max), Pentan vd.HC % 1 (max), CO2 % 3 (max), Azot % 5 (max) olan endüstriyel doğalgazın 1m³ başına 8.76m³ baca gazı oluşturduğu ve baca gazı yoğunluğunun 0.32kg/m³ olduğu bilinmektedir [23].

Buna göre:
Daha önce hesaplanan $\dot{m}_{bg} = 0.125$ kg/s ve $\rho_{bg} = 0.32$ kg/m³ ise $\dot{V}_{bg} = \dot{m}_{bg} / \rho_{bg} = 0.38$ m³/s'dir. Buna bağlı olarak, $\dot{V}_{dg} = \dot{V}_{bg} / 8.76 = 0.044$ m³/s'dir. $\rho_{dg} = 0.76$ kg/m³ (BOTAŞ verilerine göre) olduğuna göre,

$\dot{m}_{dg} = \dot{V}_{dg} \times \rho_{dg} = 0.034$ kg/s olduğu bulunmuştur. Doğalgazın standart ekserji (3.12)
değeri ise, $ex_{dg}^{ch} = 45670$ kJ/kg'dır [24].

Alüminyum biyetin giriş ve çıkıştaki entalpi ve entropi değerlerinin bulunması, alüminyum biyetin fiziksel ekserjisinin saptanması için gereklidir. Alümniyumun kimyasal ekserjisi ise sabit olup (sıcaklıktan bağımsız) $ex_{al}^{ch} = 32.9$ kJ/g'dır [24]. Alüminyumun fiziksel ekserjisinin hesabı şu şekilde yapılacaktır: (Giriş ve çıkışta sabit atmosfer basıncına göre)

$c_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$ ise, $\quad h_2 - h_1 = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$ yazılır. (Maxwell eşitliği) (3.13)

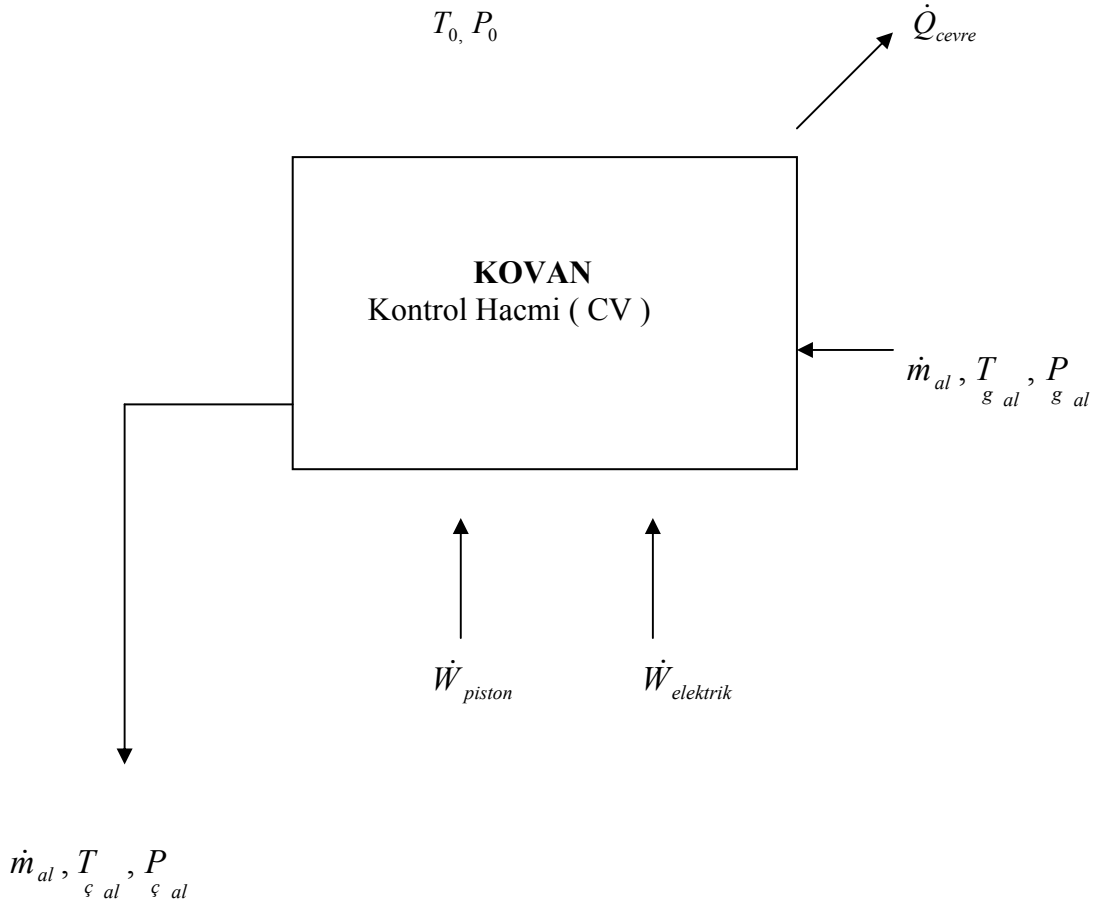
$c_{p,al} = 0.897 kJ/kgK$ [25].

$$s_1 - s_2 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{c_p}{T} dT \text{ yazılır [26].} \quad (3.14)$$

Bu iki denklemden bulunan sonuçlar yardımıyla da alüminyum biyetin giriş ve çıkış şartlarındaki fiziksel ekserjisi (kütlesel ekserji giriş çıkışı) bulunacaktır:

$$\dot{E}x_g^m = \dot{m}_{al} \times \left[\left(h - h_0\right) - T_0\left(s - s_0\right)\right] + ex^{ch} \text{ [22].}$$

3.2.2.3. Kovan Ekserji Analizi



Şekil 3.8. Kovan Kontrol Hacmi Diyagramı.

Kabuller

- Çevre Sıcaklığı $T_0 = 20^\circ C$ ve Çevre Basıncı $P_0 = 1\,atm$ olarak alınmıştır.
- Sistemde herhangi bir kimyasal tepkime yoktur.
- Kinetik ve Potansiyel Enerji ekserjileri ihmal edilmiştir.

Toplam Giren Ekserji Miktarı

- $\dot{E}x_g = \dot{E}x_g^W + \dot{E}x_g^Q + \dot{E}x_g^m$
  - $\dot{E}x_g^W = \dot{W}_{piston} + \dot{W}_{elektrik}$ (3.15)
  - $\dot{E}x_g^Q = 0$ (Sisteme herhangi bir ısı girişi yoktur.) (3.16)
  - $\dot{E}x_g^m = \dot{m}_{al} \times \left[(h - h_0) - T(s - s_0)\right] + ex^{ch}$; (T = Kovan Girişinde Isıtılmış Biyet sıcaklığı)

Toplam Çıkan Ekserji Miktarı

- $\dot{E}x_ç = \dot{E}x_ç^W + \dot{E}x_ç^Q + \dot{E}x_ç^m$
- $\dot{E}x_ç^W = 0$ (Sistem dahilinde elde edilen güç yoktur.)
- $\dot{E}x_ç^Q = \dot{E}x_ç^{Q_{çevre}}$ (3.17)
- $\dot{E}x_ç^m = \dot{m}_{al} \times \left[(h - h_0) - T(s - s_0)\right] + ex^{ch}$

Kovan kontrol hacmiyle ilgili verilen denklemlere göre,

- Piston işinin ve elektriksel dirençlerden kaynaklanan iş girişinin,
- Alüminyum kütlesel debisinin,
- Alüminyum biyet kovan giriş ve çıkış sıcaklıklarının
- Taşınım yoluyla kovan yüzeyinden kaybolan ekserjinin hesabı için kovan yüzey sıcaklıklarına,

bilinmesi gerekmektedir.

Piston işinin hesaplanması için gereken formül:

$$\dot{W}_{pis} = \int \frac{PV(t)}{t} dt \qquad \text{ve} \qquad V(t) = A \times \nu \times t = 0.025m^2 \times \frac{0.65m}{720s} \times t = 0.0000225\text{t}$$

(3.18) [24].

P= 125kPa ise,

$\dot{W}_{pis} = \int_{t=0}^{t=720} \frac{PV(t)}{t} dt = 0.00282t\Big|_0^{720} \approx 2kW$ bulunur.

Elektriksel dirençlerin toplam gücü ise 2kW'dır.

Alüminyum kütlesel debisi, bir önceki hesaplamada belirtilen debinin aynısıdır. (Alüminyumun kütle kaybı olmadan akışı söz konusudur.)

Alüminyum biyetin giriş ve çıkış sıcaklıkları söz konusu hesaplama tablosunda ve grafiklerde verilecektir.

Kovanın yüzeyinden kaybolan ekserji hesabında ise aşağıdaki formülasyon kullanılacaktır:

$$\dot{E}x_{ç}^{Q} = \dot{E}x_{ç}^{Q_{çevre}} = \dot{Q}_{taş} \times \left(1 - \frac{T_{çevre}}{T_{kovan}}\right) \tag{3.19}$$

$$\dot{Q}_{taş} = hA\left(T_{kovan} - T_{çevre}\right) = \frac{2k}{d_i \ln\left(d_0 / d_i\right)} A\left(T_{kovan} - T_{çevre}\right) \text{ [27]} \tag{3.20}$$

k= 50.2 W/mK (Çelik için) [28]

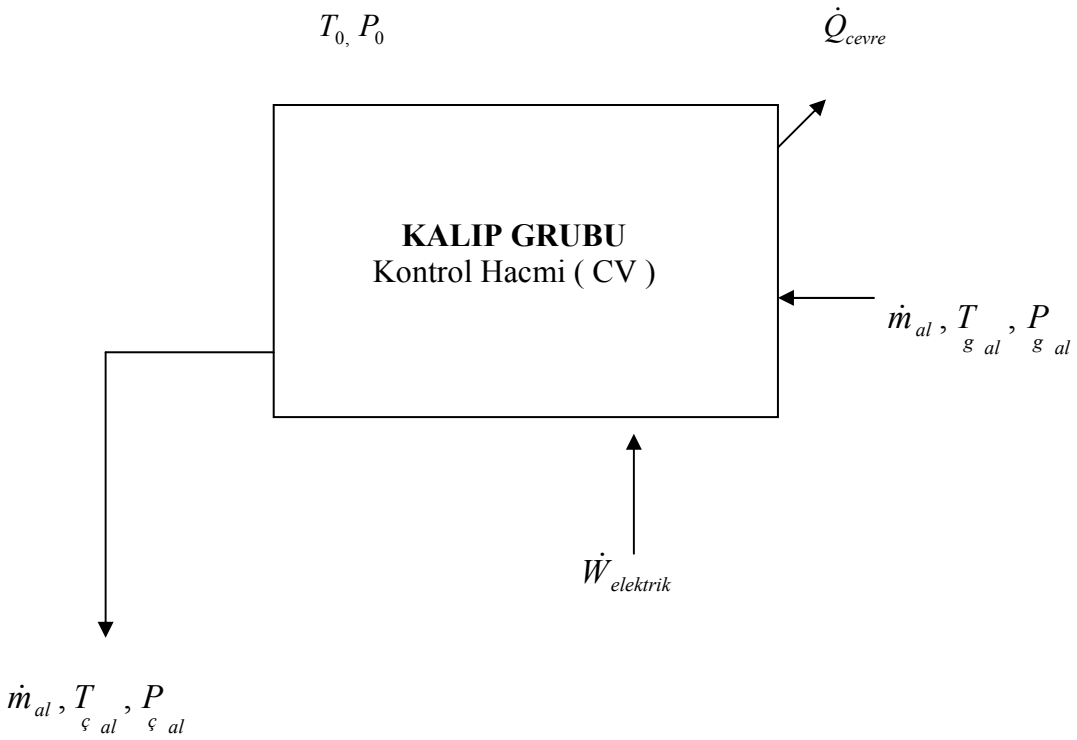
$d_i = 0.178m$, $d_0 = 0.5m$ ise,

$$\dot{E}x_{ç}^{Q} = \dot{E}x_{ç}^{Q_{çevre}} = \dot{Q}_{taş} \times \left(1 - \frac{T_{çevre}}{T_{kovan}}\right) = \frac{2 \times 50.2}{178 \ln\left(0.5/0.178\right)} \times (\pi \times 0.5 \times 1.8) \times \left(T_{kovan} - 293.2\right) \times \left(1 - \frac{293.2}{T_{kovan}}\right)$$

$$= 1.576\left(T_{kovan} - 293.2\right) \times \left(1 - \frac{293.2}{T_{kovan}}\right)$$

bulunur. Bu formül hesap tablolarında kullanılacaktır.

3.2.2.4. Kalıp Grubu Ekserji Akış Şeması ve Ekserji Denklemleri



Şekil 3.9. Kalıp Grubu Kontrol Hacmi Diyagramı.

Kabuller

- Çevre Sıcaklığı $T_0 = 20^\circ C$ ve Çevre Basıncı $P_0 = 1\ atm$ olarak alınmıştır.
- Kovandan çevreye olan ısı kaybı ihmal edilmiştir; çünkü, kovan çevreye karşı tamamen yalıtılmıştır ve adyabatik bir sistem kabulü yapılmıştır.
- Sistemde herhangi bir kimyasal tepkime yoktur.
- Kinetik ve Potansiyel Enerji ekserjileri ihmal edilmiştir.

Toplam Giren Ekserji Miktarı

- $\dot{E}x_g = \dot{E}x_g^W + \dot{E}x_g^Q + \dot{E}x_g^m$
  - $\dot{E}x_g^W = \dot{W}_{elektrik}$ (3.21)
  - $\dot{E}x_g^Q = 0$ (Sisteme herhangi bir ısı girişi yoktur.)
  - $\dot{E}x_g^m = \dot{m}_{al} \times \left[(h - h_0) - T(s - s_0)\right] + ex^{ch}$; (T = Kovan Girişinde Isıtılmış Biyet sıcaklığı)

Toplam Çıkan Ekserji Miktarı

- $\dot{E}x_{ç} = \dot{E}x_{ç}^{W} + \dot{E}x_{ç}^{Q} + \dot{E}x_{ç}^{m}$
- $\dot{E}x_{ç}^{W} = 0$ (Sistem dahilinde elde edilen güç yoktur.)
- $\dot{E}x_{ç}^{Q} = \dot{E}x_{ç}^{Q_{çevre}}$
- $\dot{E}x_{ç}^{m} = \dot{m}_{al} \times \left[\left(h - h_0\right) - T\left(s - s_0\right)\right] + ex^{ch}$

Kalıp grubu kontrol hacmine ilişkin denklemlere göre ise:

- Elektriksel direnç işinin,
- Alüminyumun giriş ve çıkış sıcaklıklarının,
- Alüminyumun kütlesel debisinin,
- Taşınım yoluyla kalıp yüzeyinden kaybolan ekserji miktarının

Belirlenmesi gerekmektedir.

Kalıp grubunu çevreleyen mührenin içinde yer alan elektriksel dirençlerin toplam gücü 45 kW olarak belirlenmiştir.

Alüminyum giriş sıcaklığı bir önceki kontrol hacminden çıkan alüminyumun çıkış sıcaklığına eşittir. Alüminyumun çıkış sıcaklığı ise infrared termometreler yardımıyla ölçülerek veri tablosu halinde kaydedilerek hesaplamalarda kullanılmıştır.

Alüminyumun kütlesel debisi biyet ısıtma fırınından prosesin son kısmına kadar sabittir ve 0.066 kg/s'dir.

Kalıp Grubu yüzeyinden çevre ortamına kaybolan ekserjinin hesabında ise kovanda kullanılan hesap yönteminin aynısı kullanılmıştır:

$$\dot{E}x_{ç}^{Q} = \dot{E}x_{ç}^{Q_{çevre}} = \dot{Q}_{taş} \times \left(1 - \frac{T_{çevre}}{T_{kal.}}\right) \tag{3.22}$$

$$\dot{Q}_{taş} = hA\left(T_{kol.} - T_{çevre}\right) = \frac{2k}{d_i \ln\left(d_0 / d_i\right)} A\left(T_{kal.} - T_{çevre}\right) \tag{3.23}$$

Kovanla kalıp grubunun iç çap ve dış çap değerleri, kullanılan çeliğin cinsi (Assab Orvar 2M) aynı olduğu için elde edilen formül de aynıdır:

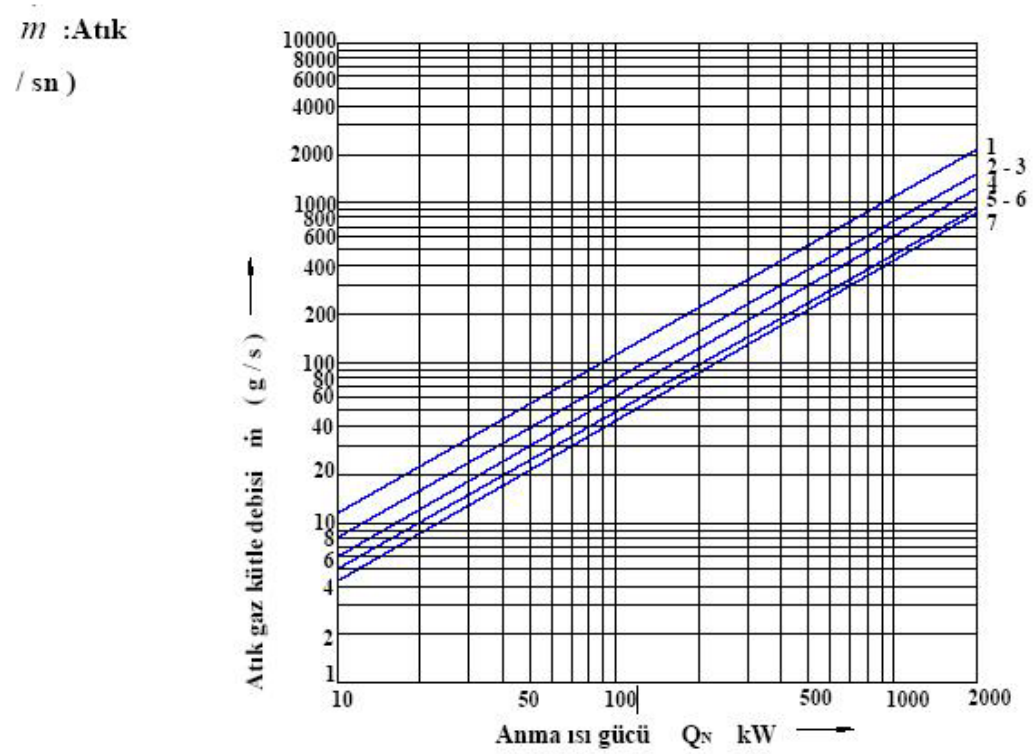
$$\dot{E}x_{ç}^{Q} = \dot{E}x_{ç}^{Q_{çevre}} = \dot{Q}_{taş} \times \left(1 - \frac{T_{çevre}}{T_{kal.}}\right) =$$

$$\frac{2 \times 50.2}{178 \ln(0.5/0.178)} \times (\pi \times 0.5 \times 1.8) \times (T_{kal.} - 293.2) \times \left(1 - \frac{293.2}{T_{kal.}}\right)$$

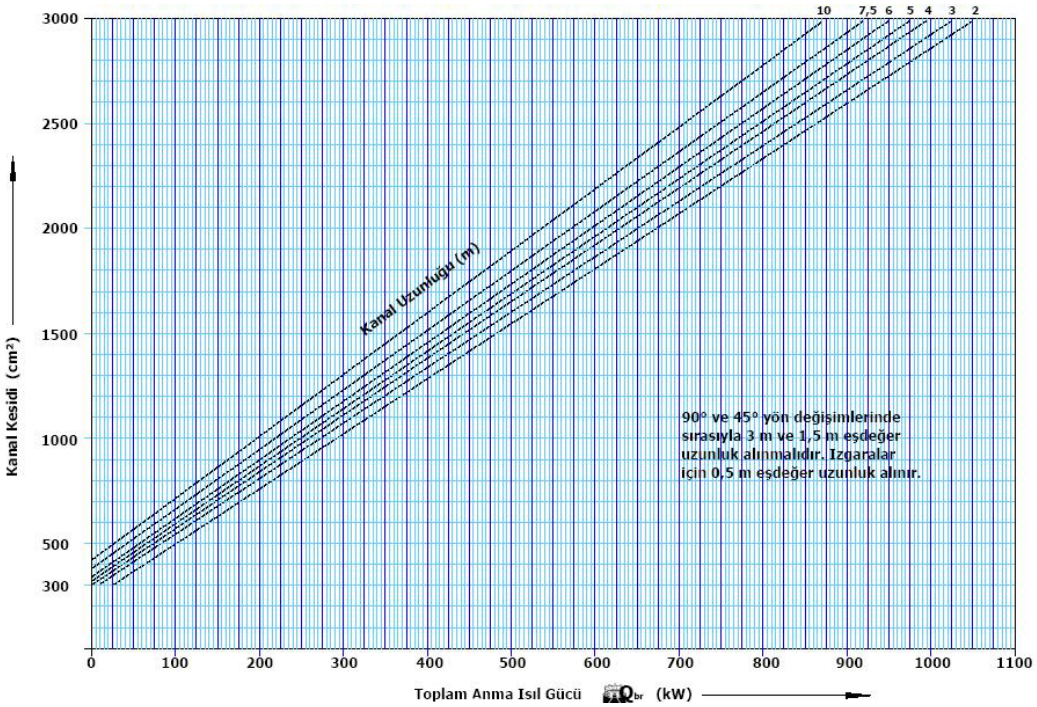
$$= 1.576(T_{kal.} - 293.2) \times \left(1 - \frac{293.2}{T_{kal.}}\right)$$

Bu formül ısı geçişi yoluyla çevreye olan ekserji kayıpları için kullanılacak formüldür ve zamana göre farklılık arzeden sıcaklık değerlerine göre hesaplama tablolarında kullanılmıştır.

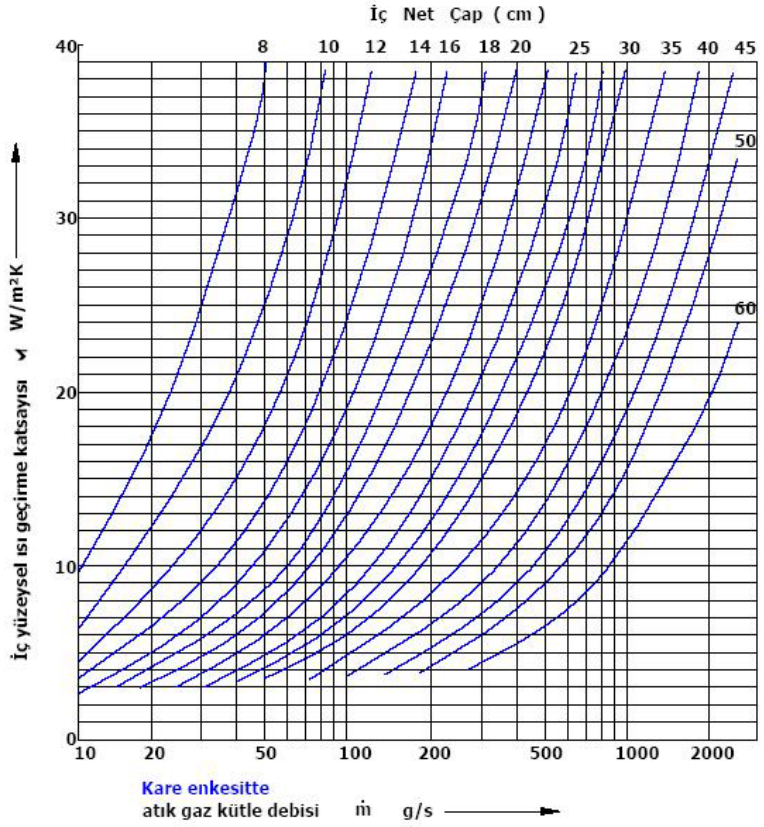
3.3. Atık Baca Gazının Debi, c_p, Ortalama Sıcaklık Hesaplamaları



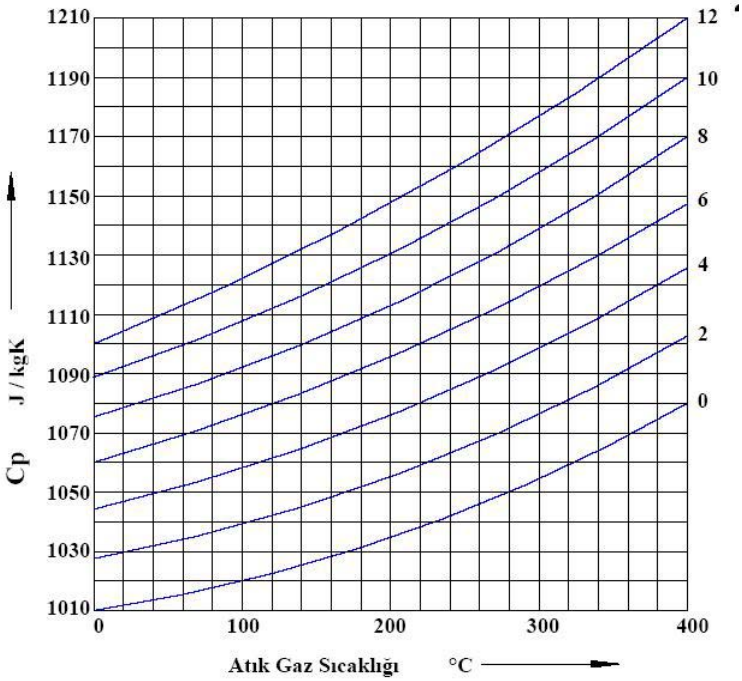
Şekil 3.10. Atık Gaz Debi Grafiği [23].



Şekil 3.11. Atık Gaz Baca Kesiti Grafiği [23].



Şekil 3.12. Atık Gaz Isı Geçirgenlik Katsayısı Grafiği [23].



Şekil 3.13. Atık Gaz Özgül Isı Katsayısı Grafiği [23].

3.3.1. Soğuma Sayısının Hesabı (K)

$$K = \frac{U \times k \times H}{\dot{m} \times c_p} \quad \text{[25].} \tag{3.24}$$

U : Bacanın iç çevre uzunluğu (m)

k : Isı geçirme katsayısı (W /m K)

H : Bacanın açındırılmış Etkin baca yüksekliği (m)

$\dot{m}$:Atık gaz kütle debisi (kg / sn)

c_p :Atık gazın ısınma ısısı (J /kg K)

3.3.2. Atık Gazın Ortalama Sıcaklığının Hesabı (T_m), ($^\circ K$)

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \times \left(1 - e^{-K}\right) \text{ [25].} \tag{3.25}$$

Doğalgaz kazanından yukarı çıkan baca 32cm × 32cm'lik ve 10 metre uzunluğundadır. Buna göre,

U= 0.32m × 4= 1.28m

Kazanın ısıl gücü yukarıdaki tablodan 200kW'dır. Yine, grafikten bu ısıl güce karşılık gelen atık gaz debisi 125 g/s'dir. Bu debiye karşılık gelen ısıl geçirgenlik katsayısı ise 6 W/m²K değerindedir:

k= 6 W/m²K

H= 2m (Etkin baca yüksekliği, çatının yukarısında kalan baca yüksekliği)

$\dot{m}$ = 125 g/s

c_p = 1125 J/ kg K (Yukarıdaki grafikten 10m baca yüksekliğine göre alınan ortalama değer)

$K = \frac{U \times k \times H}{\dot{m} \times c_p}$ ise, $K = \frac{1.28m \times 6W/m^2K \times 2m}{125g/s \times 1125J/kgK} = 1.092 \times 10^{-1}$

Hesap edilen bu soğuma katsayısına göre, ortalama baca gazı sıcaklığı hesap edilecektir:

$$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \times \left(1 - e^{-K}\right) \qquad (3.26)$$

T_L : Isıtılmış mahallerden geçen bacalarda TU =293.15 ºK

Isıtılmayan mahallerden geçen bacalarda TU =273.15 ºK

Mutat için açıkta serbest olan bacalarda TU =273.15 ºK

Islaklığa dayanıklı ve açıktaki serbest bacalarda TU = -258.15 ºK

T_E: Üretici cihaz kotaloğunda vermeli, verilmediği durumlarda 448.15 ºK (175 ºC)

$T_m = T_L + \frac{T_e - T_L}{K} \times \left(1 - e^{-K}\right)$ ise,

$T_m = 273.15^\circ K + \frac{448.15^\circ K - 273.15^\circ K}{0.1092} \times \left(1 - e^{-0.1092}\right) = 438.2^\circ K$

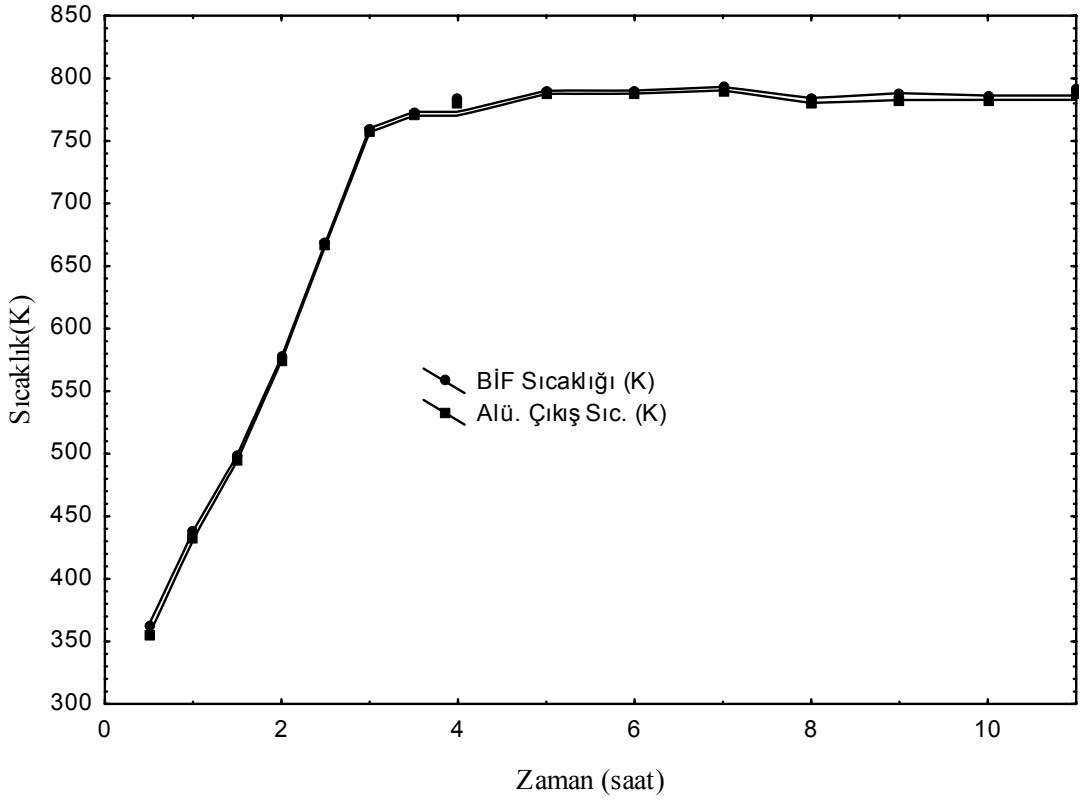
4. BÖLÜM

BULGULAR

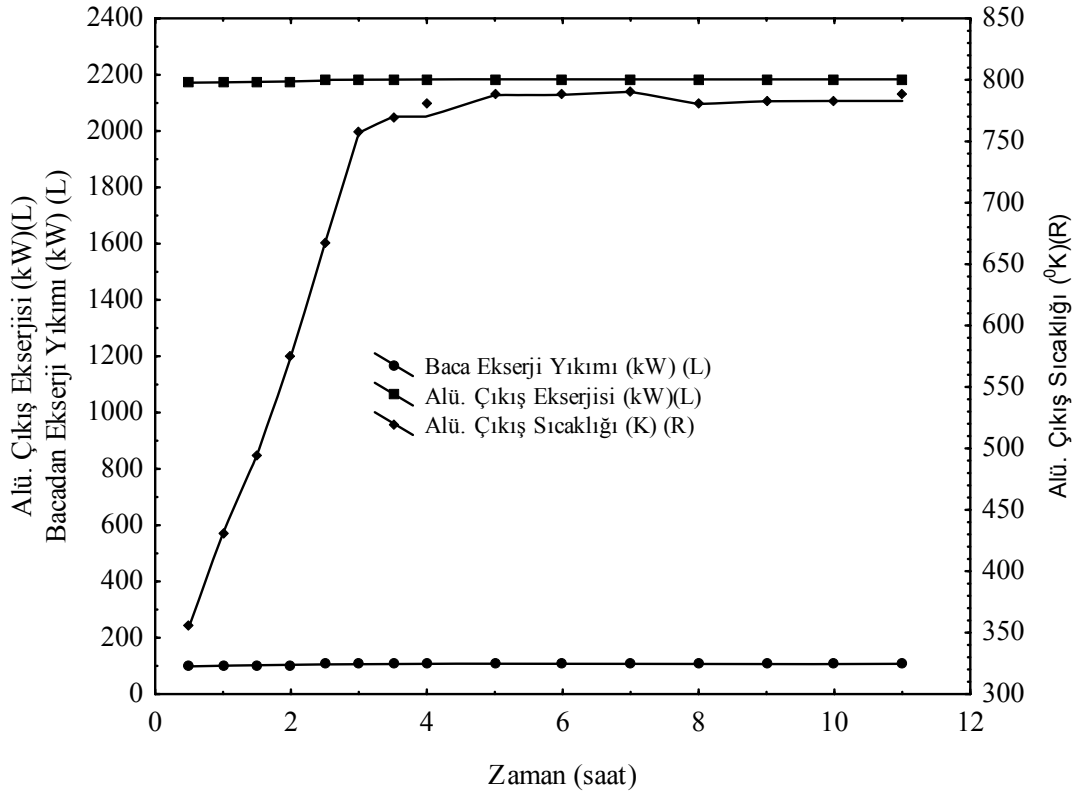
4.1. Biyet Isıtma Fırını için Bulgular

Bileşen	Birim Ekserji (kJ/kg)	Mol Oranı (%)	$\sum ex$	
Karbondioksit	457.7	11.09	50.76	
Su	650.6	8.72	56.73	
Kükürtdioksit	3993.4	0.0049	0.20	
Oksijen	91.3	4.62	4.22	
Azot	850.5	75.5	642.13	
	TOPLAM BACA GAZI KİMYASAL EKSERJİSİ		**754.03**	**kJ/kg**

Şekil 4.1. Baca Gazı Kimyasal Ekserji Tablosu [23].

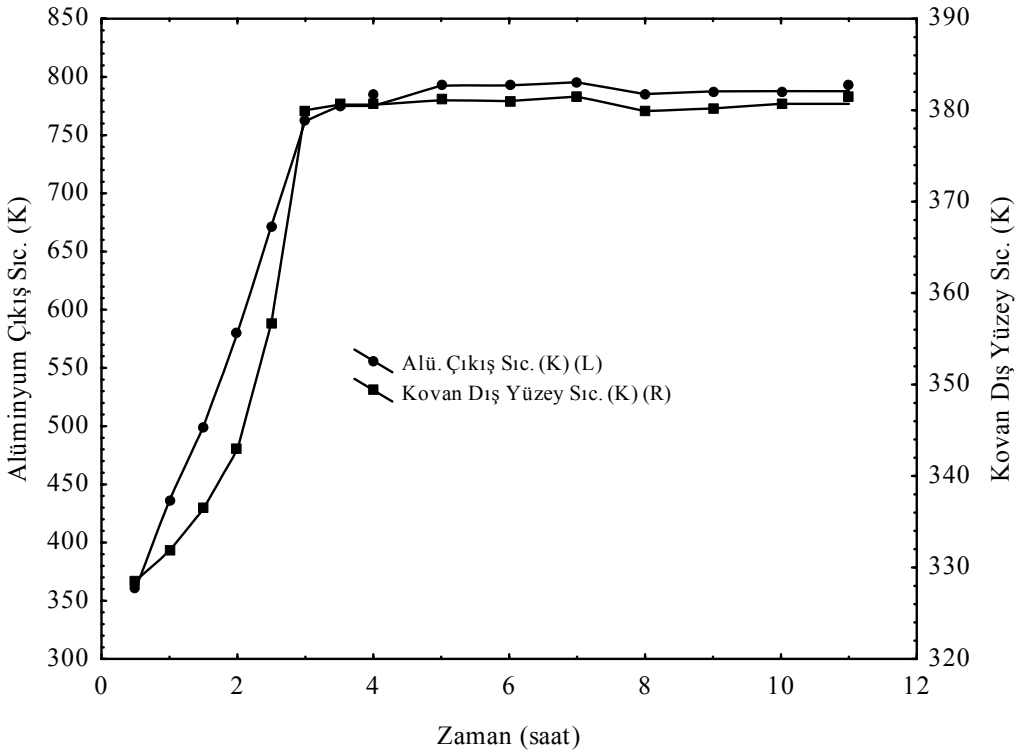


Şekil 4.2. Biyet Isıtma Fırını ve Alüminyum Biyetin Sıcaklıklarının Zamana Göre Değişimi.

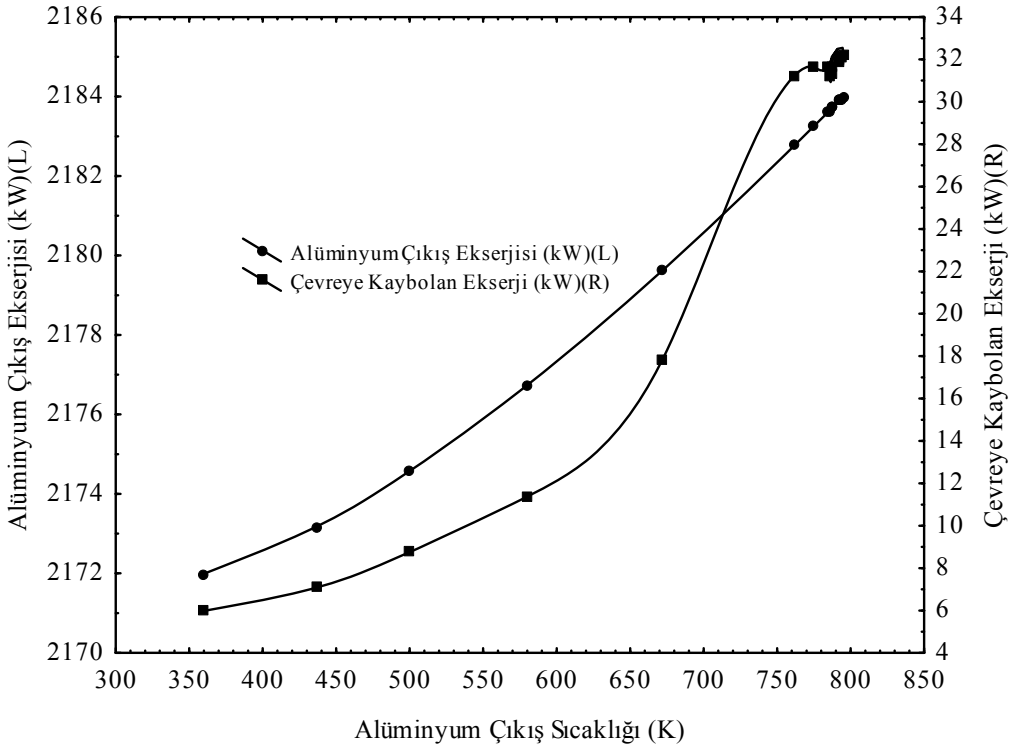


Şekil 4.3. Baca Gazı Ekserji Yıkımı ve Alüminyumun Çıkış Koşullarının Zamana Göre Değişimi.

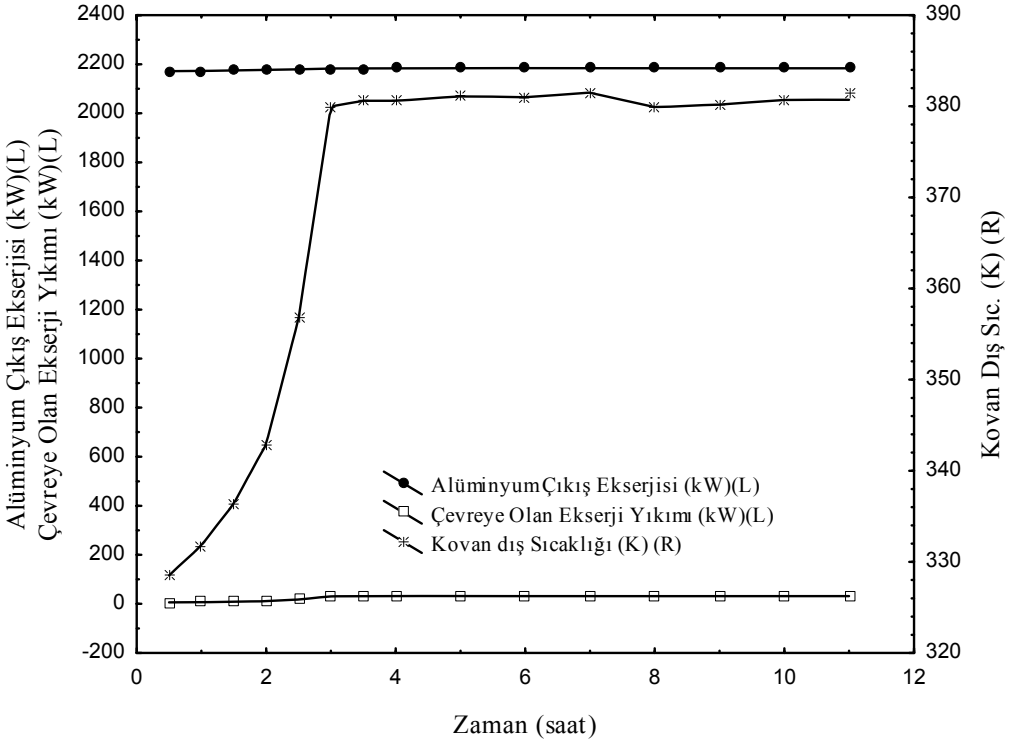
4.2. Kovan için Bulgular



Şekil 4.4. Alü. Çıkış Sıc. ve Kovan Dış Yüzey Sıcaklığının Zamana Göre Değişimi.

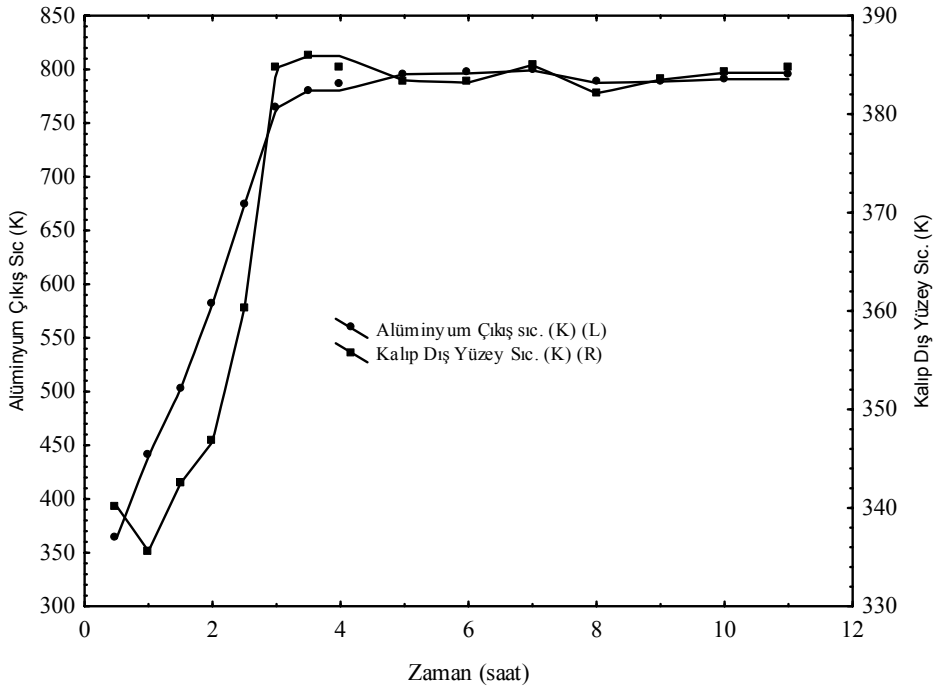


Şekil 4.5. Alüminyum Çıkış Ekserjisinin ve Çevreye Olan Ekserji Yıkımının Sıcaklığa Göre Değişimi.

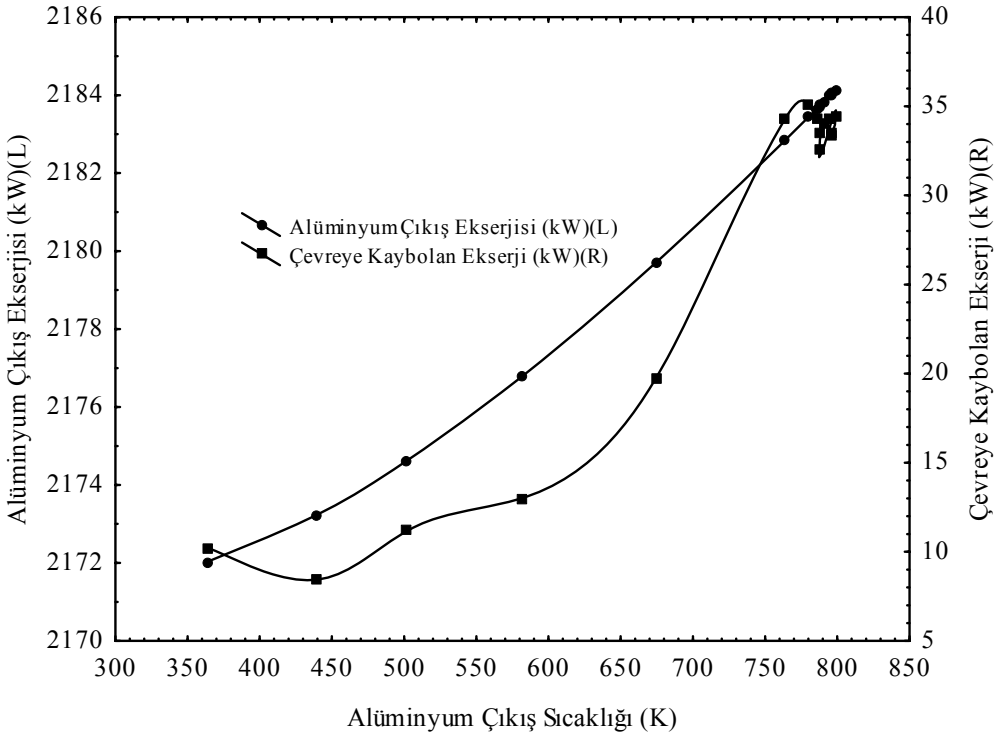


Şekil 4.6. Alüminyum Çıkış Ekserjisinin, Çevreye Olan Ekserji Yıkımının ve Kovan Yüzey Sıcaklığının Zamana Göre Değişimi.

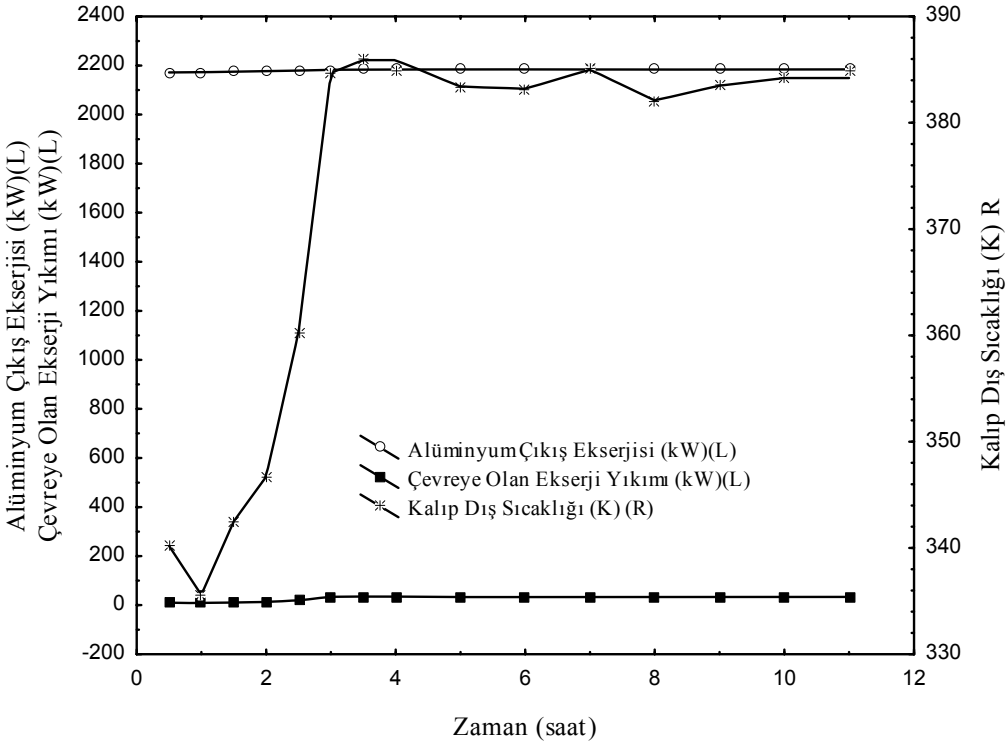
4.3. Kalıp Grubu için Bulgular:



Şekil 4.7. Alüminyum Çıkış ve Kalıp Grubu Yüzey Sıcaklıklarının Zamana Göre Değişimi.



Şekil 4.8. Alüminyum Çıkış Ekserjisi ve Çevreye Ekserji Yıkımının Alü. Sıcaklığına Göre Değişimi.



Şekil 4.9. Alüminyum Çıkış Ekserjisinin, Çevreye Olan Ekserji Yıkımının ve Kalıp Yüzey Sıcaklığının Zamana Göre Değişimi.

5. BÖLÜM

TARTIŞMA

5.1. Kontrol Hacimleri ile İlgili Tartışmalar

5.1.1. Biyet Isıtma Fırını Üzerine Tartışma

Biyet ısıtma fırını kontrol hacminin ekserji analizi, daha önce verilen (3.1-3.9) denklemleri yardımıyla hesaplanmıştır. Biyet ısıtma fırını kontrol hacminde, alüminyum biyet belirli bir fiziksel koşuldan diğer bir fiziksel koşula gelmekte ve kimyasal hiçbir reaksiyon olmamaktadır. Bu kontrol hacminde ekserji yıkımı açısından en önemli değişken baca gazı ekserjisidir. Baca gazının debi değeri 3.18 denklemiyle bulunmuştur; baca gazının ortalama sıcaklığı da 3.16 denklemi ve grafikler yardımıyla hesaplanmıştır. Baca gazının kimyasal ekserjisi ise içerdiği gazların mol oranları yardımıyla Şekil 4.1'de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.

Ayrıca, alüminyumun fiziksel ekserjisinin hesaplanmasında alümiyum biyetin ortalama özgül ısısına ihtiyaç vardır. AA6063 alaşımında %99.5 oranında alüminyum olması sebebiyle bu alaşımın saf alüminyum özelliğini gösterdiği kabulü ile alüminyum biyetin özgül ısısı 0.897 kJ/kg K olarak alınmıştır [24].

Verilen denklemlere ve değişkenlere göre yapılan analiz sonrası Şekil 4.2'de yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 4.2'de yer alan grafikte 11 saatlik zaman diliminde alınan 15 ayrı ölçüm sonrası ortaya çıkan sıcaklık dağılımı yer almaktadır. Sistem 3.5 saat sonra dengeye gelmektedir. Alüminyum biyetin ve biyet ısıtma fırınının sıcaklıklarının paralel bir seyir izlemesi

beklenen bir sonuçtur; alüminyum biyet Şekil 3.4'te görüldüğü üzere biyet ısıtma fırınına girmekte ve istenilen sıcaklığa ulaşıncaya kadar biyet ısıtma fırını içinde yer alan konveyörler yardımıyla fırın çıkışına kadar ilerlemektedir [18].

Sistem dengeye geldiğinde biyet ısıtma fırını sıcaklığı ortalama 790˚K iken, biyet sıcaklığı ortalama 780˚K olarak saptanmıştır. Bu sıcaklık alüminyum ekstrüzyonu için ideal imalat sıcaklığıdır ve alüminyum katı eriyik haline ulaşmaktadır [14].

Bacadan olan ekserji yıkımının hesaplanmasında 3.8 denklemi göz önüne alınarak:

$$Ex_{ç}^{Q(bg)} = Ex_{fiziksel}^{Q(bg)} + Ex_{kimyasal}^{Q(bg)} \quad [12] \tag{4.1}$$

$$Ex_{ç}^{Q(bg)} = \dot{m}_{bg} c_{p,bg} \left(T_{bg} - T_{çevre}\right)\left(1 - \frac{T_{çevre}}{T_{bg}}\right) + \dot{m}_{bg} ex_{bg} \quad [29]. \tag{4.2}$$

4.1 ve 4.2 denklemlerine göre 11 saatlik dilimde yapılan ayrı ayrı 15 hesaplama sonucunda baca gazının ortalama özgül ısı ve ortalama sıcaklık değeri kullanılması kabulü ile baca gazından olan ekserji yıkımı sabit bir değer olan 101.0 kW olarak bulunmuştur. Baca gazının özgül ısı ve sıcaklığının ortalama olarak alınmasının sebebi baca gazının sürekli ve fazla değişken olmayan koşullarda oluşmasıdır [30].

Sistemdeki ana değişken alüminyum biyetin sıcaklığı ve ekserjisidir. Alüminyum biyetin toplam ekserjisinin paralel bir seyirde olmasının sebebi kimyasal ekserjisinin fiziksel ekserjisine oranla çok yüksek değerlerde olmasıdır. Alüminyum biyetin giriş ve çıkış fiziksel ekserjilerinin arasındaki ortalama fark 13kW'dır ve bu 45 kg'lık bir alüminyum biyet için makul bir ekserji artışıdır. Alüminyum biyet ortam sıcaklığından alınıp yaklaşık 780˚K'e çıkarılmaktadır ve bu işlem sırasında- biyet ısıtma fırını tamamen yalıtımlı olduğu için [16] çevreye biyet ısıtma fırınından taşınım yoluyla ekserji kaybı olmadığı, sistemin adyabatik olduğu varsayılmıştır.

5.1.2. Kovan Üzerine Tartışmalar

Kovan kontrol hacmi, biyet ısıtma fırınına göre daha basit yapıda olan ve ısı geçişi yoluyla herhangi bir ekserji girişi olmayan bir sistemdir. Ancak, bu sistemde dış kısımda herhangi bir yalıtım olmaması sebebiyle taşınım yoluyla ekserji yıkımı söz konusudur. Ayrıca kovan çevresini çevreleyen elektriksel dirençlerin ve alüminyum biyeti kovan içinde iten pistonun sağladığı ekserji, sisteme giren işi oluşturmaktadır.

Sisteme giren piston işine ait hesaplama 3.21 denklemiyle yapılmıştır; bu değer sistemin çalışması süresince sabittir.

Kovanın dış yüzeyinden taşınım yoluyla çevre ortama verilen ekserji miktarının hesabı 3.22 ve 3.23 denklemleriyle yapılmıştır. Bu değerler 11 saatlik dilimde yapılan 15 ayrı hesaplamayla tablolar halinde oluşturulmuştur ve zamana göre değişen sıcaklıkla beraber artış göstermektedir.

Şekil 4.5 ve 4.6'da görüldüğü üzere kovan dış sıcaklığının artışıyla beraber çevreye olan ekserji yıkımı da artmaktadır. Taşınım yoluyla çevreye olan ekserji yıkımı zamanla 6 kW'dan 32.1 kW değerine kadar kovan yüzey sıcaklığıyla çevre sıcaklığı arasındaki farkın büyüklüğüne bağlı olarak artmaktadır.

Alüminyum biyetin kimyasal ekserjisi girişte ve çıkışta aynı değerde olup sıcaklıktan bağımsız olarak [3] 45 kg'lık biyet için 2171.6 kW değerindedir. Alüminyum ekstrüzyon prosesinde- amaç biyetin sıcaklığının artırılması olduğu için- alüminyum biyetin kimyasal ekserjisinden çok fiziksel ekserjisindeki değişim önemlidir. Alüminyum biyetin fiziksel ekserjisindeki değişim ortalama olarak 0.3 kW gibi düşük bir değerdedir. Bunun sebebi alüminyum biyetin sıcaklığında kovan kontrol hacmi boyunca farklılık oluşturacak bir değişiklik olmamasıdır. Taşınım yoluyla olan ekserji yıkımı ve buna ilave olarak piston ve elektriksel direnç işlerinin kontrol hacmine sağladığı ekserjiyle, alüminyumun fiziksel ekserjisi arasında kıyas yapılacak olursa sistemdeki tersinmezliğin boyutu daha kolayca anlaşılabilir.

5.1.3. Kalıp Grubu Üzerine Tartışmalar

Kalıp grubu kontrol hacmi, incelenen üç hacim içinde en basit yapıda olan kontrol hacmidir. Kalıp grubunda, dışarıdan sisteme giren ekserji olarak sadece kalıp grubunu çevreleyen elektriksel dirençlerin sağladığı iş bulunmaktadır. Kontrol hacmine bunun dışında ısı geçişi yoluyla veya kimyasal tepkime yoluyla herhangi bir ekserji girişi söz konusu değildir [12].

Çıkan ekserji olarak ise son ürün olan alüminyum profilin kimyasal ve fiziksel ekserjileri toplamı ve kalıp grubunun yüzeyinden çevreye taşınım yoluyla olan ekserji yıkımı ifadeleri yer almaktadır. Bu durumda kontrol hacminde tersinmezliği oluşturan ana unsurun kalıp grubu yüzeyinden çevreye olan ekserji yıkımı olduğu görülmektedir [13]. Bu ekserji yıkımının hesabı için dah önce belirtilen 3.24 ve 3.25 denklemleri 11 saatlik dilimde 15 ayrı noktadaki değerlere göre hesaplanmış ve ilgili analiz sonuçları Şekil 4.7- 4.8- 4.9'da grafiklere aktarılmıştır.

5.2. Ekserji Geri Kazanımı

5.2.1. Kontrol Hacimleri Ekserji Yıkımı ve Verimleri

Bu bölümde, analizi yapılan kontrol hacimlerinin birer birer ekserji yıkımları ve ekserjetik verim değerleri incelenecek; sistemde kullanılan enerjinin kullanılabilirliğinin yani ekserjisinin maksimum olması için neler yapılması gerektiği üzerinde durulacaktır.

5.2.1.1. Ekserjetik Verim

Ekserji analizinde incelenecek ve değerlendirme konusunda ele alınacak son kısım verimdir. Ekserji hesaplamalarında üç ayrı verim hesaplama yöntemi kullanılabilir:

- Ekserji verimi hesaplamalarında kullanılabilecek birinci yöntem, kontrol hacminden çıkan toplam ekserji miktarının, kontrol hacmine giren toplam ekserji miktarına oranıdır [22]:

$$\eta_{Ex} = \frac{Ex_{ç}}{Ex_{g}} \tag{5.1}$$

- Diğer bir yöntem, toplam ekserji yıkımı ifadesi üzerinden gidilerek hesaplanır [22]:

$$I = \sum Ex_{g} - \sum Ex_{ç} \text{ ve} \tag{5.2}$$

$$\eta_{Ex} = 1 - \frac{I}{Ex_{g}} \tag{5.3}$$

- Ekserjetik verimin hesaplanmasında en doğru yöntem proses sonucunda elde edilen faydalı ürünün toplam ekserjisinin prosese giren toplam ekserjiye oranı olarak ifade edilebilir [31]:

$Ex_{fü}$: Faydalı Ürün Ekserjisi

$$\eta_{Ex} = \frac{Ex_{fü}}{\sum Ex_{g}} \tag{5.4}$$

5.2.1.2. Biyet Isıtma Fırını Ekserji Yıkımı ve Verimi

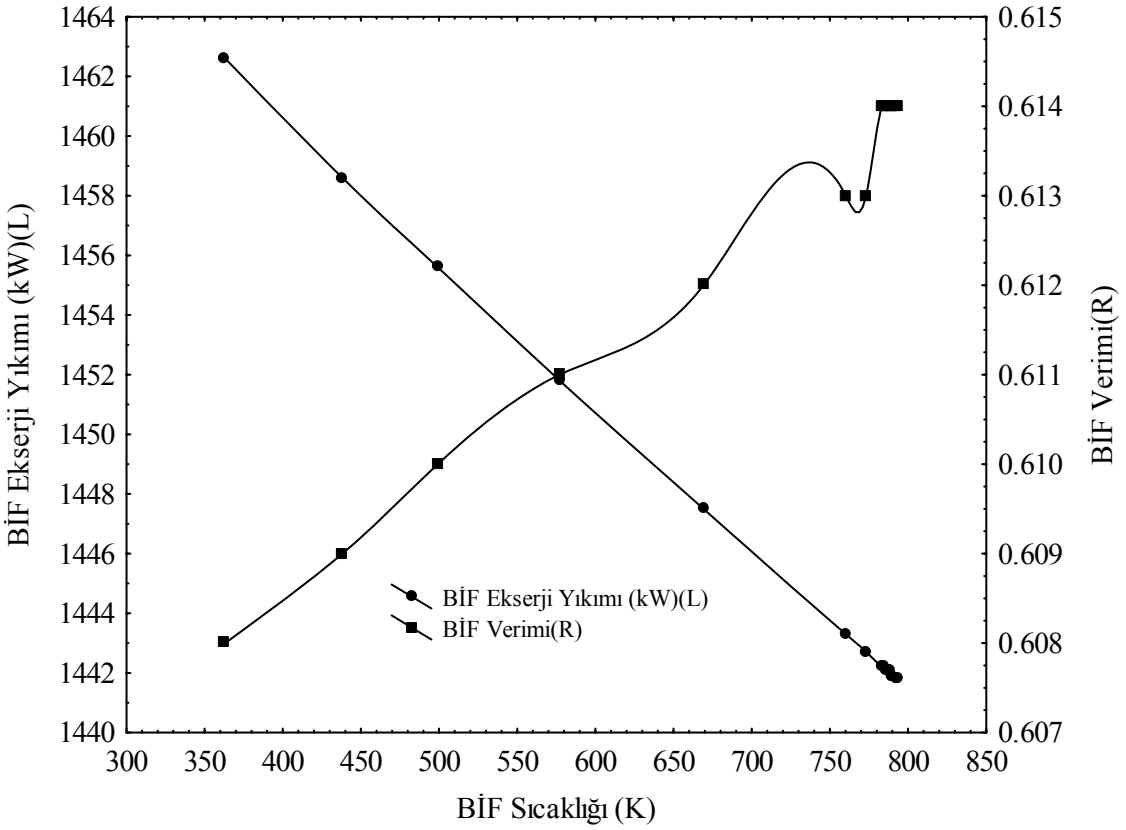
Biyet ısıtma fırını kontrol hacminde giren ekserji, çıkan ekserji, kaybolan ekserji ve ekserji yıkımının toplamına eşittir [31]:

$$Ex_{g} = Ex_{ç} + Ex_{L} + Ex_{D} \tag{5.5}$$
$$\uparrow \quad \uparrow \quad \downarrow$$

Yapılan analiz sonucu, giren ekserji sabitken çıkan ekserjinin yani faydalı ürün ekserjisinin ve ısı geçişi yoluyla kaybolan ekserjinin artış gösterdiği saptanmıştır. Çıkan ekserjinin ve kaybolan ekserjinin artış göstermesi sonucu tersinmez ekserji yıkımının azaldığı gözlenmiştir.

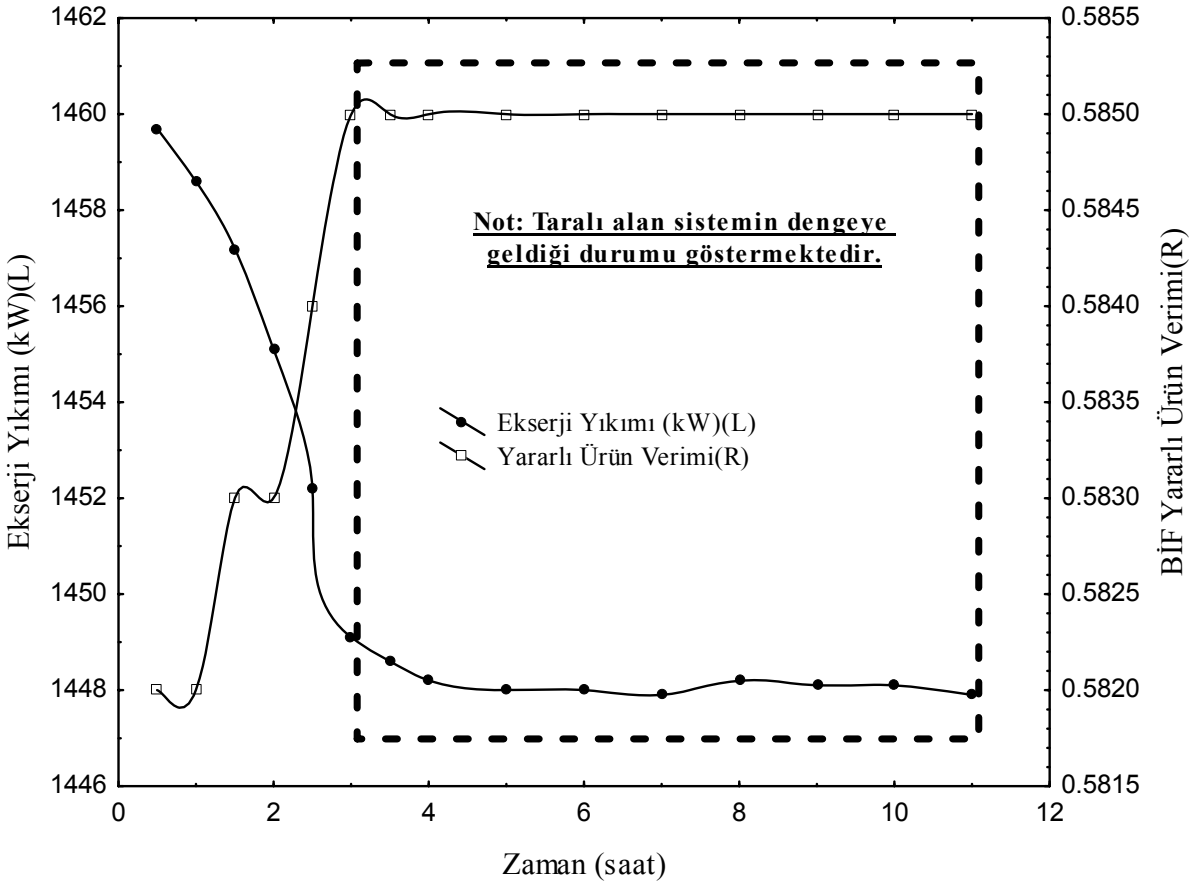
Ekserji yıkımının azalmasının sonucu olarak ekserjetik verimde sistem dengeye ulaşmaya başladıkça bir artış oluşmuştur. Verimdeki artış sistemin dengeye gelerek faydalı ürün

ekserjisinin istenen seviyeye gelmesine de bağlanabilir. Bu çalışmada incelenen üç ana kontrol hacminden en düşük verim oranına sahip olan kontrol hacmi biyet ısıtma fırınıdır. Bunun başlıca sebebi oluşan sıcaklık farklarının fazla olması ve doğalgaz yanma işlemi sonrası bacadan olan ekserji kaybıdır.



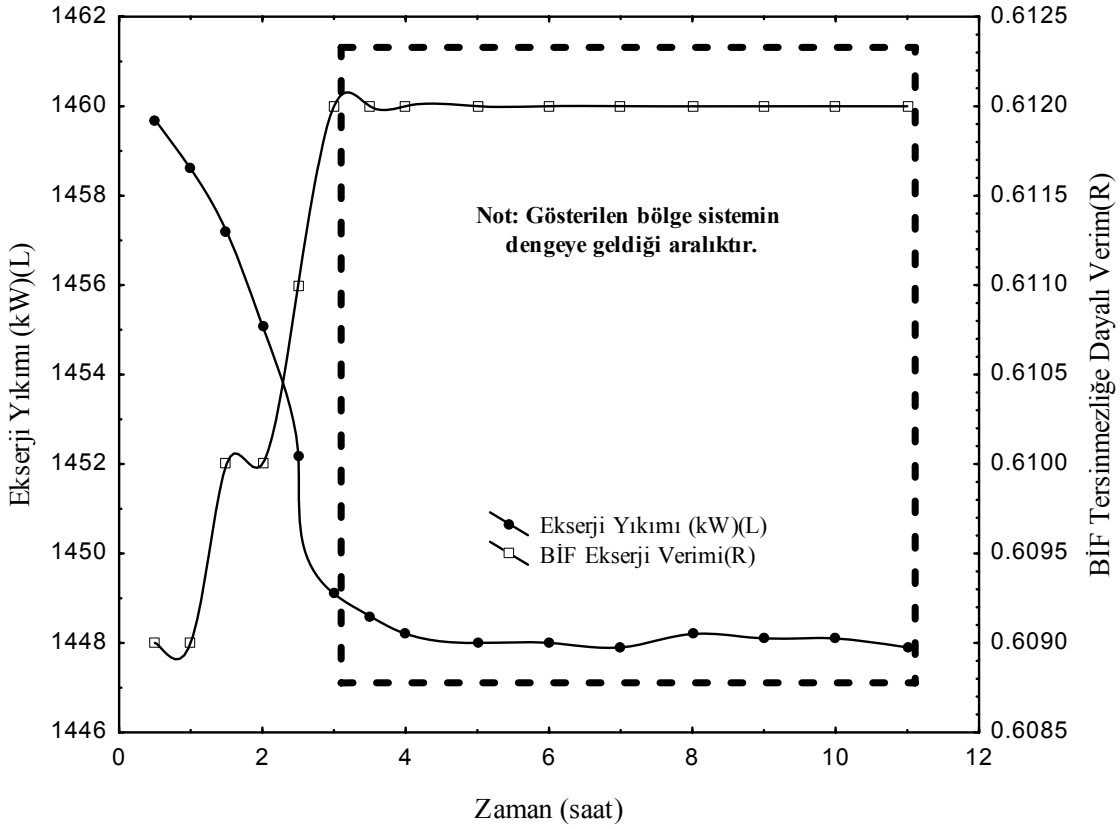
Şekil 5.1. Biyet Isıtma Fırını Sıcaklığına Göre BİF Ekserji Verimi ve BİF Ekserji Yıkımı.

Şekil 5.1'de yer alan grafikte ifade edilen ekserji yıkımı biyet ısıtma fırını sıcaklığı arttıkça azalmakta, sistem dengeye gelmektedir. Bunun sonucu olarak, tersinmeliklerin azalmasıyla ekserji verimi başlangıçta %60.7 seviyelerindeyken %61.4 seviyelerine kadar artmaktadır. Biyet ısıtma fırınındaki verimde saptanan bu artışın azlığı alüminyumun fiziksel ekserjisinin kimyasal ekserjisine oranla düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.2. Zamana Göre BİF Faydalı Ürün Ekserji Verimi ve BİF Ekserji Yıkımı.

Şekil 5.2 daha önce bahsedilen faydalı ürün verimine ilişkin ekserji verimini ve ekserji yıkımını ifade eden grafiktir. Görüldüğü üzere 3. saatten sonra sistem dengeye gelmeye başlamış ve ekserji yıkımıyla beraber verim eğrisi yatay bir seyir izlemeye başlamıştır. Faydalı ürün verimi ekserji analizinde en gerçekçi verim tanımlaması olup, proses sonucunda elde edilmek istenen ürünün ekserjisinin proses boyunca bu ürünü elde etmek için harcanılan toplam ekserji değerine oranı olarak da tanımlanabilir. Faydalı ürün verimi, diğer endüstriyel proseslerin açıklanmasında olduğu gibi alüminyum ekstrüzyon prosesinin açıklnamasında da en etkin yöntemdir [20]. Bir önceki çıkan ekserji veriminin giren ekserji verimine oranıyla bulunan verimin faydalı ürün verimine göre yüksek olmasının sebebi çıkan ekserji ifadesinin içinde baca gazıyla salınan ekserji çıkışının da alüminyum biyetin ekserjisine eklenmesidir. Baca gazıyla salınan ekserji dahil toplam çıkan ekserji ortalama 2280kW iken, faydalı ürün ekserjisi olan alüminyum biyetin toplam ortama çıkış ekserjisi 2179 kW seviyelerindedir. Bu aradaki fark, faydalı ürün ekserji verimiyle genel verim ifadesi arasındaki farkı oluşturmaktadır.

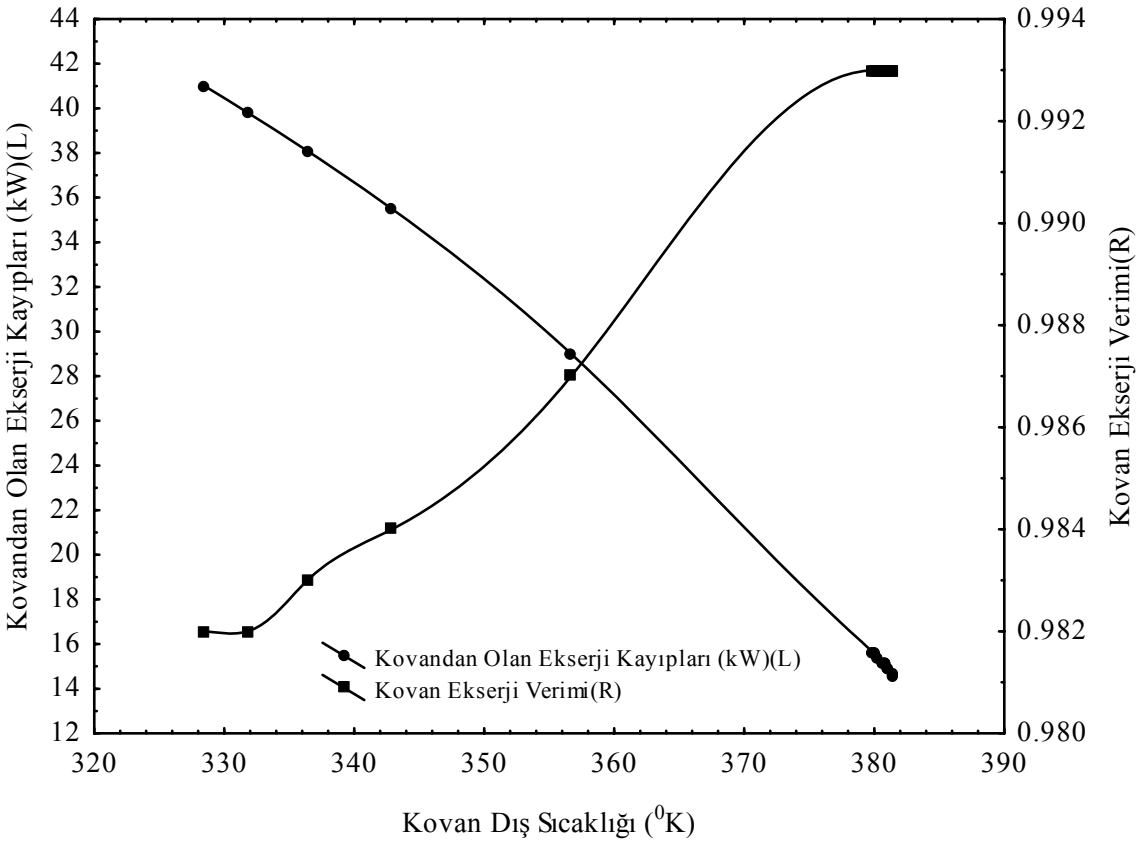


Şekil 5.3. Zamana Göre Tersinmezliğe Dayalı Ekserji Verimi ve BİF Ekserji Yıkımı.

Şekil 5.3'te bulunan grafikte hesaplanan değerler denklem 5.2 ve 5.3'te verilen ifadelere göre bulunmuştur ve bulunan değerler genel ekserji verimindeki değerlere yakındır.

5.2.1.3. Kovan Ekserji Yıkımı ve Verimi

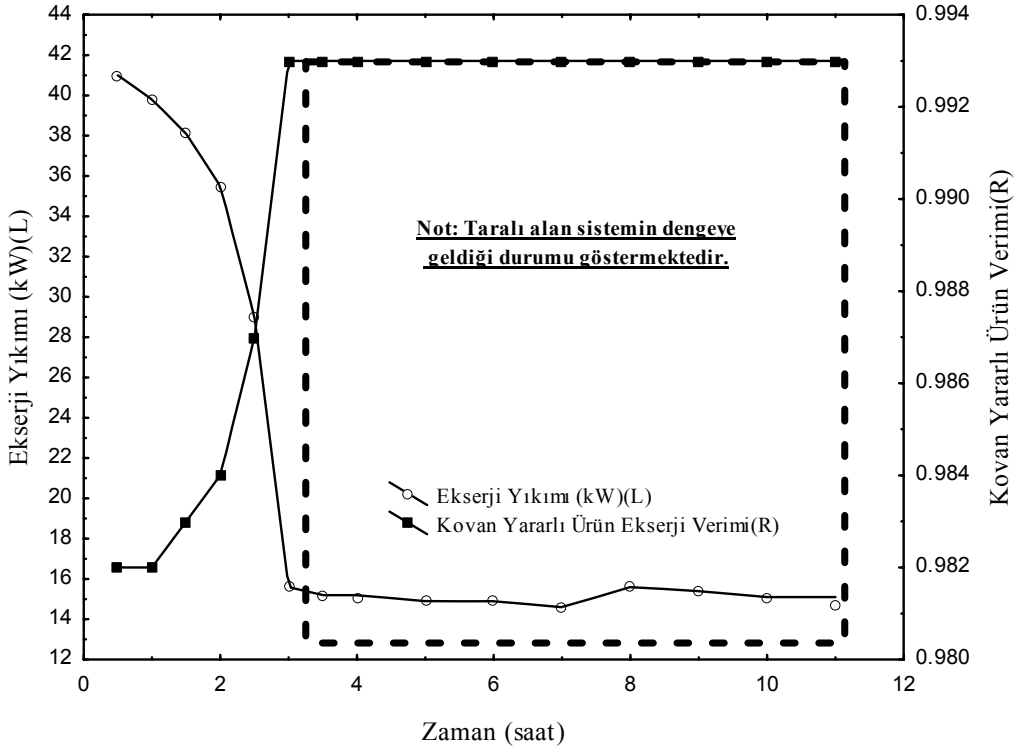
Kovan ekserji yıkımı ve verimi hesaplamalarında da benzer şekilde denklem 5.5'te ifade edildiği gibi zamanla artan kaybolan ekserji ve faydalı ürün ekserjisi karşısında tersinmez reaksiyonların oluşturduğu ekserji yıkımı azalmaktadır. Biyet ısıtma fırınında sabit olan giren ekserji miktarı kovan kontrol hacminde artan değerler gösterse de, faydalı ürün ekserjisi ve kaybolan ekserjideki artış miktarının daha fazla olması sebebiyle sistemdeki tersinmezlikler minimum düzeyde kalmıştır. Kontrol hacmindeki prosesin çok hızlı olması ve çevresel kayıpların çok az miktarlarda olması, kovan ekserji verimlerinin çok yüksek bulunmasına yol açmıştır.



Şekil 5.4. Kovan Yüzey Sıcaklığına Göre Kovandan Olan Ekserji Yıkımı ve Ekserji Verimi.

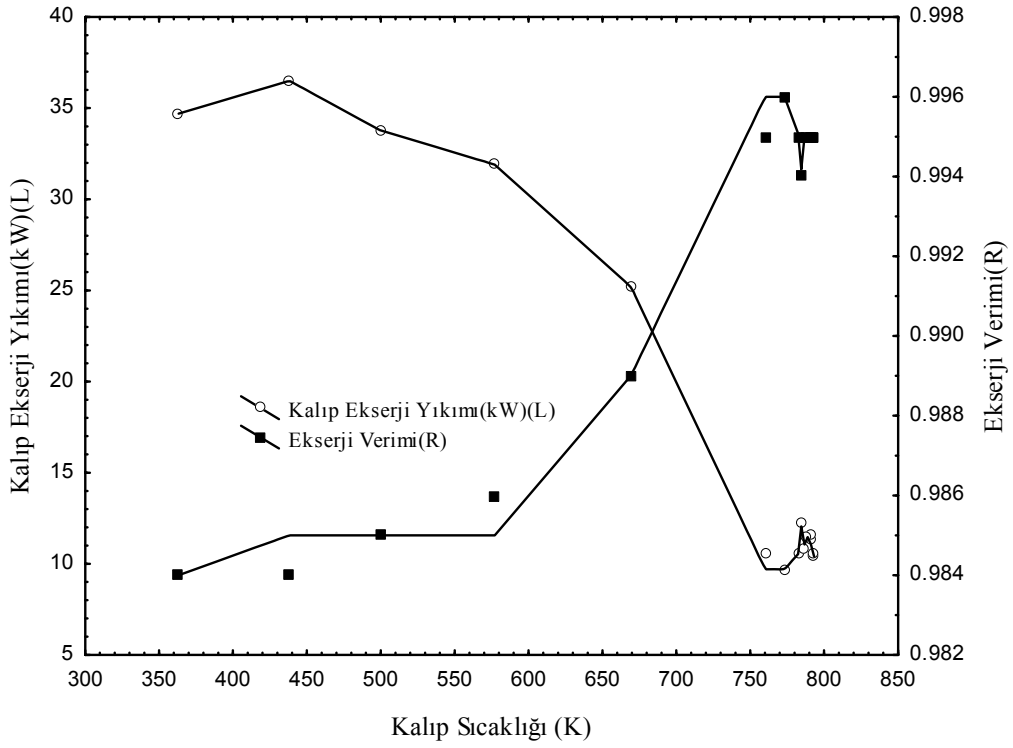
Kovan kontrol hacmine giren alüminyum biyetin prosese hazır sıcaklıkta bulunması ve çıkışta sıcaklığının çok artmaması, kimyasal ekserjisinin sadece kütlesel debisine bağlı olması sebebiyle; alüminyum biyetin giriş ve çıkış ekserjileri arasında 0.1-0.2 kW'lık farklar zaman dilimlerinde oluşmuştur.

Elektriksel dirençlerin ve piston işinin sağlamış olduğu ekserjinin ve çıkışta kovan yüzeyinden taşınım yoluyla çevre ortama salınan ekserjinin toplam giren ve çıkan alüminyum ekserji değerlerine göre çok düşük değerlerde kalması nedeniyle, kontrol hacminde alüminyum akışı dışında ekserji verimine etki eden önemli bir parametre bulunmamaktadır. Alüminyum biyetin toplam ekserjisinin neredeyse sabit kalması da verimin yüksek değerlerde olmasını sağlamıştır.



Şekil 5.5. Zamana Göre Kovandan Olan Ekserji Yıkımı ve Faydalı Ürün Ekserii Verimi.

5.2.1.4. Kalıp Grubu Ekserji Yıkımı ve Verimi

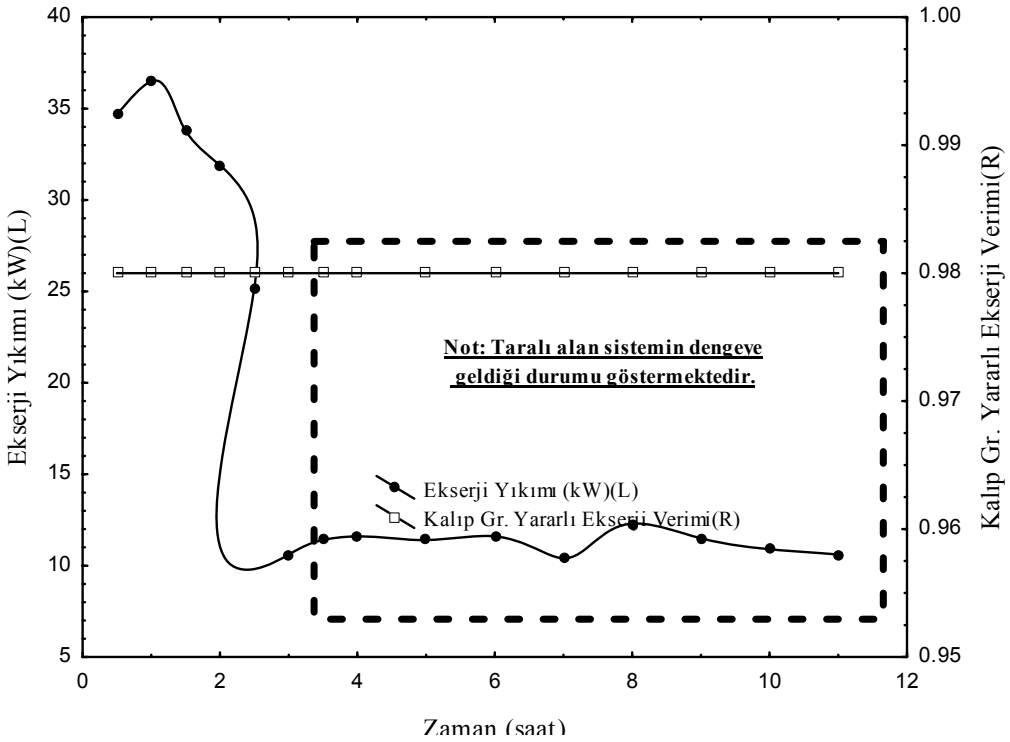


Şekil 5.6. Kalıp Yüzey Sıcaklığına Göre Kalıptan Olan Ekserji Yıkımı ve Ekserji Verimi.

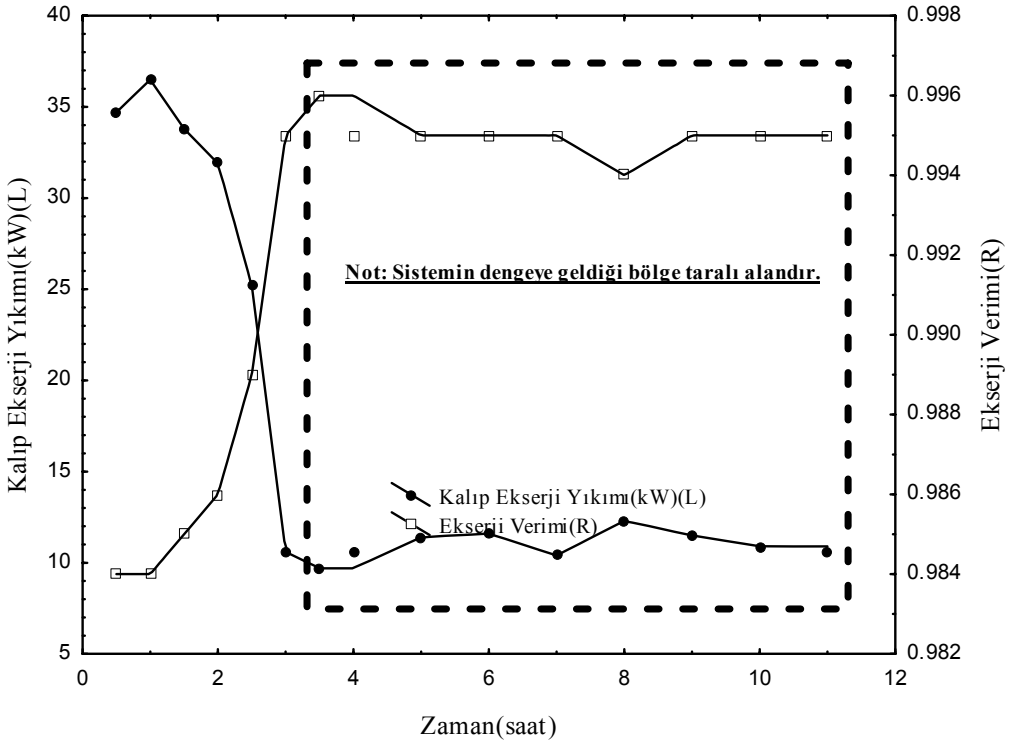
Kalıp grubu kontrol hacmi, proses içinde en küçük ve alüminyum akışının en hızlı olduğu hacimdir [12]. Giren alüminyum kütlesine ve toplam ekserjisine oranla çevre ortama ısı geçişi yoluyla salınan ekserji oranı ve elektriksel dirençlerle sisteme sağlanan ekserji miktarı çok düşük olan bu kontrol hacminde verimin en yüksek mertebede olması beklentisi karşılanmış ve analizlerde ortaya çıkmıştır.

Kalıp grubunda verimin yüksek çıkmasının bir sebebi de ısı kaybının yaşandığı kalıp yüzey alanının küçük olmasıdır. Ayrıca, ufak boyutları sebebiyle alüminyum biyetin kalıp grubuna girip çıkması kovana göre kısa sürmektedir [12]. Bu şekilde 45kg'lık bir alüminyum biyet için birim zamanda harcanan elektriksel direnç ekserjisi ve kontrol hacminden çevre ortama birim zamanda verilen ekserji miktarı düşük olmaktadır.

Şekil 5.5'de 750˚K ve üzerindeki sıcaklık değerlerinde grafikte bir yoğunlaşma olduğu görülmektedir; bu durum belirtilen sıcaklığın üzerinde sistemin tam anlamıyla dengeye ulaştığını göstermektedir. Verim başlangıçtan itibaren sürekli olarak %99'un üzerinde değişen oranlarda seyretmektedir. Alüminyum biyetin sıcaklığında giriş ile çıkış arasında farkedilemeyecek kadar az bir farkın olmasından dolayı verim bu rakamlara ulaşmıştır ve sistem dengeye geldikçe verimdeki artış devam etmiştir.



Şekil 5.7. Zamana Göre Kalıptan Olan Ekserji Yıkımı ve Faydalı Ürün Ekserji Verimi.



Şekil 5.8. Zamana Göre Kalıptan Olan Ekserji Yıkımı ve Ekserji Verimi.

TOPLAM EKSERJİ YIKIMI HESABI				
Zaman Aralığı(h)	**BİF TOPLAM EKSERJİ YIKIMI (kW)**	**KOVAN TOPLAM EKSERJİ YIKIMI (kW)**	**KALIP GR. TOPLAM EKSERJİ YIKIMI (kW)**	**SİSTEM TOPLAM EKSERJİ YIKIMI (kW)**
0,5	101.0	6.0	10.2	**117.2**
1,0	101.0	7.1	8.4	**116.5**
1,5	101.0	8.7	11.2	**120.9**
2,0	101.0	11.4	13.0	**125.4**
2,5	101.0	17.8	19.7	**138.5**
3,0	101.0	31.2	34.3	**166.5**
3,5	101.0	31.6	35.1	**167.7**
4,0	101.0	31.7	34.4	**167.1**
5,0	101.0	32.0	33.4	**166.4**
6,0	101.0	31.9	33.3	**166.2**
7,0	101.0	32.2	34.5	**167.7**
8,0	101.0	31.2	32.6	**164.8**
9,0	101.0	31.4	33.5	**165.9**
10,0	101.0	31.7	34.0	**166.7**
11,0	101.0	32.1	34.4	**167.5**
Ortalama Miktarlar:	**101.0**	**24.5**	**26.8**	**152.3**
Oranlar:	**0.66**	**0.16**	**0.18**	

Tablo 5.1. Zamana Göre Sistemdeki Ekserji Yıkımı ve Yüzdeleri.

Bu veriler ışığında tüm sistem göz önüne alındığında 11 saatlik dilimde yapılan ayrı hesaplamaların ortalamasına göre, en çok ekserji yıkımının ve tersinmezliğin oluştuğu kontrol hacmi biyet ısıtma fırınıdır. Yapılan analize göre yukarıdaki tabloda yer alan verilere ulaşılmıştır.

5.2.2. Sistem Faydalı Ürün Ekserji Verimi ve Ekserji Yıkımı

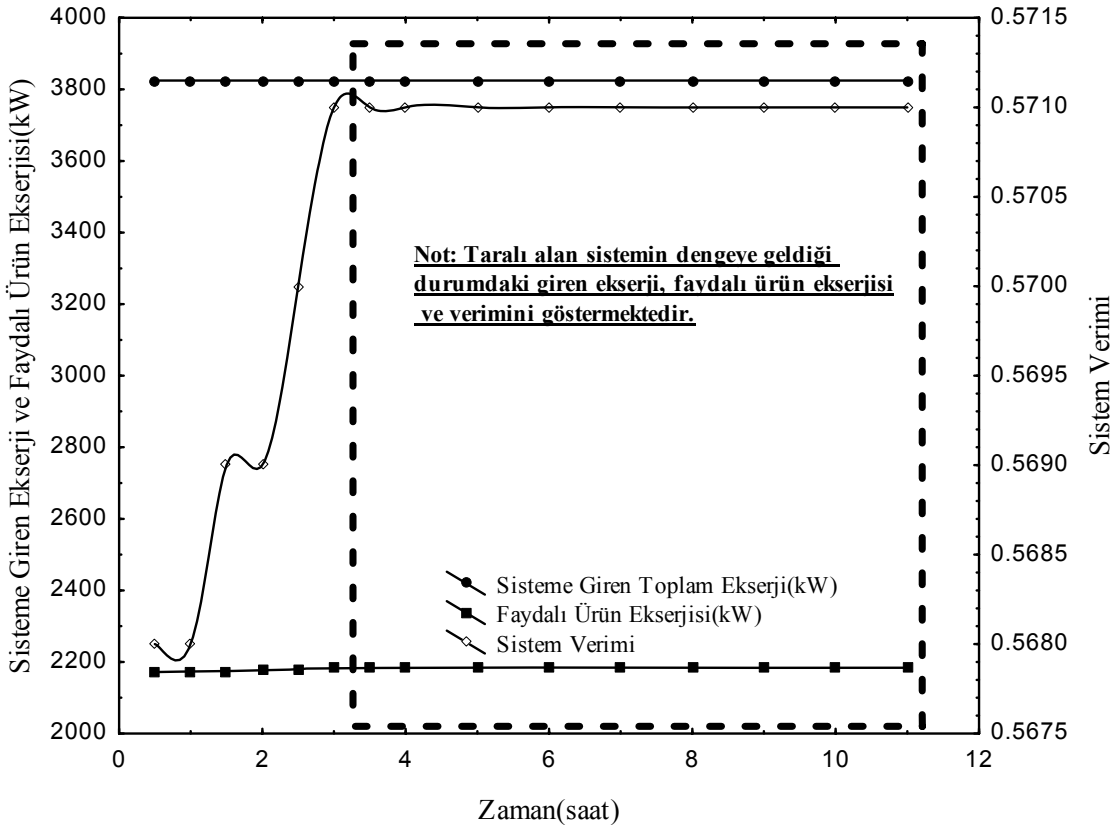
Çalışmanın büyük bir kısmında prosesi tanımlayan sistemin alt grupları olan kontrol hacimleri incelenmiştir. Tablo 5.1'de verilen veriler sistem geneli için ekserji yıkımını ifade etmektedir. Görüldüğü gibi sistemde oluşan ekserji yıkımının büyük kısmı verimi en düşük olan kontrol hacmi yani biyet ısıtma fırınında gerçekleşmektedir.

Biyet ısıtma fırınının karmaşık yapısı ve doğalgaz yanma işleminin gerçekleşmesi, alüminyum biyetin çevre koşullarından alınarak belirli bir sıcaklığa getirilmesi ve konveyör üzerinde taşınması bu kontrol hacminde oluşan tersnmezliklerin ve kayıpların ana sebebidir. Biyet ısıtma fırınında %60 dolaylarında olan verim, daha basit yapıda olan kovan ve kalıp grubunda %90'ların üzerine çıkmaktadır.

Zaman Aralığı(h)	BİF TOPLAM GİREN EKSERJİ (kW)	KOVAN TOP. GİREN EKSERJİ (kW)	KALIP GR. TOP. GİREN EKSERJİ (kW)	BİF TOP. ELDE EDİLEN EKSERJİ (kW)	KOVAN TOP. ELDE EDİLEN EKSERJİ (kW)	KALIP GR. TOP. ELDE EDİLEN EKSERJİ (kW)	SİSTEM VERİMİ
0,5	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2172.0*	**0.568**
1,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2173.2*	**0.568**
1,5	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2174.6*	**0.569**
2,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2176.8*	**0.569**
2,5	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2179.7*	**0.570**
3,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2182.8*	**0.571**
3,5	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2183.4*	**0.571**
4,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2183.7*	**0.571**
5,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2184.0*	**0.571**
6,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2184.0*	**0.571**
7,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2184.1*	**0.571**
8,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2183.7*	**0.571**
9,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2183.8*	**0.571**
10,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2183.8*	**0.571**
11,0	3732.7	47.0	45	*0.0*	*0.0*	*2184.0*	**0.571**

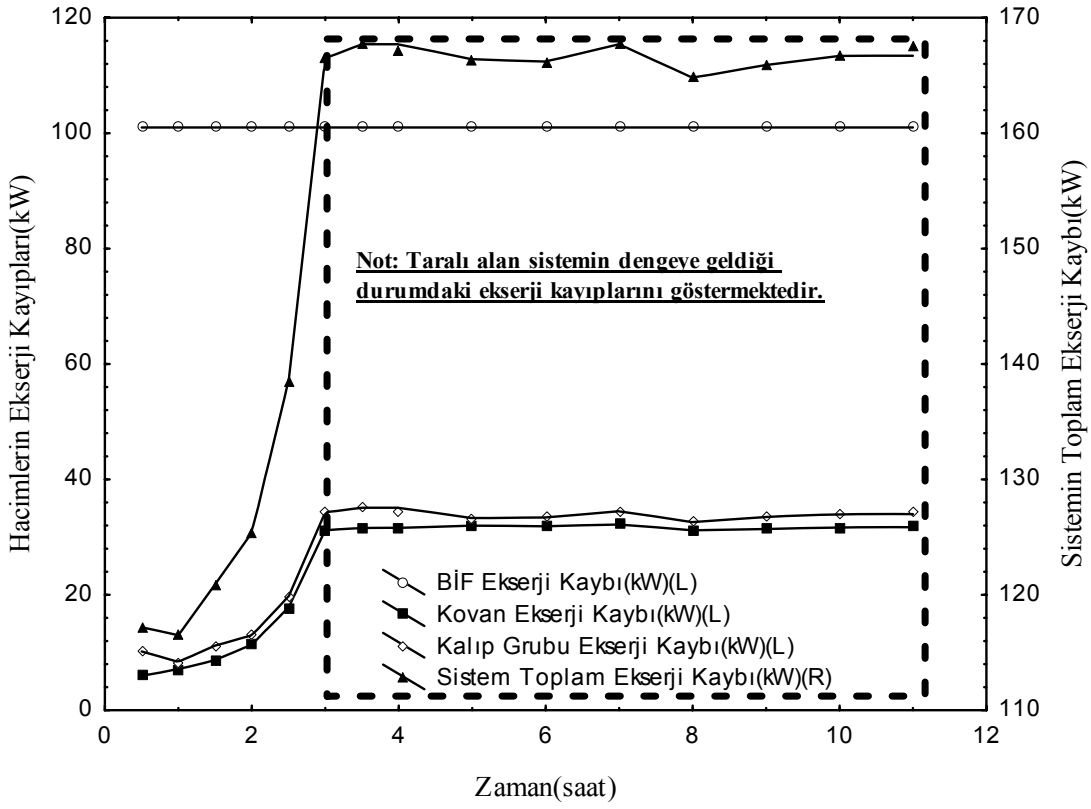
Tablo 5.2. Sistem Verimi ve Genel Ekserji Analizi.

Tablo 5.2'de verilen verilere göre biyet ısıtma fırınında işleyen prosesin sistem genelinde etkin olduğu anlaşılmaktadır. Bu verim hesaplamasında, sisteme giren ekserji olarak alüminyum biyetin çevre koşullarındaki giriş ekserjisi, doğalgazla sisteme giren ekserji, konveyör işiyle, piston işiyle ve elektriksel dirençler yoluyla sisteme giren ekserji değerleri toplanmıştır. Sistemden çıkan faydalı ürün ekserjisi olarak ise çıkıştaki alüminyum profil haline gelmiş alüminyum biyetin çıkış ekserjisi değerlendirilmiştir.



Şekil 5.9. Zamana Göre Sistem Giren Ekserji, Fay. Ü. Ekserjisi ve Ekserji Verimi.

Tabloda detayları verilen sonuçlara göre ise sistemin genel faydalı ürün ekserji verimi dengeye geldiği zaman aralığında yaklaşık %57 olarak saptanmıştır. Sistemin genel verimini artırmak için kovan ve kalıp grubundan çevre ortama ısı geçişi yoluyla kaybedilen ekserjinin ve baca gazı yoluyla biyet ısıtma fırınından atılan ekserji miktarının düşürülmesi ile sistem verimi artırılabilir [13].



Şekil 5.10. Zamana Göre Kontrol Hacimleri Ekserji Kayıpları ve Sistem Toplam Ekserji Kaybı.

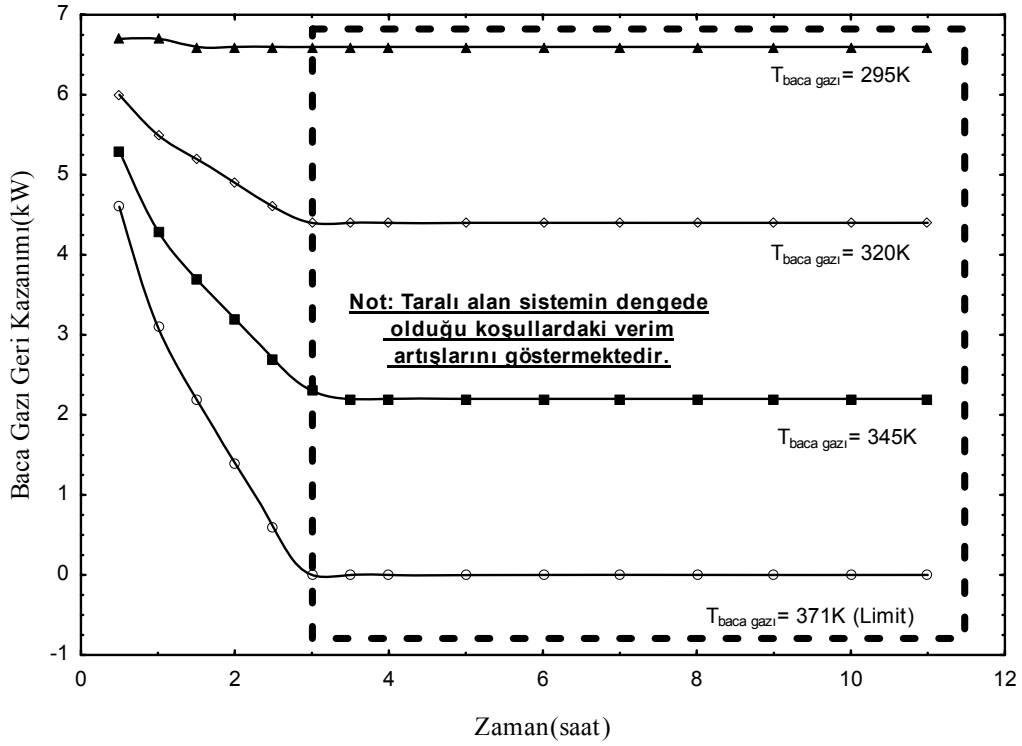
5.2.3. Ekserji Geri Kazanımları ve Sistem İyileştirmesi

Alüminyum ekstrüzyonunda yapılan bu ekserji analizi neticesinde sistem veriminin düşük değerlerde kaldığı gözlenmiştir. Özellikle biyet ısıtma fırınında alüminyum biyetin ekstrüzyona uygun fiziksel şartlara getirilmesi için yapılan işlemlerde ekserji kaybının yüksek mertebelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Benzer şekilde, kovanda ve kalıp grubunda da bir miktar ekserjinin ısı kaybı yoluyla kaybedildiği görülmektedir. Bu bölümde, sistem veriminin artırılması için yapılabilecek işlemler değerlendirilecek ve sistem iyileştirmesi için çözümler sunulacaktır.

5.2.3.1. Baca Gazından Ekserji Geri Kazanımı

Biyet ısıtma fırınında doğalgazın alüminyum biyetin sıcaklığının artırılması için yakılması işlemi sonrasında bir miktar baca gazı salınımı olmakta ve baca gazının atılması sırasında sistemde ekserji kaybı gerçekleşmektedir. Baca gazı, çevre ortama

verilirken içinde bulundurduğu komponentlerin kimyasal ekserjileriyle beraber, bulunduğu sıcaklık bakımından da bir miktar fiziksel ekserjiyi beraberinde taşımakta ve çevre ortama bu ekserjiyi vermektedir [22]. Kaybolan kimyasal ekserjinin geri kazanımı mümkün olmasa da, yüksek sıcaklıkta çıkan baca gazının fiziksel ekserjisinden yararlanmak mümkündür.

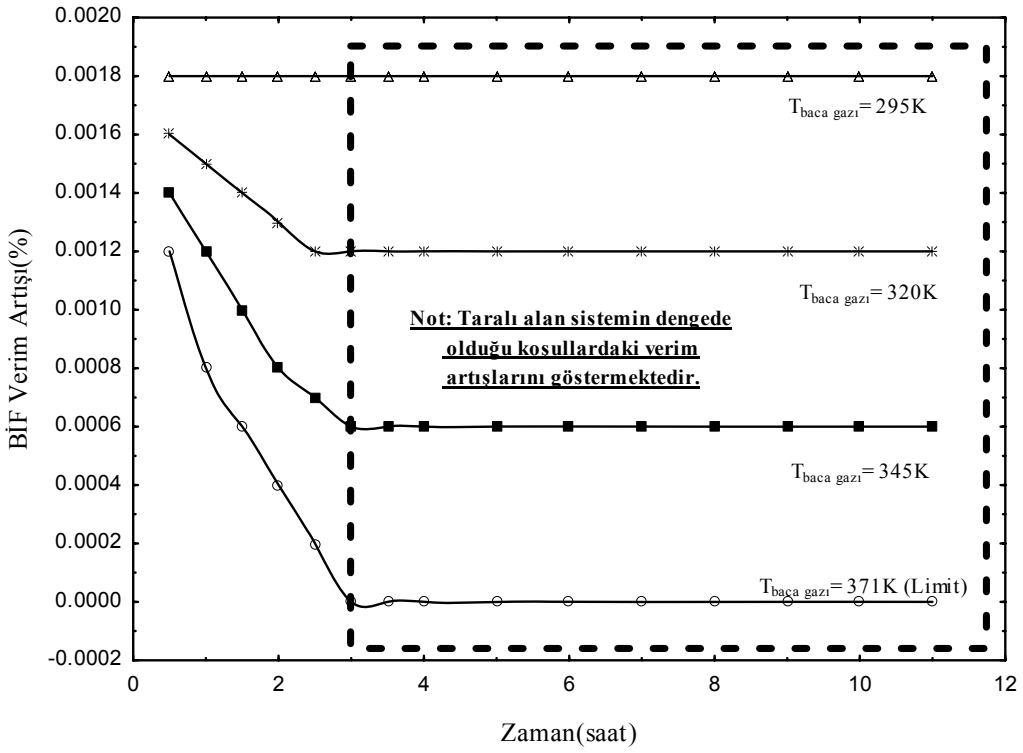


Şekil 5.11. Zamana Göre Değişik Sıcaklık Değerlerinde Baca Gazı Ekserji Geri Kazanımı.

Baca gazından ekserji geri kazanımı elde edebilmek için önerilebilecek sistem bacanın etrafına geri kazanımı sağlayabilecek bir ekonomizer sisteminin yerleştirilmesi ve elde edilen geri kazanılmış ısının değişik amaçlar için kullanılabilir hale getirilmesidir. Bu yolla yüksek sıcaklıktaki baca gazının çıkış sıcaklığı minimize edilerek yoğuşma sağlanacak ve ekserji geri kazanılmış olacaktır [23].

Şekil 5.11 baca gazının değişik sıcaklıklara düşürülmesiyle ne kadar ekserji geri kazanımı sağlanabileceğini içeren analizi yansıtan grafiktir. Baca gazının normal çıkış sıcaklığı ortalama olarak 438.2K'dir. Ekonomizer kullanımı yoluyla bu sıcaklık çevre sıcaklığına yakın düzeylere çekilebilmektedir [23]. Yine hesaplamalarda görülmüştür ki, baca gazından ekonomizer kullanılarak ekserji geri kazanımı yapılabilmesi için üst sıcaklık sınırı 371K'dir ve bu sıcaklığın üzerinde sıcaklıklarda ekonomizerin kurulması-

verim artışı sağlanamadığı için- ekserji geri kazanımı yönünden değersizdir. Bu durum Şekil 5.12 incelendiğinde daha rahat anlaşılacaktır. Sıcaklık 371K'e geldiğinde sistem verimindeki artış sistemin dengeye geldiği zaman aralığında sıfır düzeylerine gelmektedir.

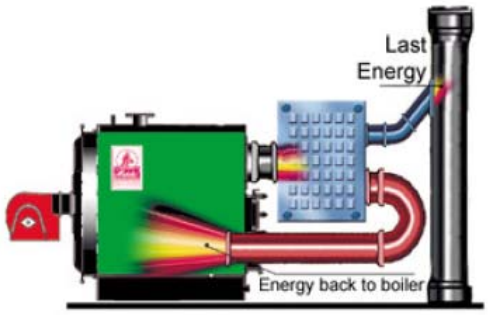


Şekil 5.12. Zamana Göre Değişik Sıcaklık Değerlerinde Sistem Verimindeki Artış.

5.2.3.1.1. Ekonomizer Sistemi

Günümüz rekabet koşulları firmaları maliyeti yüksek olan enerjinin en-üst seviyede korunmasına sevk etmiştir. Özellikle buhar, su ve kızgın yağ kazanlarında oluşan atık baca gazı ile tekstil sektöründe bulunan atık sıcak su enerjilerinden faydalanılmasının üretim maliyetlerine ve ülke ekonomisine katkısı büyüktür. Proses değerleri dikkate alınarak yapılan sistemler kısa sürede kendilerini amorti eder. Ekonomizerler proseslere göre isim alırlar. Atık baca gazı, tekstil sektöründe kullanılan ram makinalarında olduğu gibi atmosfere atılan gazlardan sıcak su ve sıcak hava elde etmek üzere değerlendirilir [19]. Tekstil işletmelerinde olduğu kadar, söz konusu alüminyum ekstrüzyon tesisinde

de ekonomizer kullanımıyla çevre ortama salınan 101 kW'lık ekserjinin büyük bir bölümünden yararlanmak mümkündür.



Şekil 5.13. Endüstriyel Ekonomizer Uygulaması [32].

Şekil 5.13'de söz konusu tesiste kullanılabilecek tarzda bir ekonomizerin şeması yer almaktadır. Baca gazı, bacaya ulaşmadan önce serpantinli ekonomizerden geçmekte ve burdan kazanılan enerji tekrar kazana gönderilmektedir. Biyet ısıtma fırınında kullanılması gereken ekonomizer tipi, sistemin doğalgazlı olması sebebiyle kanatlı borulu ekonomizer olmalıdır. Bu ekonomizer tipi daha ziyade düşük kirliliğe sahip baca gazlarının olduğu uygulamalarda ve sıklıkla doğalgazlı sistemlerde kullanılmaktadır. Sistem düşük basınçlı olacağından düz borulu serpantinlerin kullanılması daha uygundur. Bu tip ekonomizerlerde, ufak hacimlere geniş ısı geçirme yüzeyleri yerleştirilebildiğinden maliyet/kapasite oranları düşüktür [23].

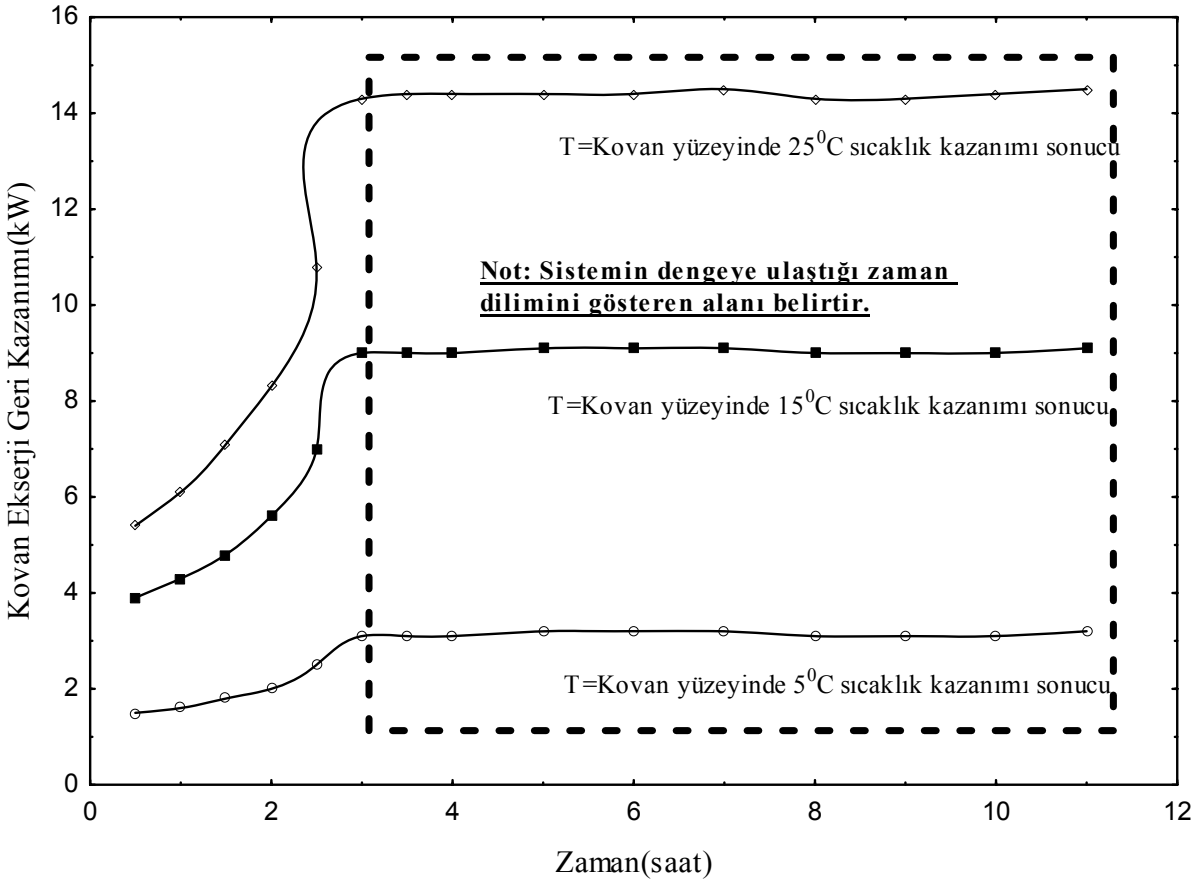


Şekil 5.14. Düz Borulu Kanatlı Ekonomizer [32].

5.2.3.2. Kovandan Ekserji Geri Kazanımı

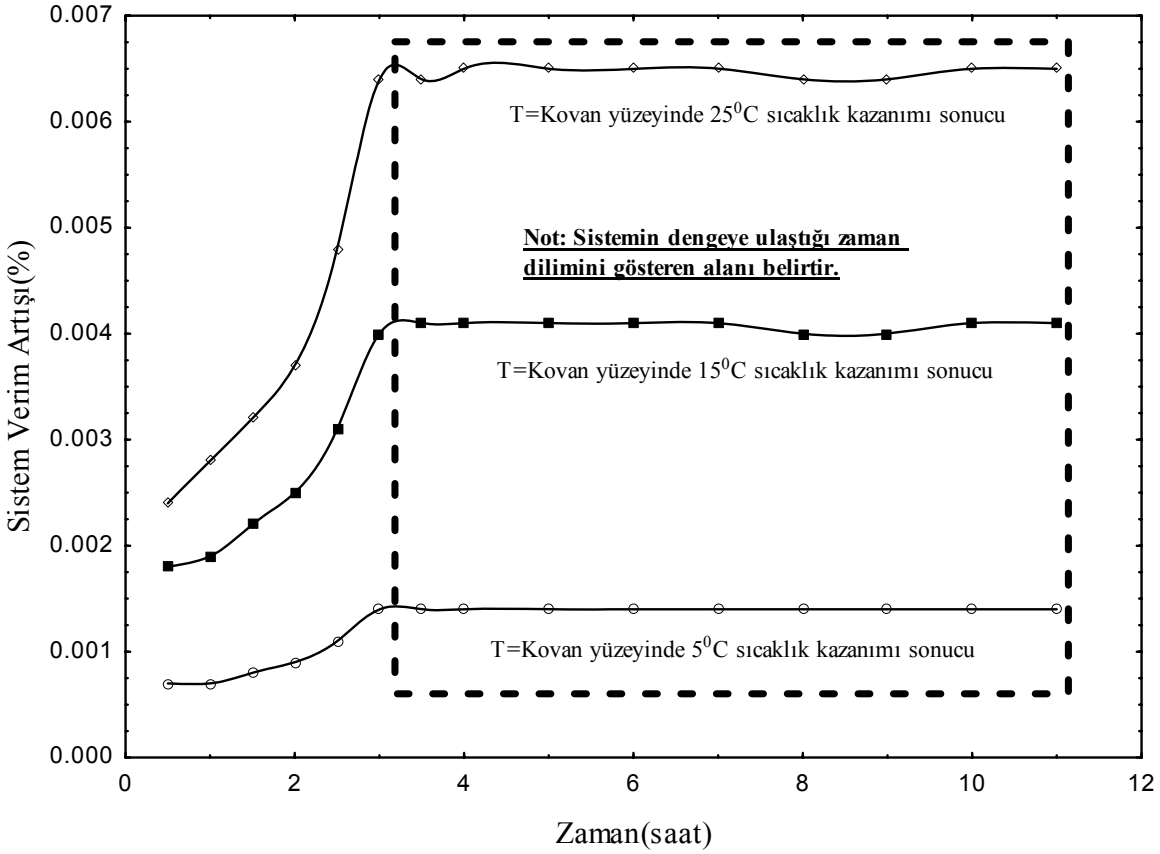
Kovan kontrol hacminde temel ekserji kaybı kovan yüzeyinden ısı geçişi yoluyla çevre ortama olmaktadır. Bu kaybın önlenmesi için kovan çevresine yapılacak yalıtım sonrası ekserji geri kazanımı sağlanabilecek ve sonrasında elektriksel dirençler için daha az enerji harcanacaktır. Kovanda başlangıçta 328.5K olan yüzey sıcaklığı sistem dengeye

ulaştığında 381.4K'e kadar çıkmaktadır. Bu yüzden elde edilebilecek maksimum sıcaklık kazancı 25˚ olarak uygun görülmüş ve hesaplar buna göre yapılmıştır.



Şekil 5.15.Zamana Göre Kovanda Değişik Sıcaklık Farkı Değerlerinde Kovan Ekserji Geri Kazanımı.

Şekil-5.13'te 5-15 ve 25˚'lik sıcaklık düşümlerinde yalıtım sonucu ne kadarlık bir ekserji geri kazanımı oluştuğu irdelenmiştir. Sistemin dengeye geldiği 3. saat ve sonrası 25˚ sıcaklık farkı elde edildiğinde yaklaşık 14 kW'lık bir ekserji geri kazanımı söz konusudur; bu da günlük 11 saatlik çalışma süresi göz önüne alındığında yüksek bir değere işaret etmektedir. Yalıtımın kauçuk esaslı, 250˚C sıcaklığa dayanıklı cam yünü veya taş yünü üzeri alüminyum folyolu [19] yapılması kovan için uygundur.



Şekil 5.16. Zamana Göre Kovanda Değişik Sıcaklık Farkı Değerlerinde Sistem Verimi Artışı.

Kovandaki bu ekserji geri kazanımının sisteme etkisi ufak bir miktar gibi görünse de yıllık olarak düşündüğümüzde ciddi bir amortisman sağlayacağı görülmektedir. Şekil 5.16'te görüldüğü gibi maksimum verim artışının sağlandığı durumda %0.7 civarında sistem verim artışı elde edilmiştir.

Kalıp grubu için herhangi bir yalıtım uygulaması mümkün değildir. Kalıp grubu yalıtımın uzun süre üzerinde korunamayacağı oldukça korozif bir bölgede alüminyum ekstrüzyon presi içinde yer almaktadır [33]. Kalıp grubu için herhangi bir ekserji geri kazanımı işlemi yapılmayacağı ve iyileştirmeye gidilemeyeceği varsayılmıştır.

6. BÖLÜM

SONUÇ

Bu tez çalışmasında üzerinde ekserji analizi yapılan proseste bir takım ciddi tersinmezliklerin ve geri kazanımı sağlanabilecek ekserji kaybının var olduğu çeşitli hesaplamalar sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Dünyada enerji konusunda ortaya çıkan bazı problemlerin küresel ısınma sorununu hızlandırdığı bir ortamda, imalat sektörünün önemli bir kısmını teşkil eden alüminyum ekstrüzyon sektöründe yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılabilmesi veya kullanılan konvansiyonel enerji çeşitlerinin verimliliğinin artırılabilmesi çok önemlidir. Türkiye şartlarında, imalat sektöründe son yıllarda özellikle doğalgaz kullanımı artış göstermiş olmakla birlikte doğalgazın dışa bağımlı bir kaynak olması ve ülkemizde yeni ve yenilenebilirenerji kaynaklarının kullanımı konusunda gerekli ve yeterli bir altyapının halen oluşmamış olması, bu enerjinin verimli kullanılması gerektiğini gösterir önemli faktörlerdir.

Bu tez çalışması, söz konusu verimlilik araştırması konusunda yapılmış önemli bir ekserji analizidir. Alüminyum ekstrüzyonunda temel prosesi oluşturan aşamalar, biyet ısıtma fırını, kovan, kalıp grubu kontrol hacimleri dahilinde ekserji analizine tabi tutulmuş ve sistem verimliliğinin nasıl artırılması gerektiği ve ekserji geri kazanımının hangi şartlar altında yapılması gerektiği konusunda tavsiyelerde bulunulmuştur.

Söz konusu analizde sistemde verim kaybının en çok yaşandığı biyet ısıtma fırını kontrol hacminin sistemin genelini büyük oranda etklediği ve bu kontrol hacminde yapılacak iyileştirmenin sistemin genelinde verim artışına ve ekserji geri kazanımına fayda sağladığı gözlemlenmiştir. Biyet ısıtma fırınında hangar şartlarından alınan alüminyum biyetin belirli bir fiziksel şarta getirilmesi işlemi sırasında doğalgaz yanma işleminin gerçekleştirlmesi, bu kontrol hacminin sistem genelini etkilemesi sonucunu

doğurmuştur. Atık baca gazlarından bir ekonomizer yoluyla istifade edilmesi ve yoğuşma sağlanması durumunda bir miktar ekserjinin geri kazanıldığı ve bu ekserjinin ısıtma sistemi olmayan fabrikada kış aylarında ısıtma amaçlı veya fazladan kullanılabilecek bir kazanla diğer herhangi bir termal işlem için kullanılabileceği tavsiyesi üzerinde durulmuştur. Ekonomizer sistemin kurulması durumunda sistemde meydana gelecek verim artışı ve ekserji geri kazanımı değerleri tablolar ve garfikler halinde bu tez çalışması içerisinde sunulmuştur.

Diğer iki kontrol hacmi olan kovan ve kalıp grubu kontrol hacimleri prosesin asıl işleyişinin olduğu, ancak nispeten küçük ve fiziksel şartlardaki değişimin az olduğu kontrol hacimleridir. Buna rağmen, kovan kontrol hacminde uygulanabilecek bir yalıtımla beraber sistem veriminde elde edilebilecek ciddi artışlar ve ekserji geri kazanımındaki artışlar küçümsenmemesi gereken mertebelerdedir. Bu verim artışı ve ekserji geri kazanımı ile ilgili grafik, tablo ve yorumlar yine bu tez çlışması dahilinde sunulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Şahin, H. M., Acır, A., Baysal, E., Koçyiğit, E., Enerji ve Ekseri Analizi Metoduyla Kayseri Şeker Fabrikasında Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Ankara, 2007.
2. Kotas, T.J., The exergy method of thermal plant analysis, Butterworths, London, 1985.
3. Montelongo-Luna, J., Young B., Swircek W., An Open Source Exergy Calculator Tool, University of Calgary, 2005.
4. Güzenge O., Bir Soğu Deposunun Ekserji Analizi, Bitirme Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2007.
5. Ray T., Ganguly R., Gupta A., Exergy Analysis for Performance Optimization of a Steam Turbine Cycle, IEEE PES PowerAfrica 2007 Conference and Exposition Johannesburg, 2007.
6. Asada H., Boelman E., Exergy Analysis of a Low Temperature Radiant Heating System, Eigth International IBPSA Conference, Eindhoven, 2003.
7. Vaneetveld G., Rassili A., Pierret J.-C., Lecomte-Beckers J., Extrusion tests of 7075 aluminium alloy at high solid fraction, International Journal of Material Forming, 1019-1022, 2008.
8. http://www.formal.com.tr.
9. Alcoa Eng. Pro., ACC-U-BAR Extruded Square and Rectangular Bar Products, 2004.
10. The European Aluminium Association, Primary Aluminium Production – The Process, Production Trends and Major Aluminium Producing Regions.
11. Dean R., Aluminium - Large Aluminium Extrusion In Marine Applications, Materials World, 1995.
12. Pradip K. Saha, Aluminum Extrusion Technology, ASM International, Seattle-Washington, 2000.
13. Giles, H., Wagner J., Extrusion: The Definitive Processing Guide And Handbook, William Andrew Publishing, Preston, 2004.
14. Sheppard T., Extrusion Of Aluminium Alloys, Chapman & Hall, London, 1999.
15. M. Bauser G. Sauer And K. Siegert, Extrusion, 2nd Edition, Texas State University Press, Texas, 2006.

16. Capral Aluminum Limited, Extruding of Aluminium and Aluminium Alloys – The Extrusion Process, Economics and Design, Australia.
17. Kaufman J.G., Parametric Analyses of High-Temperature Data for Aluminum Alloys, ASM International, Washington, 2008.
18. Hinderink, A.P., F.J.P.M. Kerkhof, A.B.K. Lie, J. De Swaan Arons, and H.J. Van Der Kooi, Exergy analysis with a flowsheeting simulator - I. Theory; calculating exergies of material streams, Chemical Engineering Science, Pergamon Press Inc., Tarrytown, NY, USA, 1996, s. 4693-4700.
19. Van Gool, W., Thermodynamics of chemical references for exergy analysis, Energy Conversion and Management, Elsevier Science Ltd., 1998, s. 1719-1728.
20. Szargut, J., D.R. Morris, and F.R. Steward, Exergy analysis of thermal, chemical, and metallurgical processes, Hemisphere, New York, 1988.
21. http://www.wurth.de.
22. Dinçer İ., Rosen M., Exergy, Elsevier, Oxford, 2007.
23. http://www.dogalgazprojesi.com/forum/forum_posts.asp?TID=5483&PN=2.
24. Çengel Y., Boles A., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, İstanbul, 2002.
25. Çengel Y., Heat Transfer, McGraw-Hill, 1998.
26. http://en.wikipedia.org/wiki/Specific_heat_capacity#Specific_heat_capacity.
27. http://en.wikipedia.org/wiki/Heat_transfer_coefficient#Heat_transfer_coefficient_of_pipe_wall.
28. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_thermal_conductivities.
29. Haberman J., Engineering Thermodynamics, Allyn & Bacon, Boston, 1980.
30. Monan M., Shopiro H., Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 2004.
31. Rogers A., Jarrett M., Aluminium Extrusions for Automotive Applications, Materials World, 1998.
32. http://www.emak.com.tr.
33. Gaely F., Brossman G., Thermodynamic Charts for Metals, Illinois University Press, 2001.
34. Sonntag R., Borgnakke C., Introducion to Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 2001.
35. Bejan A., Advanced Engineering Thermodynamics, Wiley, New York, 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Furkan Durak 1983'te Kayseri'de doğdu. İlkokul öğrenimini Kayseri Ahmetpaşa İlkokulunda, ortaokul öğrenimini Nuh Mehmet Küçükçalık Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1998'de Ankara Fen Lisesi'nde Lise öğrenimine başladı. 2001'de İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazanarak bu bölümden 2006 yılında mezun oldu. Aynı yıl, Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği Enerji Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2006-2008 yılları arasında KOSB'de bulunan Formal Alüminyum A.Ş.'de teknik büro şefliği göreviyle çalıştıktan sonra 2008 yılında Niğde Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğünde kontrol mühendisi olarak göreve başladı ve halen bu kurumda görevine devam etmektedir.

Adres: Mezbaha Cad. Bayındırlık ve İskan İl Müdürlüğü
51100- Niğde
Telefon: 0 388 232 34 10
e- posta: furkandurak@yahoo.com