

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HASSAS YÜZEYLİ METAL LEVHALARIN PAKETLENMESİNDE KULLANILACAK
HAVA YÜZDÜRME VE YASTIKLAMA SİSTEMİNİN TASARIMI**

İZZET DÖNERTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. MUHARREM ERDEM BOĞOÇLU**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HASSAS YÜZEYLİ METAL LEVHALARIN PAKETLENMESİNDE KULLANILACAK
HAVA YÜZDÜRME VE YASTIKLAMA SİSTEMİNİN TASARIMI**

İzzet DÖNERTAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 09.07.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Konstrüksiyon Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Berna BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Serpil KURT
İstanbul Teknik Üniversitesi

Bu alışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 0316.STZ.2013-2 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU 'ya çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamı gerçekleştirmem için imkan sağlayan Günsa Makina Metal San. Ve Tic. Ltd. Şti'ye çok teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Araştırma Görevlisi Veysi BAŞHAN'a teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her alanında olduğu gibi eğitim hayatım boyunca da desteklerini her zaman hissettiğim sevgili AİLEME, bütün desteklerinden ve fedakarlıklarından ötürü saygı ve sevgilerimi sunarım.

Haziran, 2015

İzzet DÖNERTAŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	1
BÖLÜM 2	
BOY KESME HATTI	2
2.1 Boy Kesme Hattı.....	2
2.2 Literatür Araştırması	7
2.2.1 Sac İşleme Makinesi	7
2.2.2 Frenlemeli Levha İstifleyicisi.....	8
2.3 Fluent.....	10
2.3.1 Fluent'in Teknik Özellikleri	11
2.3.2 Fluent Programının Çalışma Prensibi	12
2.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi	13
2.4.1 SEY İşlem Adımları.....	14
2.4.2 Varyasyonel Formülasyon: Galerkin Yöntemi	17
2.4.2.1 Model Problemin Varyasyonel Formülasyonu	18
2.5 HAD'nin Çalışma Prensibi	19
2.5.1 HAD Analizlerinin Temel Basamakları	19

2.5.2	HAD Analizlerinin Temel Basamakları	20	
2.5.3	Gridi Çizmek ve Oluşturmak	20	
2.5.4	Sayısal Modeli Kurmak	20	
2.5.5	Çözümün Yapılması	21	
2.5.6	Sonuç ve Değerlendirme	21	
BÖLÜM 3			
AKIŞ YAPI ETKİLEŞİMLİ ANALİZLER			22
3.1	Tek Yönlü Akış – Yapı Etkileşimli Analizler	22	
3.2	İki Yönlü Akış – Yapı Etkileşimli Analizler	22	
3.3	Kullanılan Sayısal Metodlar	23	
3.4	Modelleme ve Analiz	23	
3.5	Problemin Tanımlanması	24	
3.6	Sayısal Formüller	25	
3.7	Yapısal Analiz İçin Gerekli Tanımlamalar	27	
3.8	Akış Analizi Gerekli Tanımlamalar	29	
3.8.1	Standart k-ε Modeli	29	
3.9	Akış Yapı Etkileşimli Analiz Çalışmaları	31	
3.9.1	Dinamik Sayısal Ağ	31	
3.9.2	Farklı Sayıda Kanaldan Üfleme Durumu	33	
3.9.3	Debi Değişimi	34	
3.9.4	Kanalların Dikeyde Yer Değiştirmesi	39	
3.10	Mevcut Durum 0,5 mm Sac için Yapılan Analiz Çalışması	40	
BÖLÜM 4			
SONUÇ VE ÖNERİLER			48
KAYNAKLAR			50
ÖZGEÇMİŞ			51

SİMGE LİSTESİ

S_m	Kullanıcı tarafından programa verilebilecek bilgi
p	Statik basınç
\overline{T}	Gerilme tensörü
\overline{g}	Yerçekimi kuvveti vektörü
\overline{F}	Kullanıcı tarafından programa verilecek bilgi, dış kuvvetler
S_h	Kullanıcı tarafından programa verilecek bilgi
E	Birim enerji
$k_{eff} \nabla T$	İletim
$\sum_j h_i J_i$	Difüzyon
$\overline{T}_{eff} \cdot \overline{V}$	Viskoz disipasyon
Shx	Sinüs hiperbolik fonksiyonu
Q	Debi
A	Alan
V_1	Hız
k	Türbülans kinetik enerjisi
ε	Disipasyon
u_i	İlgili yönde gelen hız bileşeni
E_{ij}	Deformasyon oranının bileşeni
μ_t	Eddy viskozitesi
w_1	Yayıllı yük
y_{max}	Maksimum sehim miktarı
L	Uzunluk
E_m	Elastikiyet modülü
I	Atalet momenti
F_w	Yayıllı yükün toplam kuvveti
m	Kütle
d	Yoğunluk
V_h	Hacim
b	Dikdörtgen kesitli kirişin eni
h	Dikdörtgen kesitli kirişin kalınlığı
g	Yerçekimi kuvveti

KISALTMA LİSTESİ

CAD	Computer Aided Design
CFD	Computational Fluid Dynamics
HAD	Hesaplmalı Akışkanlar Mekaniği
SEY	Sonlu Elemanlar Yöntemi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Boy kesme hattı istif makinesi.....	4
Şekil 2. 2 İstif makinesi	4
Şekil 2. 3 Boy kesme hattı model görünümü	5
Şekil 2. 4 Hava kanalları	6
Şekil 2. 5 Paketlenmiş saclar	7
Şekil 2. 6 Sac işleme makinesi	8
Şekil 2. 7 Frenlemeli levha istifleyicisi	9
Şekil 2. 8 Bir boyutlu problem nod gösterimi	15
Şekil 2. 9 İki boyutlu problem nod gösterimi.....	15
Şekil 2. 10 Ayırıklaştırma hatası	15
Şekil 2. 11 Üç boyutlu problem nod gösterimi	16
Şekil 2. 12 HAD'nin çalışma prensibi şematik gösterim	19
Şekil 3. 1 HAD'nin ANSYS'de çalışma prensibinin şematik gösterim.....	24
Şekil 3. 2 Yapısal analiz sınır şartları	27
Şekil 3. 3 Yapısal analiz sınır şartları	28
Şekil 3. 4 Sacın istiflenmiş saclara temas ettiği bölgede kontakt tanımlaması.....	28
Şekil 3. 5 Akış analizi gerekli tanımlamalar	29
Şekil 3. 6 0 saniye	31
Şekil 3. 7 0,012 saniye	31
Şekil 3. 8 0,1 saniye	32
Şekil 3. 9 Sayısal ağ yenileme parametreleri	32
Şekil 3. 10 Dört kanaldan üfleme durumu.....	33
Şekil 3. 11 Beş kanaldan üfleme durumu	34
Şekil 3. 12 3 mm kalınlığındaki sacın 4 kg/s için hız dağılımı	34
Şekil 3. 13 3 mm kalınlığındaki sacın 4 kg/s için hız dağılımı	35
Şekil 3. 14 3 mm kalınlığındaki sacın 4 kg/s için basınç dağılımı.....	35
Şekil 3. 15 3 mm kalınlığındaki sacın 1 kg/s için basınç dağılımı.....	35
Şekil 3. 16 Sacın gerilme değerleri	36
Şekil 3. 17 3 mm kalınlığındaki sac levhanın deformasyon miktarı	36
Şekil 3. 18 3 mm kalınlığındaki sac levhanın alt kısmındaki akış çizgileri	37
Şekil 3. 19 0,5 mm kalınlıklı sac levhanın 2,65 kg/s debide basınç dağılımı	37
Şekil 3. 20 0,5 mm kalınlıklı sac levhanın 2,65 kg/s debide basınç dağılımı	38
Şekil 3. 21 3 mm kalınlıklı sac levhanın 20 kg/s debide uç bölümünde oluşan basınçlar.....	38
Şekil 3. 22 3 mm kalınlığındaki sac levhanın uç bölümünde oluşan deformasyonlar.....	39

Şekil 3. 23 3 mm kalınlığındaki sac levhanın uç bölümünde oluşan deformasyonlar.....	40
Şekil 3. 24 0,25 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	40
Şekil 3. 25 0,5 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	41
Şekil 3. 26 0,75 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	41
Şekil 3. 27 0,8 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	41
Şekil 3. 28 1 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	41
Şekil 3. 29 1,25 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	42
Şekil 3. 30 1,5 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	42
Şekil 3. 31 1,75 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	42
Şekil 3. 32 1,75 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	43
Şekil 3. 33 1 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	43
Şekil 3. 34 1,5 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu.....	44
Şekil 3. 35 Maksimum sehim miktarı	44
Şekil 3. 36 Dikdörtgen kesitli kiriş	45
Şekil 3. 37 Cad ortamında sehim hesabı.....	46
Şekil 3. 38 0,5 mm ve 3 mm arasında 18 m/s'de Y yönündeki deformasyon.....	47

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1 Malzeme Özellikleri	27

**HASSAS YÜZEYLİ METAL LEVHALARIN PAKETLENMESİNDE KULLANILACAK
HAVA YÜZDÜRME VE YASTIKLAMA SİSTEMİNİN TASARIMI**

İzzet DÖNERTAŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU

Proje kapsamında yurt içinde imalatı bulunmayan hassas yüzeyli malzeme işleme kabiliyetine sahip otomatik metal levha istifleme ve paketleme makinesi üretilecektir. Bu makine ile yurt dışından ithal edilen ve hassas yüzeyli malzeme işlemede kullanılan boy kesme hatlarındaki istifleme ve paketleme makinesi talebinin karşılanması hedeflenmektedir.

Otomatik istifleme ve paketleme makinesi kullanılması sayesinde üretimde hız, kalite ve verimliliği artırmanın yanı sıra hassas yüzey kalitesi istenen malzemelerin de işlenebilmesiyle kaliteli bir paketleme makinesi için proje doğrultusunda tez çalışmasında otomatik istifleme ve paketleme makinesinde kullanılacak hava yüzdürme ve yastıklama sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Prosesde, metal levhaların istifleme aşamasında çizilmesi ve herhangi bir hasara uğraması yüzey kalitesine zarar vermektedir. İstifleme aşamasında metal levhalar yürüyen bantlar üzerinden paketlenmesi gereken bölgeye gelmektedir. Burada bantlardan paketlenildiği bölüme gelen metal levhalar birbiri üzerine düşmektedir. Düşme esnasında metal levhalar birbirlerine sürtünerek temas etmektedirler. Bu temas sırasında da istenmeyen çizilmeler ve hasarlar meydana gelmektedir. Bununla birlikte paketleme esnasında metal levhalara insan elinin değmesi de levhaların zarar görmesine yol açmaktadır. Hava yastıklama sistemi sayesinde metal levhalar hava ile yüzdürülerek diğer levhanın üzerine yumuşak bir düşüş sağlanacaktır. Aynı zamanda

metal levhanın diğer levhanın yzeyeine srtunerek ilerlemesi de hava sistemi ile 6nlenecektir.

Bu 7alışmanın amacı hassas yzeyli metal levhaların istifleme aşamasında hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu elemanlar y6ntemi ile istifleme sırasındaki davranışının incelenmesi ve iyileştirilmesidir. Hesaplamalı akışkanları dinamiği i7in ANSYS programında analizler yapılmış ve sonu7lar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otomatik istif, hava ile yzdzzrme, hassas yzeyli malzeme, hava yastığı

**DESIGN OF AIR FLOATATION AND CUSHIONING SYSTEM WHICH WILL BE
USED IN PACKING OF SENSITIVE SURFACED METAL SHEETS**

İzzet DÖNERTAŞ

Department of Mechanical Engineering
MSc. Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Muharrem Erdem BOĞOÇLU

Our project's objective is to manufacture an automatic stacking and packing machine for sheet metals with critical surface sensitivity which is currently not being manufactured domestically. We aim to meet the demand for currently imported stacking and packing machines in cut to length lines for sheet metals with critical surface sensitivity.

By using an automatic stacking and packing machine; there is an increase in operation speed, quality and efficiency. And also, by processing of sensitive surface quality materials, for qualified stacking machine, there has been an investigation of air cushion and air floatation system an automatic stacking and packing machine in this thesis.

In proses, scoring of metal sheets and facing with any damage while stacking it, deface surface quality of metal sheets. At the stacking step, metal sheets reach package area by rolling on conveyor. In this area metal sheets drops step by step to each others surface. During dropping, metal sheets touch each other with friction. And while this touch happen unwanted scorings and damage occurs. In addition, while packing; any of human hand touch is also debilitating.

By the help of air cushioning system metal sheets will float with the help of air and then it is going to drop to other sheet's surface softly. By the way, the friction which occurs because of metal sheets touch to each other will be prevented.

The aim of this thesis is, an investigation and improvement of proses steps of sensitive surface metal sheets stacking by using CFD and Finite Element Method. For CFD, analyses has been carried out in ANSYS programme and results has been compared.

Keywords: Automatic stacking, air floatation, sheet metals with critical surface sensitivity, air cushion

1.1 Literatür Özeti

Üretilecek olan makinede malzemelerin istif ve paketlenebilmesi için hava yastığı (yüzdürme) sistemi kullanılacaktır. Standart istif makinelerinde istif ve paketlenen malın kafası paketin üzerine yerçekimi etkisi ile düşmekte ve mal daha sonra makine tarafından ileri sürülürken paket üzerinde kaymakta ve sürtünerek çizilmelere ve hasara yol açmaktadır. Bu istenmeyen bir durumdur.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı hassas yüzeyli metal levhaların istifleme aşamasında hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu elemanlar yöntemi ile istifleme sırasındaki davranışının incelenmesi ve iyileştirilmesidir.

1.3 Hipotez

Malın altında hava üfleme ile mal paket üzerine yukarıdan yumuşak şekilde dik düşürülerek bu problemlerin önüne geçilmek ve basınçlı havanın direnci malın paket üzerine düşüşünü yavaşlatacak ve yüzey kalitesinde ve düzgünlükte bir fedakarlıkta bulunmadan yüksek hızlarda çalışmada istifleme yapabilecektir.

BOY KESME HATTI

Bu çalışmada “Hassas Yüzeyle Metal Levhaların Paketlenmesinde Kullanılacak Hava Yüzdürme ve Yastıklama Sisteminin Tasarımı” üzerine hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi ile hava yastıklama sistemi için farklı debilerde, farklı hızlarda ve farklı sac kalınlıklarında metal levhaların davranışı araştırılmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) analizleri genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar işlem sırasına göre;

- Katı model ve sayısal ağ tabakasının oluşturulması
- Sınır şartlarının ve çözüm ayarlarının tanımlanması, çözümün yapılması
- Sonuçların işlenmesi ve yorumlanması olarak sıralanabilir.

Bu adımlardan katı model ve sayısal ağ tabakası oluşturulması ile ilgili işlemler ‘Modelleme ve Analiz’ başlığı altında, sınır şartları ve çözüm ayarlarının tanımlanması ile ilgili işlemler ‘Yapısal Analiz İçin Gerekli Tanımlamalar’ ve ‘Akış Analizi İçin Gerekli Tanımlamalar’ başlıkları altında detaylı olarak anlatılmıştır. Sonuçlar ise ‘Sonuç ve Öneriler’ başlıklı kısımda ele alınmıştır.

2.1 Boy Kesme Hattı

Boy kesme hatlarında rulo halde ki sac istenen boylarda plaka halinde kesilmektedir. Boy kesme hattında müşteri ihtiyacı doğrultusunda saclar el değmeden tam otomasyon ile kesilmektedir. Temiz, çapaksız ve hızlı kesim yapan bu makineler aşağıdaki ana ünitelerden oluşmaktadır.

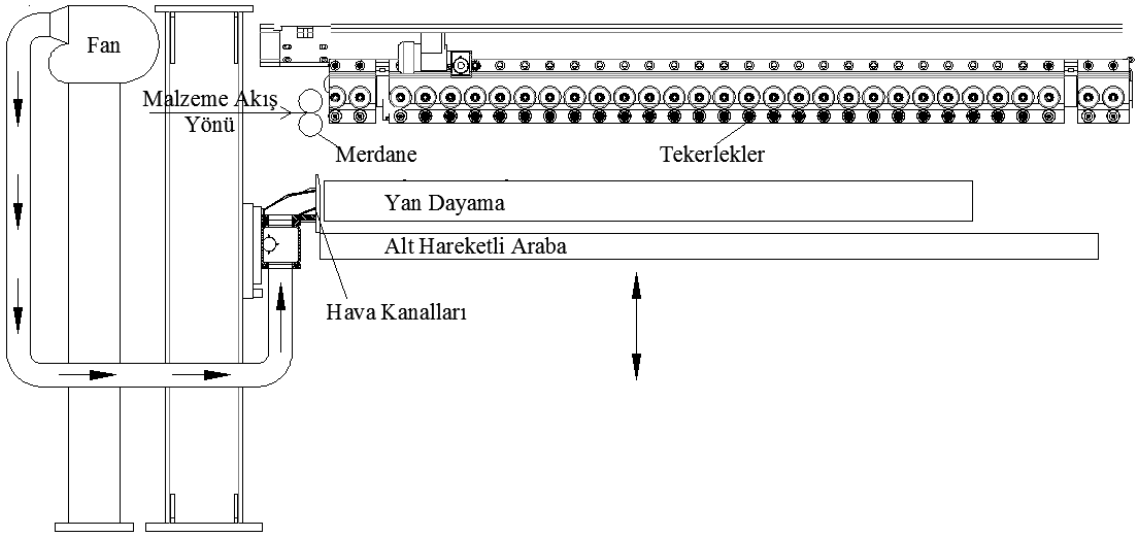
- Rulo Yükleme Arabası
- Rulo Açıcı
- Otomatik Kenar Kontrol ünitesi
- Ön Doğrultma Grubu
- Ütüleme Grubu
- Hız ve Boy Ölçme Grubu
- Makas Grubu
- Paketleme ve Konveyör Grubu

Rulo yükleme arabası rulo haldeki sacı bir vinç yardımıyla rulo arabasına alır ve rulo açıcının mandrenine taşır. Rulo açısı ise sacı belli bir kuvvet ile açarak boy kesme hattını beslemektedir. Sacı kontrollü bir şekilde beslemek için fren ile desteklenmiştir. Sacın hat üzerinde sürekliliğinin sağlanması için otomatik kenar kontrol ünitesi rulo açının aksel hareketini sağlar. Daha sonra sac ön doğrultma grubuna gelir ve burada sacın doğrultulması ve kılavuzlanma işlemi yapılır. Sac ilerler ve ütüleme grubuna gelir. Ütüleme grubunda; rulo sacın imalatı sırasında meydana gelen gerilmelerden kaynaklanan sac üzerindeki şekil bozuklukları düzeltilir. Sac bu üniteden ilerlerken aynı zamanda hız ve boy ölçme grubu, sensörler sayesinde rotary makasa sacın hızı hakkında bilgi verir. Bu sayede makas hiç durmaksızın sacın hızına göre kendini ayarlayarak istenen boyda kesim yapar. Kesilen saclar konveyör yardımıyla paketleme bölümüne doğru devam eder.

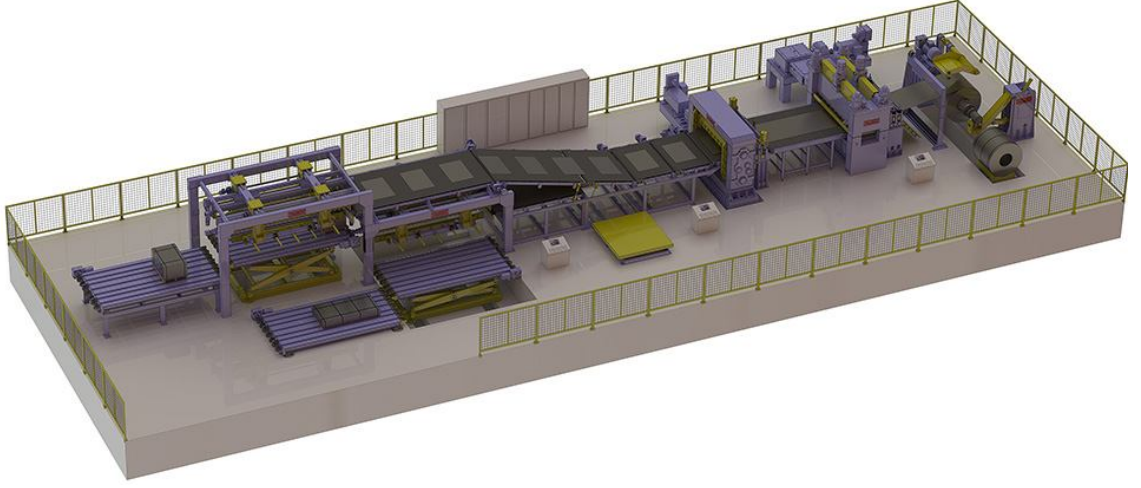


Şekil 2. 1 Boy kesme hattı istif makinesi

Bantlar üzerinde ki kesilmiş olan saclar paketleme bölümüne geldiğinde iki çeşit paketleme sağlanır. Birincisi Şekil 2.2'de görülen merdaneler arasından geçen sac, tekerleklerin dönmesi ile tekerler üzerinde ilerleyerek belli bir konuma gelir ve tekerlekler biranda aşağı doğru dönerek sacı düşmeye bırakır.



Şekil 2. 2 İstif makinesi



Şekil 2. 3 Boy kesme hattı model görünümü [1]

Şekil 2.2’de boy kesme hattının fanı şematik olarak gösterilmiştir. Bu fan sayesinde sisteme hava üflenir ve bu hava Şekil 2.2’de gösterilen borulardan ok yönünde ilerleyerek hava kanalları sayesinde sacın düşeceği bölüme hava beslemesi yapar ve bir hava tabakası oluşturur. Alttan geçen hava tabakası sayesinde düşüş yavaşlatılarak alt hareketli araba üzerine sac düşürülür ve çemberlenip paketlenir.

İkinci paketleme yöntemi ise tekerlek sistemi durdurulur ve tekerlekler sacı düşürme esnasındaki açılır konuma getirilir. Ardından banttın gelen kesilmiş saclar merdaneler arasından geçerek ilerlemeye başlar. Belli bir mesafe düz bir şekilde boşlukta ilerleyen sac daha sonra ağırlığına dayanamayıp sehim yapar ve aşağı doğru eğilmeye başlar. Bu esnada sac, bant tarafından itilmektedir. Sacın düşeceği alt hareketli arabanın üzerinden Şekil 2.4’te görülen hava kanallarından fan ile yine belli debide hava verilir. Bu tanımda en önemli proses hava kanallarından gelen basınçlı havanın sac plaka üzerindeki etkileridir. Bu etkiler havanın basıncı ve debisi ile olduğu kadar hava kanallarının geometrisi ile de ilişkilidir.



Şekil 2. 4 Hava kanalları

Sac, düşürülmüş olan diğer sacların üzerine değmek üzereyken hava ile temas eder ve hava sacı yere temas etmeden ileri doğru sürükler. Sac bitimi merdaneden çıkıncaya kadar bu devam eder ve sacın arka kısmı merdaneden çıktığı an, sac diğer sacların üzerine, alt yüzeyi hareketli arabaya paralel olmak üzere düşer. Böylelikle sacın uç kısmı diğer düşürülen sacların yüzeyini çizmeden düşürülmüş olur. Yeterli miktarda sac düşürüldükten sonra alt hareketli araba istif makinesinden çıkar ve saclar çemberlenip gerekli yerlere gönderilir.

Burada hava ile sacların yüzdürülerek düşürülmesi sayesinde, düşen sacın uç kısmı alt hareketli araba üzerindeki diğer sacın yüzeyine sürtünerek ilerlemesini engellemektedir. Merdanelerden geçen sacın uç kısmı hava ile kaldırılıp altındaki saca değmemektedir. Bu da sac kalitesini arttırmaktadır. Prosesdeki bu işlemler sonlu elemanlar yöntemi ile çalışan ANSYS programında akış analizleri ile çözümlenmeye çalışılacaktır. Kullanılan programda dinamik mesh ile sacın hareketi zamana bağlı olarak anlık olarak çözümlenecektir. Boy kesme hattında kullanılan fanın teknik özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Fanın özellikleri sıralanırsa;

- Motor: 7,5 kW, 3000 d/d
- Debi: 7800 m³/saat
- Basınç: 280 mm ss
- Fan çıkış hızı: 18-20 m/s
- Fan verimi: %84



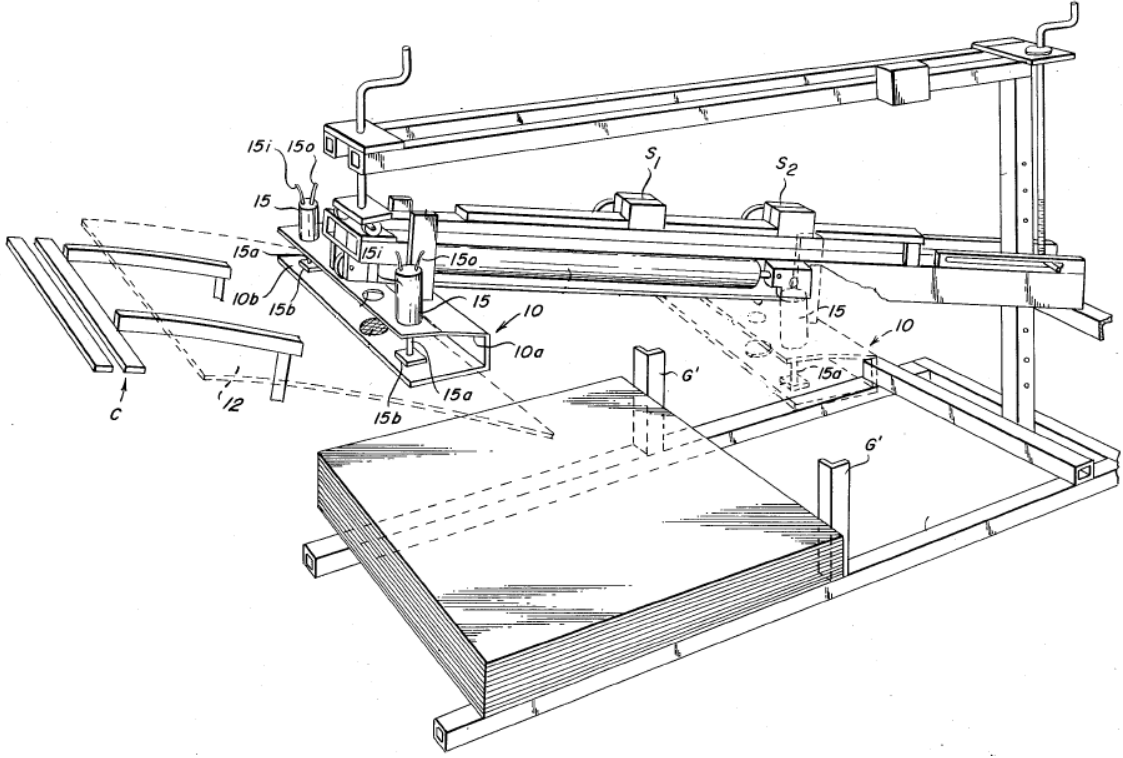
Şekil 2. 5 Paketlenmiş saclar

2.2 Literatür Araştırması

Hava yüzdürme ve yastıklama sistemi gibi çalışan ve metal levhaların daha az hasara uğraması amaçlanan makineler incelenmiştir.

2.2.1 Sac İşleme Makinesi

Sac işleme makinesinde; patent numarası "4624455", patent tarihi "25 Kasım 1986" ve mucitleri John R. Radek, Thaddeus S. Flowers'dır.

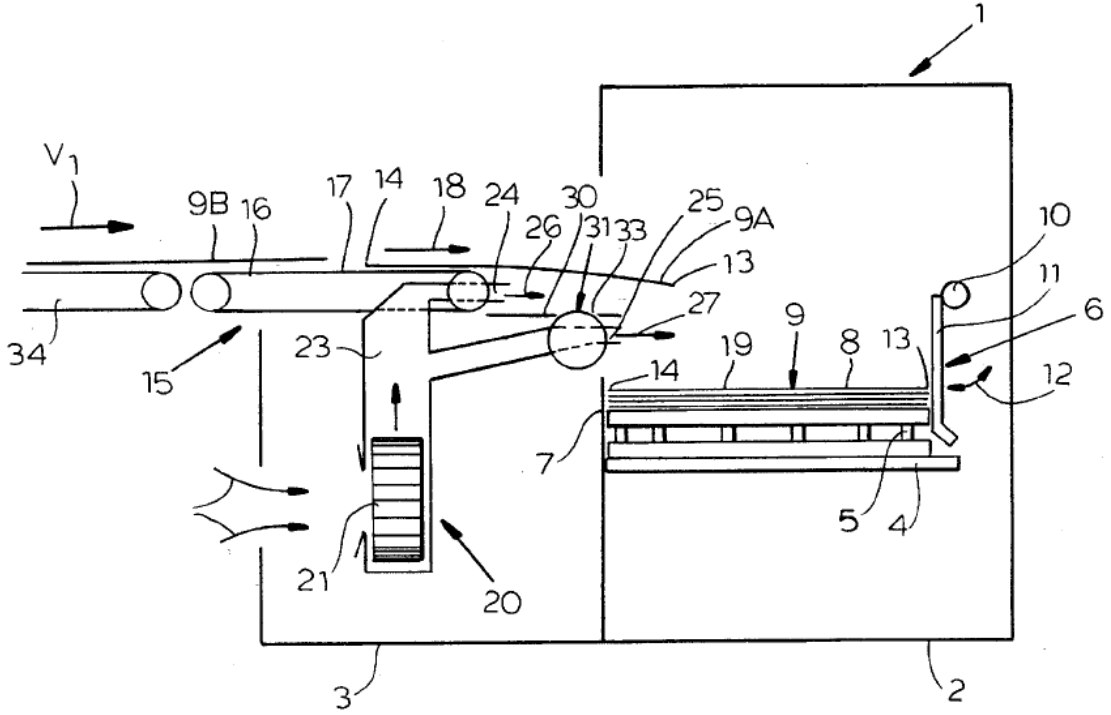


Şekil 2. 6 Sac işleme makinesi [2]

Burada kullanılan mekanizma, sac yığınlarının birbirlerine olan etkileşimlerinden dolayı yaratabilecekleri çizilme ve diğer muhtemel hasarlardan kaçınmak için tasarlanmıştır. Mekanizma özellikle plastik, kaplanmış metal ve cilalanmış malzemelere uygulanabilir. Mekanizmada, Şekil 2.6'da 12 numaralı metal levhanın bir kısmı 10 numaralı alıcı tarafından tutulur. Bu tutma işlemi alıcı içindeki Şekil 2.6'da 15 numaralı pnömatik sistem ile çalışan piston kolları ve 15b numaralı padler sayesinde metal sıkıştırılır ve tutulur. Operasyon sırasında alıcı daha önce belirlenmiş bir yörüngede devam eder. Bu yörünge Şekil 2.6'da S_2 numaralı yörüngeye doğru aşağı yönde ilerler. İlk pozisyonunda metalin bir kısmı konveyör üzerine oturtulur ve diğer metal yığınıyla hizalama işlemi yapılır. Bu hizalama Şekil 2.6'da ki G' ile yapılır. Daha sonra yığının uç kısmı sac metalin uç kısmıyla aynı hizaya geldiği zaman alıcıdaki metal hava yastıklama sistemi ile beraber serbest düşmeye bırakılır. Hava yastıklama sağlayan kompresör patentte gösterilmemiştir [2].

2.2.2 Frenlemeli Levha İstifleyicisi

Frenlemeli Levha İstifleyicisinde; patent numarası "5460361", patent tarihi "24 Ekim 1995" ve muciti Bernhard Mokler'dir.



Şekil 2. 7 Frenlemeli levha istifleyicisi [3]

Metal saclar birbiri ardında bir sıra halinde yatay şekilde ilerlemektedir. İlerleme işlemi 1. sacın giriş istasyonuna geldikten ve prosesini tamamladıktan sonra 2. sacın aşağı yöndeki hareketi ve belirli bir hız ayarlamasıyla tekrar prosese girme işlemiyle devam ediyor [3].

Büyük bir üretim operasyonunda saatte 6000 ve 10000 arasında sac üretilebilmektedir. Örneğin ince bir metal plaka boyanıp kurutulmaktadır. Ardından bu saclar herhangi bir şekilde zarar görmeden, doğru bir pozisyon içerisinde teker teker yüksek bir hızda gönderilmesinin sağlanması gerekmektedir [3].

Normalde bu saclar yüksek iletim hızıyla konveyör üzerinden yatay şekilde hasara uğramasın diye palet üzerindeki hareketleri boyunca aşağı yönlü gidişlerini tanımlar. Yürüyen bantlar üzerinden gelen sac levhalar bandan ayrıldıktan sonra bandın karşı tarafındaki Şekil 2.7'deki [3] 11 numaralı durdurucuya çarpar ve düşey yönde Şekil 2.7'deki 9 numaralı sac levhaların üzerine düşer. Bu durum kenarlara hasar verebilir. Sacların düşey yönde aşağı düşmesi enasında alttaki sac yığınınına hızlı bir şekilde çarpıp deformasyona uğramasını engellemek için Şekil 2.7'de görülen 24 ve 25 numaralı kanallardan fan yardımıyla hava üflemeşi gerçekleşir. Bunun sonucunda sac levhanın hava yastıklama sayesinde deformasyona uğraması engellenir. İkili blower fanın

olmasının sebebi birbiri ardına hareket eden sacların daha doğru şekilde yığın üzerine zarar görmeden yerleşmesini sağlamaktır. Bu işlem de Şekil 2.7'deki 26 numaralı kanaldan çıkan hava sac levhanın aşağı doğru sehim yapmasını engelleyerek alttaki sac yığınının paralel konuma getirmek için üfleme yapar. Ardından Şekil 2.7'deki 27 numaralı hava kanalı, paralel konuma gelmiş ve aşağı doğru paralel şekilde düşen saca hava yastıklama sistemi yaparak yumuşak şekilde düşüş sağlar [3].

2.3 Fluent

Fluent sonlu hacimler yöntemini kullanan bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımıdır. 1983' ten bu yana dünya çapında birçok endüstri dalında kullanılan ve günden güne gelişerek tüm dünyadaki HAD piyasasında en çok kullanılan yazılım durumuna gelen Fluent, en ileri teknolojiye sahip ticari HAD yazılımı olarak kullanıcılarının en zor problemlerine kolay ve kısa sürede elde edilen çözümler sunmaktadır [4].

Fluent, genel amaçlı bir HAD yazılımı olarak, otomotiv endüstrisi, havacılık endüstrisi, beyaz eşya endüstrisi, turbomakine (fanlar, kompresörler, pompalar, türbinler v.b.) endüstrisi, kimya endüstrisi, yiyecek endüstrisi gibi birbirinden farklı birçok endüstriye ait akışkanlar mekaniği ve ısı transferi problemlerinin çözümünde kullanılabilir. Bu özelliği sayesinde kullanıcılarına birbirinden farklı birçok probleme aynı arayüzü kullanarak çözüm alma olanağı sağlar [4].

Fluent, ürün performansını ürün henüz tasarım aşamasındayken ölçme, performansı düşüren etkenleri detaylı bir şekilde tespit ederek yine bilgisayar ortamında giderme ve piyasaya iyileştirme işlemleri tamamlanmış son ürünün verilmesi sağlayarak kullanıcılarının zorlu rekabet şartlarında emsallerinden bir adım önde olmasına katkıda bulunur [4].

Fluent, sahip olduğu ileri çözücü teknolojisi ve bünyesinde barındırdığı değişik fiziksel modeller sayesinde laminar, geçişsel ve türbülanslı akışlara, iletim, taşınım ve radyasyon ile ısı geçişini içeren problemlere, kimyasal tepkimeleri içeren problemlere, yakıt pilleri, akustik, akış kaynaklı gürültü, çok fazlı akışları içeren problemlere hızlı ve

güvenilir çözümler üreterek, AR-GE bölümlerinin tasarım esnasındaki en güvenilir aracı olmaya adaydır [4].

2.3.1 Fluent'in Teknik Özellikleri

Fluent, sıkıştırılmaz (düşük sabsonik), orta sıkıştırılabilir (transonik) ve yüksek sıkıştırılabilir (süpersonik ve hipersonik) akışlar için hesaplamalı akışkanlar dinamiği çözücüsüdür. Yakınsamayı hızlandıran çoklu ağ metoduyla beraber çoklu çözücü seçenekleri ile Fluent geniş hız rejimleri aralıklarında optimum çözüm etkinliği ve hassasiyeti getirir. Fluent 'teki fiziksel modellerin zenginliği, laminar, geçiş ve türbülanslı akışların, ısı transferinin, kimyasal tepkimelerin, çok fazlı akışların ve diğer olguların sayısal ağ esnekliği ve çözüm tabanlı ağ uyarlaması ile hassas çözülmesine olanak sağlar [4].

Genel Modelleme Yetenekleri [4]:

- 2 boyutlu düzlemsel, 2 boyutlu aksel simetrik, 2 boyutlu döngülü aksel simetrik (dönel simetrik) ve 3 boyutlu akışlar
- Sabit rejim veya geçici rejim akışları
- Bütün hız rejimleri (düşük subsonik, transonik, süpersonik ve hipersonik akışlar)
- Laminar, geçiş veya türbülanslı akışlar
- Newtonyan ve newtonyan olmayan akışlar
- Zorlamalı, doğal, karışık konveksiyon, konjuge ısı transferi ve radyasyon
- Homojen ve heterojen yanma modellerini ve yüzey tepkime modellerini de içeren kimyasal türler karışımı ve tepkimesi modelleri
- Gaz-sıvı, gaz-katı ve sıvı-katı akışlar için serbest yüzey ve çok fazlı akış modelleri
- Sürekli yüzeyle akuplu yayık fazlar (partikül/damla/baloncuk) için Lagrangian yörünge hesaplama
- Erime/katılaşma uygulamaları için faz değişikliği modeli

- İzotopik olmayan geçirgenlik, ilk direnç, katı ısıletimi ve gözenekli yüzey basınç zıplaması modelleriyle gözenekli ortam
- Fanlar, pompalar, radyatörler ve ısı değiştirgeçleri için yığık modeller
- Durağan ve dönel referans çerçevesleri
- Çoklu hareketli çerçevesler için çoklu referans çerçevesi ve kayan ağ seçenekleri
- Kütle korunumu ve döngü korunumu seçenekleriyle beraber rotor-stator etkileşimleri, tork konverterleri ve benzer turbomakina uygulamaları için karışım düzlemi modeli
- Kütle, momentum, ısı ve kimyasal türler için hacimsel kaynaklar
- Malzeme özellikleri veri tabanı
- Sürekli fiber modeli
- Magneto hidrodinamik modeli
- Akış kaynaklı gürültü ön görme modeli
- GT-Power ile dinamik (iki-yönlü) birleşimlik
- Kullanıcı tanımlı fonksiyonlarla ileri seviyede özelleştirme yeteneği
- Silindir içi akış modelleme yeteneği
- Hareketli ve deforme olan ağ hareketleri

2.3.2 Fluent Programının Çalışma Prensibi

Sonlu hacimler yöntemi ile çalışan programlardan biri olan Fluent, Gambit veya diğer modelleme programlarından aldığı mesh dosyalarını okuyarak koşulları uygulamak için dizayn edilmiştir ve bu sayede sistemin çözümlünü elde etmeye çalışır. Fluent programı, sistemi çözüme ulaştırmak için altyapısındaki aşağıda bulunan denklemleri [4] kullanır [4].

SürekliDenklemler;

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = 0 \quad (2.1)$$

Kütlenin Korunumu;

$$\left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V}) \right) = S_m \quad (2.2)$$

Bu kütle korunumu denkleminin genel halidir. Sıkıştırılabilir ve sıkıştırılmaz akış için geçerlidir. Burada S_m terimi akışkanın, akış ikinci bir faza geçmesi durumunda veya diğer kaynak terimlerini içerebilecek terim, yani kullanıcı tarafından programa verilebilecek bilgi, denklem v.b. bir terimdir [4].

Momentum Korunumu;

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{V}) + \nabla \cdot (\rho \vec{V} \vec{V}) = -\nabla p + \nabla \cdot (\overline{\overline{T}}) + \rho \vec{g} + \vec{F} \quad (2.3)$$

Burada p statik basınç, $\overline{\overline{T}}$ gerilme tensörü, \vec{g} yerçekimi kuvveti, \vec{F} kullanıcı tarafından verilebilecek diğer kaynak terimlerini içeren terimdir [4].

Enerji Denklemi;

$$\frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{V} (\rho E + p)) = \nabla \cdot \left[k_{eff} \nabla T - \sum_j h_i J_i + (\overline{\overline{T}}_{eff} \cdot \vec{V}) \right] + S_h \quad (2.4)$$

Bu denklemde; E birim enerjiyi, $k_{eff} \nabla T$ iletimi, $\sum_j h_i J_i$ difüzyonu ve $(\overline{\overline{T}}_{eff} \cdot \vec{V})$ viskoz disipasyonu ifade etmektedir [4].

2.4 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi, çeşitli mühendislik problemlerine kabul edilebilir bir yaklaşımla çözüm arayan bir sayısal çözüm yöntemidir [5].

Ele alınan mühendislik probleminin çözüm bölgesi alt bölgelere ayrıştırılır ve her alt bölgede aranan fonksiyonun ifadesi polinom olacak şekilde seçilir. Belirli işlemler dahilinde her alt bölgede polinom olarak kabul edilen çözümün katsayıları belirlenmeye çalışılır [5].

Avantajları [5];

- Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) geometrisi karmaşık şekillerin incelenmesine olanak sağlar. Çözüm bölgesi alt bölgelere ayrılabilir ve değişik sonlu elemanlar kullanılabilir. Gerekğinde bazı alt bölgelerde daha hassas hesaplamalar yapılabilir,
- SEY değişik ve karmaşık malzeme özellikleri olan sistemlerde kolaylıkla uygulanabilir. Örneğin, anizotropi, nonlineer, zamana bağlı malzeme özellikleri gibi malzeme özellikleri dikkate alınabilir,
- Sınır koşulları, sistemin temel denklemleri kurulduktan sonra, oldukça basit satır sütun işlemleriyle denklem sistemine dahil edilebilir,
- SEY matematiksel olarak genelleştirilebilir ve çok sayıda problemi çözmek için aynı model kullanılabilir,
- Yöntemin hem fiziksel anlamı hem de matematiksel temeli mevcuttur.

Dezavantajları [5];

- Bazı problemlere uygulanmasında bazı zorluklar vardır,
- Elde edilen sonucun doğruluğu verilerin doğruluğuna bağlıdır,
- Bir bilgisayara ihtiyaç duyar,
- Kabul edilebilir doğru sonucun elde edilmesi için bölgenin ayrıklaştırılması deneyim gerektirir,

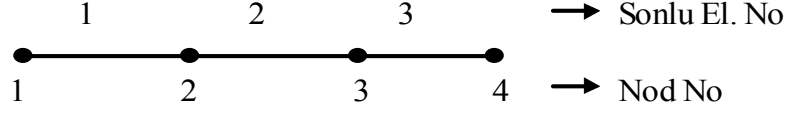
Diğer yaklaşık yöntemlerde olduğu gibi, SEY ile elde edilen sonucun doğruluğu üzerinde de dikkat edilmeli ve fiziksel problem iyi incelenmelidir. Çıkabilecek sonuç önceden kestirilmeli ve sonuç ona göre test edilmelidir [5].

2.4.1 SEY İşlem Adımları

- Fiziksel problemin matematiksel modeli kurulur veya hazır alınır.
- Ele alınan probleme ait varyasyonel ifade (formülasyon) kurulur.

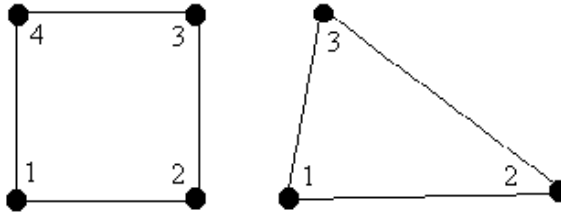
- Çözüm bölgesi sonlu eleman adı verilen alt bölgelere ayrıştırılır. Bu işleme ayrıklaştırma veya sonlu eleman ağı (mesh) adı verilir [5].

Bir boyutlu problemler;

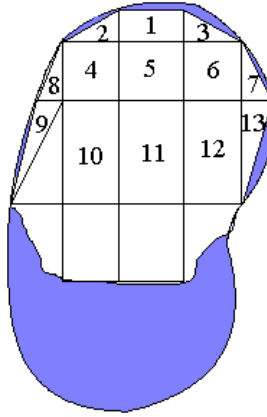


Şekil 2. 8 Bir boyutlu problem nod gösterimi [5]

İki boyutlu problemler;

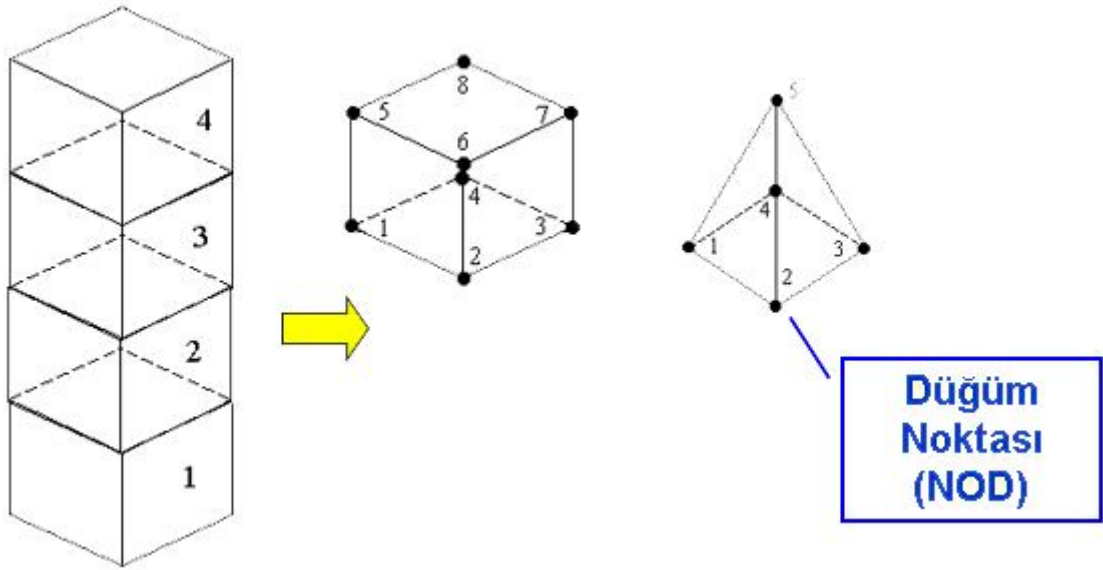


Şekil 2. 9 İki boyutlu problem nod gösterimi [5]



Şekil 2. 10 Ayrıklaştırma hatası [5]

Üç boyutlu problemler;



Şekil 2. 11 Üç boyutlu problem nod gösterimi [5]

Her sonlu elemanda aranan fonksiyonun ifadesi polinom olarak kabul edilir. Bu fonksiyonlar verilen varyasyonel ifadede yerine yazılarak, her sonlu eleman için verilen temel denklemler cebirsel denklemlere dönüştürülür. Örneğin (e) sonlu eleman için bu cebirsel denklemler [5],

$$K(e).u(e) = F(e) \text{ burada;} \quad (2.5)$$

$K(e)$ = Katsayılar (Stiffness matrisi)

$u(e)$ = Bilinmeyenleri içeren vektör

$F(e)$ = Kuvvet vektörü

Her sonlu eleman için ayrı ayrı bulunan denklemler uygun şekilde birleştirilerek bütün sisteme ait cebrik denklemler takımı elde edilir [5].

$$Ku = F \quad (2.6)$$

Bu sisteme sınır koşulları uygun satır/sütun işlemleriyle dahil edilerek, indirgenmiş sistem bulunur [5].

Elde edilen indirgenmiş sistemin çözülmesiyle her bir nodda aranan büyüklükler bulunur [5].

Son olarak elde edilen çözüm, grafik, tablo veya fotoğraf (hazır paket programlar için geçerli) şeklinde kullanıcıya sunulur [5].

$$\frac{d^2u(x)}{dx^2} + u(x) = x \quad (2.7)$$

2. dereceden bir diferansiyel denklem olmak üzere; $0 < x < 1$ aralığı için;

$$u(0) = 0 \quad (2.8)$$

$$u(1) = 0 \quad (2.9)$$

sınır değerleri belirlendiğinde u fonksiyonu,

$$u(x) = x - \frac{Shx}{Sh1} \quad (2.10)$$

eşittir.

Problem Datası [5]:

- Aranan fonksiyonun kendisinin ve türevlerinin katsayı fonksiyonları
- Diferansiyel denklemin homojen kısmı
- Problemin tanım bölgesi
- Sınır koşulları

Problem datasının ilk üç maddesi düzgün datalı problemdir.

2.4.2 Varyasyonel Formülasyon: Galerkin Yöntemi

İşlem adımları [5];

1. Hata fonksiyonu elde edilir,
2. Çözüm bölgesi üzerinde hata fonksiyonunun, test/deneme fonksiyonu ile çarpımının integrali sıfıra eşitlenir,
3. Kısmi integrasyon yardımıyla aranan fonksiyon ile test fonksiyonu arasında türev mertebesi eşitlenir,
4. Sınır koşulları kısmi integrasyondan gelen terimlere uygulanır.

2.4.2.1 Model Problemin Varyasyonel Formülasyonu

$$r(x) = -u^2(x) + u(x) - x \quad (2.11)$$

$$\int_0^1 r(x)\varphi(x)dx = 0 \quad (2.12)$$

$$\int_0^1 \left[\frac{du(x)}{dx} \frac{d\varphi(x)}{dx} + u(x)\varphi(x) - x\varphi(x) \right] dx - \frac{du(1)}{dx} \varphi(1) + \frac{du(0)}{dx} \varphi(0) = 0 \quad (2.13)$$

Dikkat edilmesi gereken durumlar ise [5];

1. Test fonksiyonları homojen sınır koşullarının sağlanması ve
2. Test fonksiyonları integrallerini anlamsız yapmamasıdır.

$$\int_0^1 \left[\frac{du(x)}{dx} \frac{d\varphi(x)}{dx} + u(x)\varphi(x) \right] dx = \int_0^1 x\varphi(x) dx \quad (2.14)$$

(2.11), (2.12), (2.13) denklemleri [5] (2.14) [5] varyasyonel ifadesine dönüşmektedir.

Sonlu hacimler yöntemi, sonlu elemanlar yöntemine benzer olarak çözülecek geometriyi parçalara bölerek bu parçaların her biri için çözüm yapma ve daha sonra bu çözümleri birleştirerek problemin genel çözümünü bulma ilkesine dayanır. Sonlu hacimler yönteminde de, sonlu elemanlar yöntemine benzer olarak sonlu farklar metodu temel olarak alınmıştır. Ancak gelişmişlik olarak sonlu farklar yönteminden oldukça hassastır. Sonlu elemanlardan farklı olarak bu yöntem akış denklemlerini sayısal olarak çözülebilecek cebirsel denklemlere dönüştürmek için kontrol hacmini esas alan bir teknik kullanır. Yani bu teknik, akış denklemlerinin integrasyonunu her kontrol hacminde alma ilkesine dayanır. Bu integrasyon sonucu her bir kontrol hacmini karakterize eden denklemlerin ortaya çıkmasını sağlar [4].

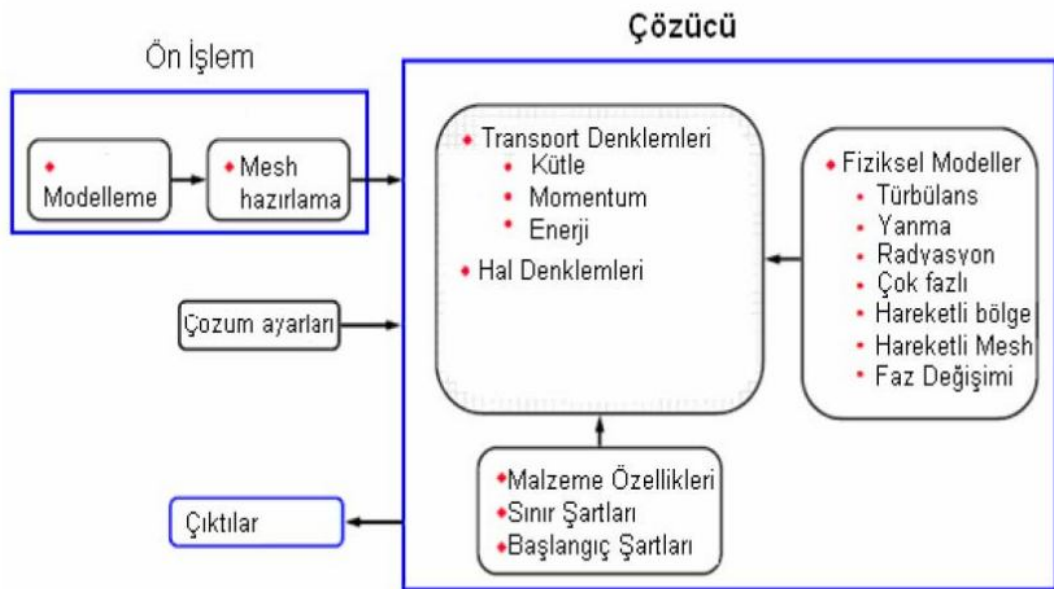
Sonlu hacimler yöntemi ile problem çözme işleminde genellikle şu adımlar kullanılır [4].

- a) Çalışılacak bölgenin ağ programları sayesinde oluşturulacak sayısal analize uygun ağ ile kontrol hacimlere bölünmesi.
- b) Sırasıyla momentum denkleminin, süreklilik denklemlerinin ve daha sonra enerji veya türbülans gibi diğer aranan denklemlerin çözümü.

- c) Sonuçlandırılan denklem takımlarının iteratif çözücü sayesinde daha doğru değerlere yükseltilmesi.
- d) Yakınsaklığın kontrol edilmesi.
- e) Çözümün elde edilmesi.

2.5 HAD'nin Çalışma Prensipleri

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği sonlu elemanlar, sonlu hacimler, sınır elemanları, sonlu farklar yöntemlerini kullanır. Domain kontrol hacimlerinin (veya hücrelerin) sonlu seti üzerinde ayrışma yapılarak çözüm yapılır. Genelde kütle, momentum, enerji, vb. korunum denklemleri kontrol hacimlerine göre hazırlanan denklem takımları ile çözülür. Kısaca şu şekilde şematize edilebilir [4];



Şekil 2.12 HAD'nin çalışma prensibi şematik gösterim [4]

2.5.1 HAD Analizlerinin Temel Basamakları

Problemi tanımlama ve ön işlem yapma:

1. Modellemenin hedefi belirlenir.
2. Modeli yapılacak domain belirlenir.
3. Grid tasarlanır ve yapılır.

Çözüm:

4. Sayısal model kurulur.
5. Çözüm yapılır ve kontrol edilir.

İşlem sonrası:

6. Sonuçlar incelenir.
7. Modelde düzeltmeler yapılır [4].

2.5.2 HAD Analizlerinin Temel Basamakları

Aranan sonuçlar (basınç düşümü, kütle debisi vb.) ve bu sonuçların nasıl kullanılacağı aşağıdaki maddeler göz önünde bulundurularak belirlenir [4]:

- Modelin hangi opsiyonlara göre çözüleceği,
- Analizlerde bulunan gerekli fiziksel modeller(türbülans, sıkıştırılabilirlik, radyasyon gibi.),
- Yapmak zorunda kalınan basitleştirme varsayımları,
- Yapılabilecek varsayımlar(simetri, periyodik vb.),
- Yalnız modelde hazır bulunan fonksiyonlar veya kullanıcının hazırlamış olduğu özel fonksiyonlar (C programlama dili ile yazılmış).

2.5.3 Gridi Çizmek ve Oluşturmak

Model geometrisine uygun grid yapısı (quad/hex, tri/tet, hybrid gibi gridler) belirlenir. Ayrıca geometri ve akışın kompleksliğine bağlı olarak gerekli olan grid yoğunluğu saptanır [4].

2.5.4 Sayısal Modeli Kurmak

Verilen bir problemin sayısal modelini kurmak için aşağıdaki noktalar [4] dikkate alınmaktadır [4].

- Uygun fiziksel model seçimi (türbülans, yanma, çok fazlı vb.)

- Maddesel özelliklerin belirlenmesi (sıvı, katı, karışım vb.)
- Çalışma şartlarının tanımlanması(atmosfer basıncı, yerçekim ivmesi vb.)
- Bütün sınır bölgelerinde sınır şartlarının tanımlanması
- Başlangıç değerlerinin verilmesi
- Çözümde hangi kontrol metotlarının kullanılacağı
- Yakınsama kriterlerinin ayarlanması

2.5.5 Çözümün Yapılması

Korunum denklemleri lineer denklemler halinde çözülür. İterasyon sonucu yakınsama sağlanmaya çalışılır. İterasyon sayısı ise yakınsama durumuna göre tercih edilir [4].

2.5.6 Sonuç ve Değerlendirme

İterasyon sonucu elde edilen değerler grafikler, çizimler yardımı ile incelenebilmekte veya değer olarak okunabilmekte ve istenilen durum ve şartlara göre sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilebilmektedir. Bu şekilde değerlendirme sonucunda örneğin oluşturulan modelden çok fazla sayıda üretim yapılacaksa sorunlar veya sorun oluşturabilecek durumlar bu şekilde önceden şekillendirilebilmekte ve ileride oluşabilecek aksaklıklar daha önceden ve henüz modelleme aşamasında çözülebilmeye şansına bu yöntemle sahip olmaktadır [4].

AKIŞ YAPI ETKİLEŞİMLİ ANALİZLER

Akış yapı etkileşimli analizler hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizlerinden elde edilen sonuçların bir sistem veya bir yapıda meydana getirdiği deformasyonların hesaplanmasında kullanılır veya tam tersi yapısal olarak meydana gelen deformasyonlar akış şartlarını değiştirir.

Akış yapı etkileşimli analizler karmaşık bir yapıya sahip olduğu için analitik olarak çözülmesi zor problemlerdir. Bu yüzden bu problemlerin çözümü için çeşitli sayısal algoritmalar kullanılmaktadır.

Akış-yapı etkileşimli problemlerin çözümü ikiye ayrılmaktadır;

1. Tek yönlü akış-yapı etkileşimi (One way)
2. İki yönlü akış-yapı etkileşimi (Two way)

3.1 Tek Yönlü Akış – Yapı Etkileşimli Analizler

Tek yönlü akış yapı etkileşimli analizler genellikle yapısal deformasyonların düşük olduğu yani lineer statik olarak kabul edilebilecek durumlarda kullanılır. Buradaki temel akış analizlerinden elde edilen kuvvet, basınç, sıcaklık vb. gibi değerlerin yapısal analizlerde yükleme koşulu olarak kullanılmasına dayanmaktadır.

3.2 İki Yönlü Akış – Yapı Etkileşimli Analizler

İki yönlü analizler ise tek yönlü analizlere göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Akış analizleri ve yapısal analizlerin zamana bağlı olarak etkileşimli şekilde çözülmesi esasına dayanmaktadır. Buda sınır şartlarının iki yönlü olarak sürekli değişmesi anlamına

gelmektedir. İki yönlü analizlerde ısı analizler dışında deformasyonlar fazla olduğu için sayısal ağ (mesh) deformasyon meydana geldiğinde sürekli değişmektedir.

3.3 Kullanılan Sayısal Metodlar

Analitik olarak çözülemeyen karmaşık problemlerde kullanılan çeşitli sayısal çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Bu çözüm yöntemleri ticari yazılımların içerisinde entegre edilmiştir. Kullanılan yöntemlerde yapısal analiz ve akış analizi (Fluent) birlikte çalıştırılmıştır. Yapısal analizden deformasyonlar fluente iletilir. Fluentte kuvvetler yapısal analize iletilir. Bu döngü böyle devam eder. Analiz de zamana bağlı olarak çalışır.

Kullanılan Yöntemler;

Yapısal Analizleri

- Statik Analizler
- Zamana bağlı analizler

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizleri

- Durağan akış analizleri
- Zamana bağlı akış analizleri

Akış – Yapı Etkileşimli Analizler

- Durağan akış yapı etkileşimli analizleri
- Zaman bağlı akış yapı etkileşimli analizleri

3.4 Modelleme ve Analiz

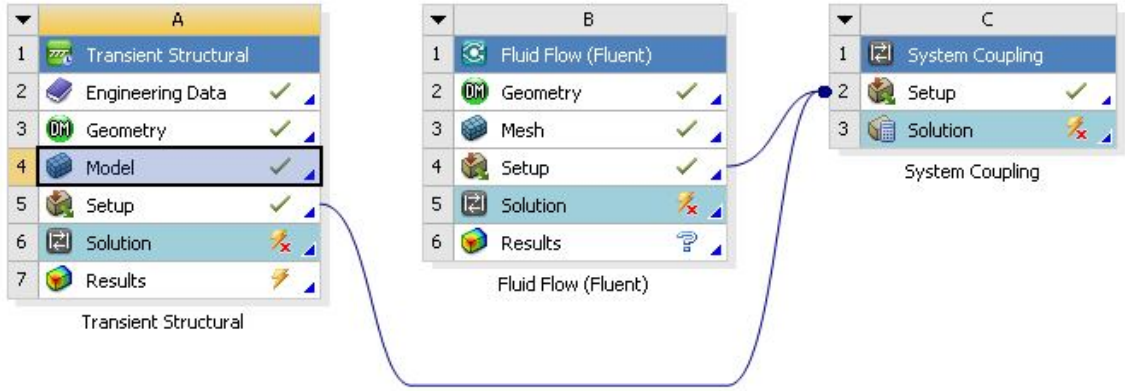
Yapılan çalışmada Ansys Fluent ve Ansys Mechanical modülleri kullanılmıştır. FLUENT, yaratılan geometrilerde akışkan akışlarını simule edebilen bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği programıdır. FLUENT, akışkan akışlarını modellemek ve karmaşık geometrilerdeki ısı transferlerini görmek için oldukça önemli bir programdır. FLUENT çözüm için sonlu hacimler metodunu kullanır. Bunun kullanılması farklı fiziksel

modeller için, örneğin; sıkıştırılabilir veya sıkıştırılmaz, viskoz veya viskoz olmayan, laminar veya türbülanslı vb. programa çözüm yeteneği kazandırır.

Ansys Mechanical bir yapı veya sistem üzerine uygulanan yüklerden dolayı oluşan deformasyon, gerilme ve gerinim gibi çıktıların hesaplanmasını sağlayan bir yazılımdır. Bunların hesaplanmasında sonlu elemanlar yöntemi kullanılır.

Çalışmada Ansys Mechanical ve Ansys Fluent birlikte kullanılarak akış yapı etkileşimli bir problemin çözülmesi amaçlanmıştır.

Şekil 3.1'de problemin çözümü için Ansys Workbench yazılımının akış yapı etkileşimli problemleri çözmek için gerekli olan şematik verilmiştir.



Şekil 3. 13 HAD'nin ANSYS'de çalışma prensibinin şematik gösterim

Şekil 3.1'den görüleceği gibi **A** sistemi Transient Structural **B** sistemi Fluid Flow ve **C** sistemi ise System Coupling modüllerinden oluşmaktadır. Problemden kullanılan sınır şartları daha sonraki başlıklarda anlatılacaktır. Buradaki temel A sisteminde uygulanan itme sınır şartı ile yer değiştirme oluşacak ve bu yer değiştirme sayısal ağda (mesh) bir deformasyon meydana getirecek ve Fluent programında her, zaman adımında yani her yer değiştirmede tekrar analiz yapılacak ve sonuçlar karşılıklı etkileşimle elde edilecektir.

3.5 Problemin Tanımlanması

Çözülmesi gereken problem, sac levhaların üst üste paketlenmesi esnasında üstteki sacın uç kısmının eğilmesinden dolayı, alt kısımdaki levhaya sürterek çizmesi ve saclarda kalitenin düşmesidir. Burada yapılması amaçlanan, paketlenen sacların, eğilen uç kısımlarını bir hava yardımıyla yukarı doğru kaldırmak ve o şekilde alttaki

sacın üzerine düşürerek paketlenmesidir. Hava yastıklama sistemi için yapılacak olan akış analizinde sacın uç kısmını havaya kaldıracak gerekli hava debisi bulunmalıdır. Bu akış analizi için gerekli bir takım tanımlamalar yapılmıştır. Problem tanımlanırken öncelikle yapısal analiz için gerekli malzeme bilgileri ve sınır şartları tanımlanmalıdır. İkinci olarak hesaplamalı akışkanlar dinamiği için gerekli fiziksel koşullar tanımlanmıştır.

Yapılan Çalışmalar 3 farklı kategoriye ayrılabilir;

- Fan veriminden tasarruf sağlamak için 5 ağız yerine 4 ağızdan üfleme yapılan durum incelenmesi
- Hız veya debi değişimlerinin modellenmesi
- Kanalların dikeyde yön değiştirmesi

Yapılan çalışmalarda ağırlığı daha yüksek olan dolayısı ile yüzdürme etkisinin önemli olduğu 3 mm kalınlığında, 3 metre boyu ve 2,5 metre genişliği olan sac levha üzerinde analizler yapılmıştır. 0,5 mm kalınlığında 2 metre boyu ve 1 metre genişliği olan sac levha uygulamada denenmiş olup ve bu sac modeli içinde analizler yapılmıştır. 0.5 mm'lik sac için 2,65 kg/s debide istenen sonuçlar alınmıştır. 0,5 mm'lik sac levhanın modellenmesinin nedeni 3 mm sac levha ile karşılaştırma amacı taşımaktadır.

3.6 Sayısal Formüller

Analizde kullanılacak olan debi değerleri için aşağıdaki sayısal formüller kullanılmıştır.

$$Q = AV_1(m^3 / s) \quad (3.1)$$

$$Q = \text{Debi (m}^3/\text{s)}$$

$$A = \text{Alan (m}^2\text{)}$$

$$V_1 = \text{Havanın akış hızı (m/s)}$$

Analizde 3 mm kullanılacak sac için 1 kg/s, 4 kg/s, 20 kg/s hava debisi için hesaplamalar yapılmıştır.

Bu hesaplamalarda alan, havanın çıkış yaptığı kanalların alanıdır. 80x52,25 mm' lik 5 tane hava kanalı için alan;

$$A = 0.08 * 0,05225 = 0,004 \text{ m}^2 \quad (3.2)$$

(3.2) denklemi tek bir kanalın alanıdır.

$$0,004 * 5 = 0,02 \text{ m}^2 \quad (3.3)$$

(3.3) denklemi ise 5 kanalın toplam alanıdır.

Seçilen mevcut fan değerleri;

- Motor: 7,5 Kw 3000 d/d
- Debi: 7800 m³/saat
- Basınç: 280 mm ss
- Fan çıkış hızı: 18-20 m/s
- Fan verimi: %84

Verilen fan debi değeri sürücü yardımı ile 4500 d/d kadar çıkartılabilmektedir. 4500 devire çıkan fan debiyi 1,5 oranında arttırmaktadır. Yani

$$7800 * 1,5 = 11700 \text{ m}^3 / \text{saat} \quad (3.4)$$

olmaktadır.

$$\frac{11700}{3600} = 3,25 \text{ m}^3 / \text{s} \quad (3.5)$$

(3.5) denkleminde ki gibi bir debi ortaya çıkmaktadır. Bu değeri hava yoğunluğu olan 1.225 kg/m³ ile çarparsak 4 kg/s' lik bir debi elde edilir. Fan çeşidi hava yastıklaması istenen sac levhanın boyutlarına göre gerekli debiyi sağlayacak şekilde değiştirilebilir. Burada yapılan akış analizinde maksimum boyutlardaki sac levha ve 0,5 mm kalınlığındaki saca göre hesaplamalar yapılacaktır. Bu hesaplara göre seçilen boyuttaki sacı, hava üzerinde yüzdürebilecek debi miktarları arasında hesaplamalı akışkanlar dinamiği ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak karşılaştırmalar yapılmış ve mevcut durum incelenmiştir.

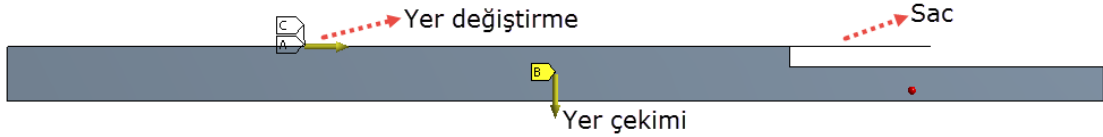
3.7 Yapısal Analiz İçin Gerekli Tanımlamalar

Problemde asıl amaç bir yerdeğiştirme sonucunda yer değıştiren sac ilerleme sırasında kendi ağırlığından dolayı deformasyona uğramakta ve daha önce üst üste istiflenmiş sacların yüzeylerinde çizikler oluşturmakta bu da üretimin kalitesini etkilemektedir. Bunu önlemek için üfleme kanalları vasıtası ile sacın deformasyona uğrarken daha yumuşak düşmesini sağlamak ve sacın uç kısmının istiflenmiş olan diğer saclara olan vereceğı zararı ortadan kaldırmaktır. Yapısal analiz için kullanılan malzeme özellikleri Çizelge 3.1’de [6] verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Malzeme özellikleri

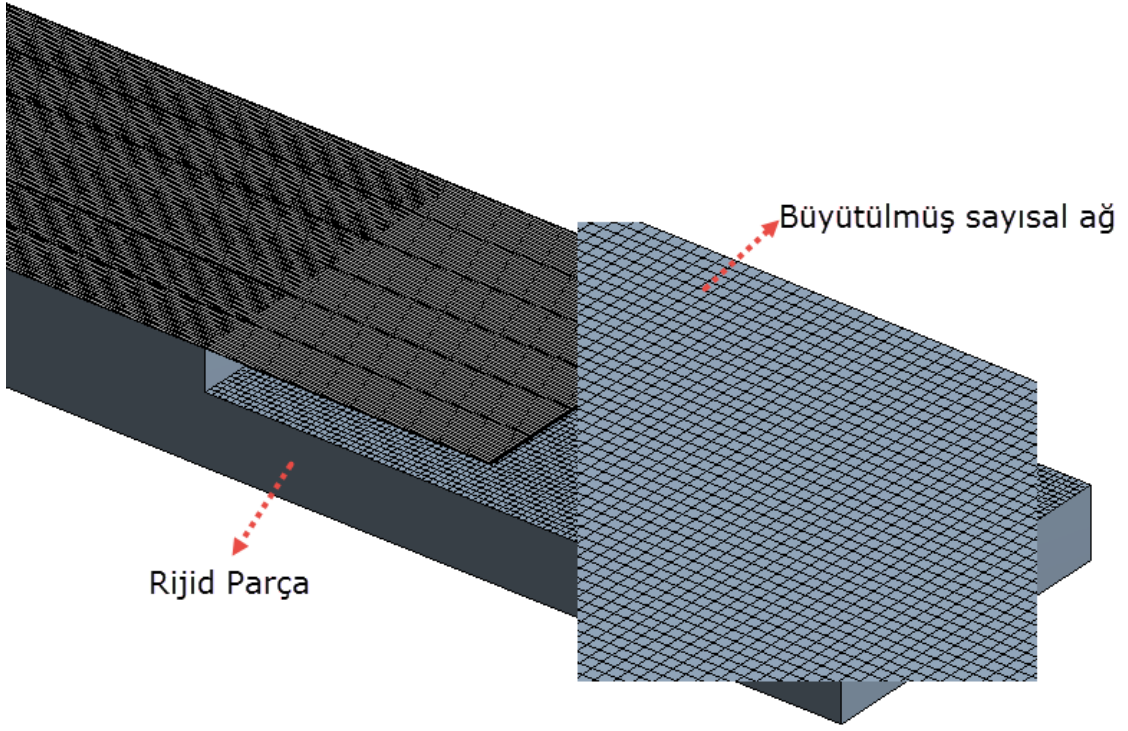
Malzeme	Alüminyum
Yoğunluk	2770 kg/m ³
Elastikiyet Modülü	71000 MPa
Poisson Oranı	0.33
Akma Gerilmesi	280 MPa

Şekil 3.2’de zamana bağılı yapısal analiz için uygulana sınır şartları verilmiştir. Sac plakaya arka tarafından bir yer değıştirme uygulanmış ve yer çekimi tanımlanmıştır.

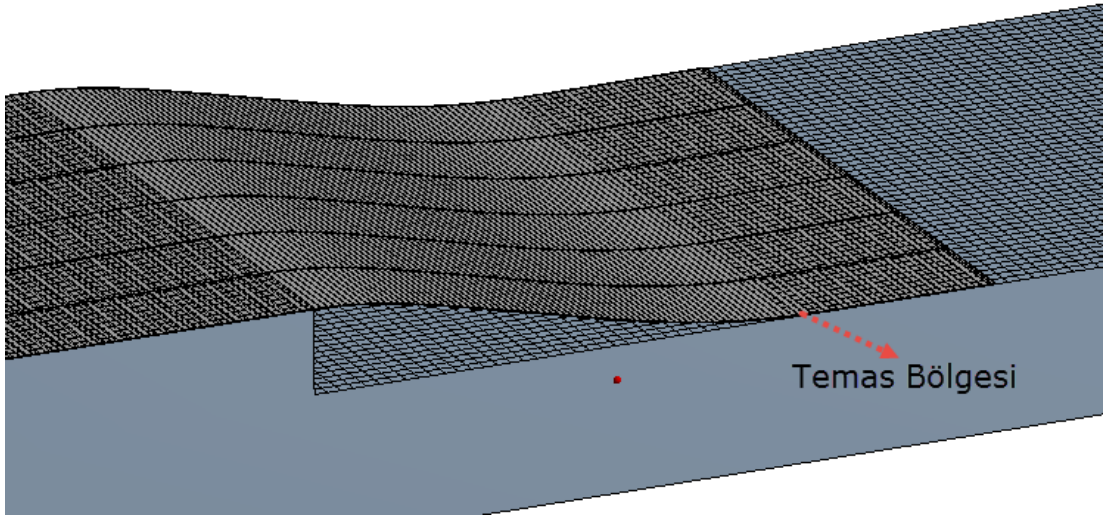


Şekil 3. 14 Yapısal analiz sınır şartları

Şekil 3.3’te ise sayısal ağı tipi gösterilmiştir. Kullanılan eleman tipi Solid186’dır. Toplam eleman sayısı 22349, düğüm noktası sayısı ise 75212’dir.



Şekil 3. 15 Yapısal analiz sınır şartları

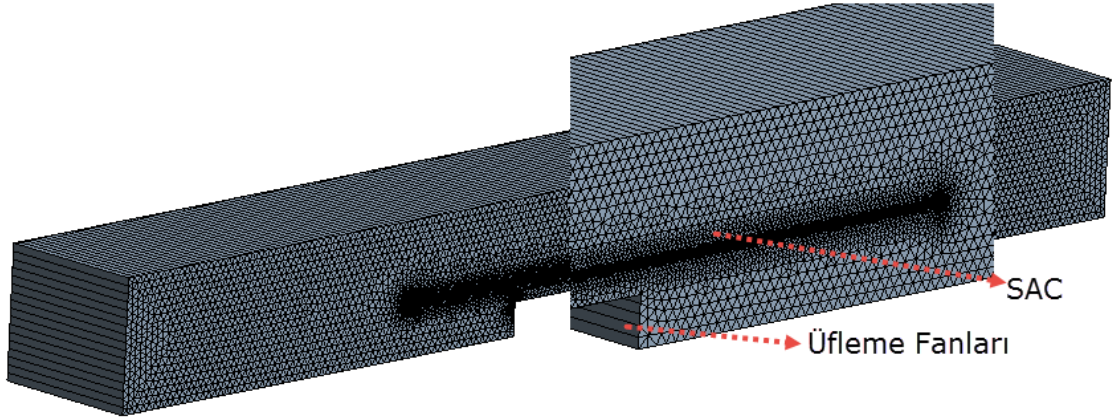


Şekil 3. 16 Sacın istiflenmiş saclara temas ettiği bölgede kontakt tanımlaması

Şekil 3.4'ten görüleceği gibi analiz sonucunda sac kendi ağırlığından dolayı diğer saclara temas edecektir. Burada önemli olan sacın temastan sonra belirli bir miktar ilerlemesidir. Probleme odaklanmak ve işlem zamanları çok uzun olduğu için bu süreci kısaltmak bakımından sacın temastan sonra belirli bir ilerlemeye gelmesi sağlanmış ve analiz bitirilmiştir. Kullanılan temas tipi sürtünmesiz kontakttır.

3.8 Akış Analizi Gerekli Tanımlamalar

Akış analizi için tanımlanan sınır şartları Şekil 3.5'te görülmektedir. Toplam 5 adet fanın her birinden hız elde edilmektedir. 7,5 kW'lık bir motor kullanılmaktadır. Kullanılan sayısal ağ yöntemi üçgen sweep yöntemidir. Bu yöntem dinamik sayısal ağ işleminin karmaşıklığını ve eleman sayısını azaltmaktadır. Giriş için debi sınır şartı kullanılmıştır.



Şekil 3. 17 Akış analizi gerekli tanımlamalar

Akış analizinde Standart k-epsilon modeli kullanılmıştır. Akış hacmi için tanımlanam hava yoğunluğu $1,225 \text{ kg/m}^3$ ve hava viskozitesi $1.7894 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s'}$ dir.

3.8.1 Standart k-ε Modeli

Standart k-ε modeli; model taşınım denklemlerinin iki türbülans niceliği için (ki bu model için k: türbülansın kinetik enerjisi ve ε: türbülans sönümlemesi olmaktadır) çözüldüğü iki denklemler sınıfına aittir. Model özellikle Reynolds kayma gerilmelerinin daha etkin olduğu sınırlanmış akışlar için iyi performans göstermektedir. Standart k-ε modeli endüstrideki mühendislik uygulamaları için sıkça kullanılan oldukça popüler bir modeldir ve birçok ticari HAD kodunda mevcuttur. Tüm türbülans modellerinde olduğu gibi kavram ve ayrıntıları zamanla gelişim göstermiştir ve standart k-ε model temelli çözüm modelleri türetilmiştir. Türbülanslı hız ve uzunluk ölçeklerinin bağımsız olarak belirlenebilmesine izin veren iki ayrı taşınım denkleminin çözüldüğü iki denklemler türbülansın en basit tam modelleridir. Launder ve Spalding (1972) tarafından ortaya konulduktan beri kullanışlı olarak mühendislik akış hesaplamalarında çokça yararlanılan bir türbülans modeli olmuştur [7].

Türbülanslı akışların geniş bir kısmında sağlamlık, ekonomiklik ve makul bir doğruluk sunması endüstriyel akış ve ısı transferi simülasyonlarındaki popülaritesini açıklamaktadır. Yarı deneysel bir modeldir ve model denklemlerinin elde edilmesi fenomenolojik faktörlere bağlıdır. K-ε modeli sabitlerinin değerleri genel kabul görmüş değerler olup, herhangi özel bir akış için sabitlerin değiştirilmesi doğruluğu artırabilir. Büyük Reynolds sayılarında standart k-ε modelinde duvar boyunca model denklemlerinin integrallerinden kaçınılmıştır. Model bazı akım alanlarında daha zayıf bir yaklaşıma sahiptir. Bazı sınırlanmamış akımlar, girdap akımları gibi ilave zorlanmaların bulunduğu akımlar bunlara örnektir. Modelin bilinen bir eksikliği dairesel jet için yayılma oranını olduğundan fazla öngörmesidir. Bu problem daha önce yapılmış deneysel ve sayısal çalışmalar referans alınarak model için belirlenmiş sabit katsayı değerlerinin probleme uygun olarak değiştirilmesi ile giderilebilir. Ancak bu tür akışa bağlı ayarlamalar da belirli bir sınıra kadardır [7].

Türbülans kinetik enerjisi k ;

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - \rho \varepsilon \quad (3.6)$$

Disipasyon ε ;

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} 2\mu_t E_{ij} E_{ij} - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (3.7)$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (3.8)$$

Burada u_i ilgili yönde gelen hız bileşeni, E_{ij} deformasyon oranının bileşeni, μ_t eddy viskozitesini temsil etmektedir [8]. Eddy viskozitesi girdap viskozitesi olarak tanımlanır. Akışta önce büyük girdap kütleleri oluşur. Daha sonra ise büyük girdap kütleleri parçalanır. Sonuçta en küçük olan girdap kütleleri yok olur.

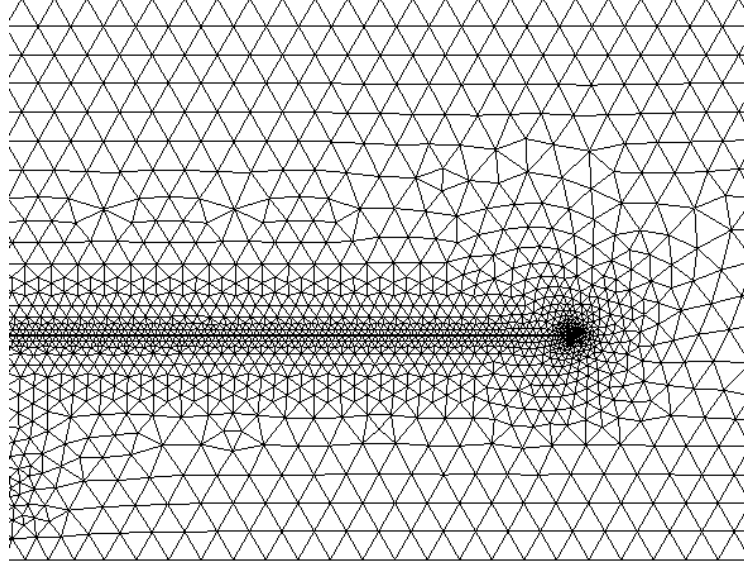
(3.6), (3.7), (3.8) denklemleri [8] bazı sabitlerden oluşur. Bu sabitler sayısız tekrarlardan sonra elde edilmiştir.

$$C_\mu = 0,09 \quad \sigma_k = 1,00 \quad \sigma_\varepsilon = 1,30 \quad C_{1\varepsilon} = 1,44 \quad C_{2\varepsilon} = 1,92$$

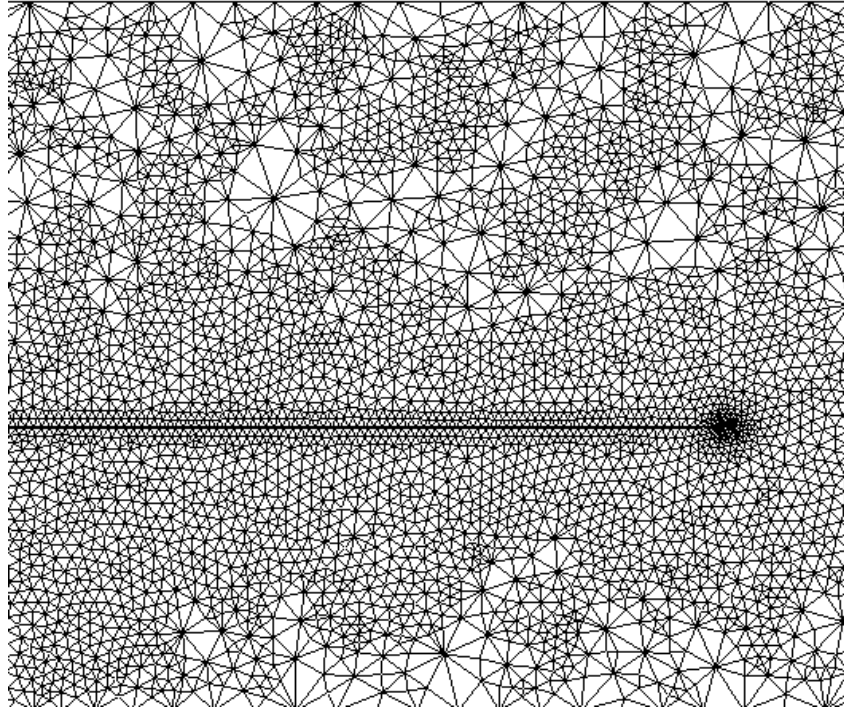
3.9 Akış Yapı Etkileşimli Analiz Çalışmaları

3.9.1 Dinamik Sayısal Ağ

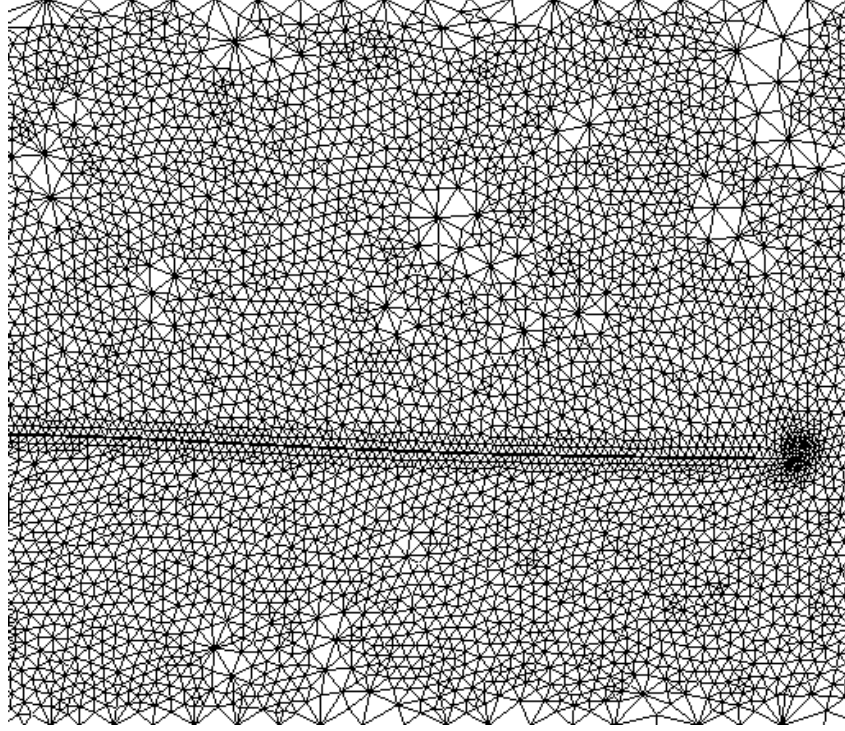
Farklı zaman adımlarında alınmış dinamik sayısal ağ değişimleri Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de verilmiştir. Analiz adımları 0.001 saniyedir. Dinamik sayısal ağ üçgen elemanlardan oluşmaktadır.



Şekil 3. 180 saniye



Şekil 3. 190,012 saniye



Şekil 3. 20 0,1 saniye

Dinamik sayısal ağ yönteminde smoothing metodu olarak diffusiona dayalı yöntem seçilmiştir. Bu yöntem deformasyonun fazla olduğu iki yönlü akış yapı etkileşimli problemlerde negatif hacim hatasını engellemek için en çok kullanılan yöntemdir. Remeshing (sayısal ağ yenileme) yöntemi ise 2,5D remeshing olarak tanımlanmıştır.

Parameters	
Minimum Length Scale (mm)	6
Maximum Length Scale (mm)	40
Maximum Cell Skewness	0.9
Maximum Face Skewness	0.7
Size Remeshing Interval	1

Şekil 3. 21 Sayısal ağ yenileme parametreleri

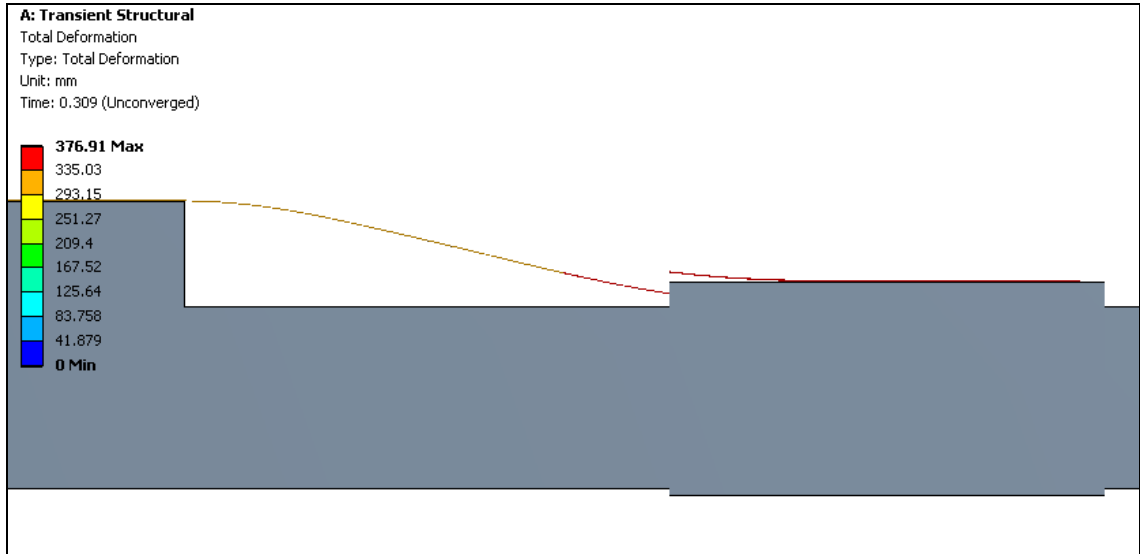
Şekil 3.9'da görülen minimum length scale sayısal ağının minimum boyutununun belirlenmesidir. Eğer sayısal ağ bu boyuttan küçük olursa ağ yenileme işlemi otomatik olarak yapılır. Maksimum Legth Scale ise aynı şekilde sayısal ağ bu boyutu geçtiğinde ağ yenileme işlemi tekrarlanır.

Skewness değeri ise maksimum ağ kalitesini göstermektedir. Eğer ağ kalitesi bu değerden fazla olursa diğerlerinde olduğu gibi ağ yenileme işlemi tekrar edilir.

Sayısal ağ yenileme işlemi zor bir işlemdir ve ilk analizlerde sonuca ulaşmak zordur. Bu nedenden dolayı elde edilen sonuçlar birden fazla deneme sonucunda elde edilmiştir. Deneme sayısı herbir analiz için ortalama 5'tir. Analizlerin her birinin toplam çözüm süresi ortalama 24 saattir.

3.9.2 Farklı Sayıda Kanaldan Üfleme Durumu

Debi miktarı 1 kg/s alınarak 4 kanaldan üfleme olduğunda sac ile temas ettiği yüzeyin durumunu göstermektedir. 3 mm kalınlığındaki sac için Şekil 3.10'da ki duruma bakıldığında mevcut sac levhaların üzerine temas ettiği görülecektir. Dolayısı ile 4 kanaldan üfleminin saca yeterli bir kaldırma kuvveti uygulamamaktadır. 5 kanaldan üfleme olduğunda ise havanın temas ettiği yüzey alanı arttığı için sacın ön kısmının temas alanının azaldığı Şekil 3.11'de görülmektedir.



Şekil 3. 22 Dört kanaldan üfleme durumu

A: Transient Structural

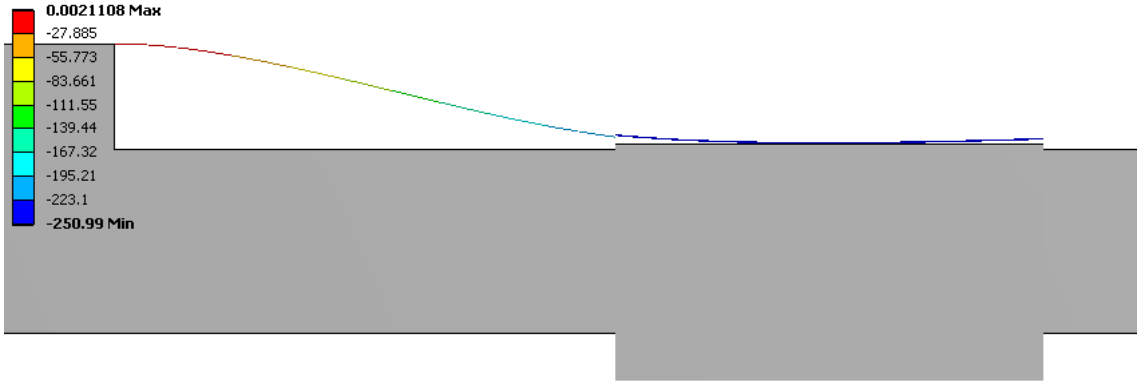
Directional Deformation

Type: Directional Deformation(Y Axis)

Unit: mm

Global Coordinate System

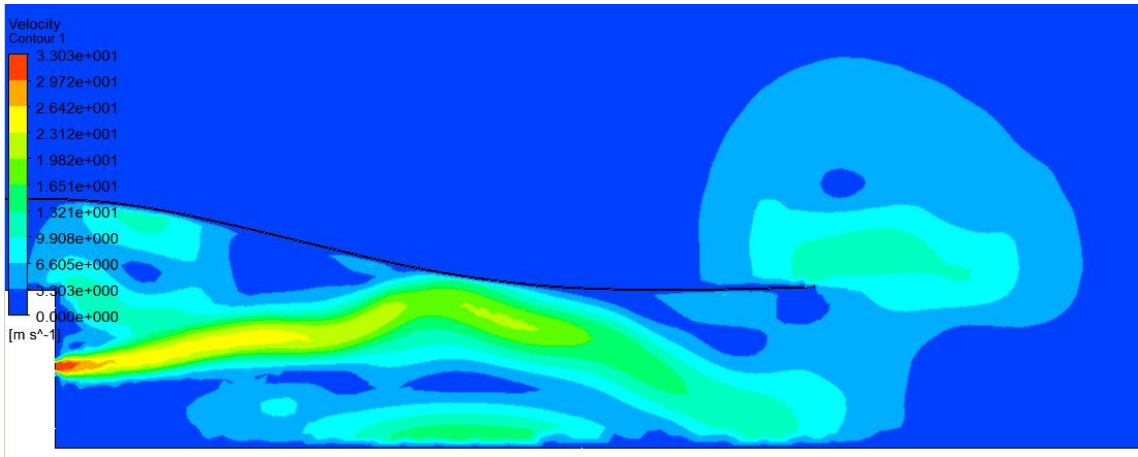
Time: 0.3



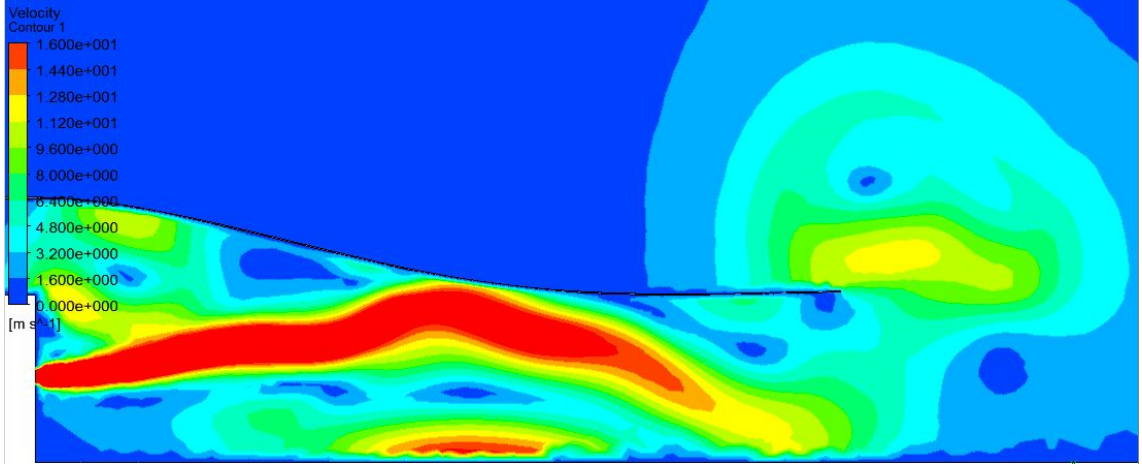
Şekil 3. 23 Beş kanaldan üfleme durumu

3.9.3 Debi Değişimi

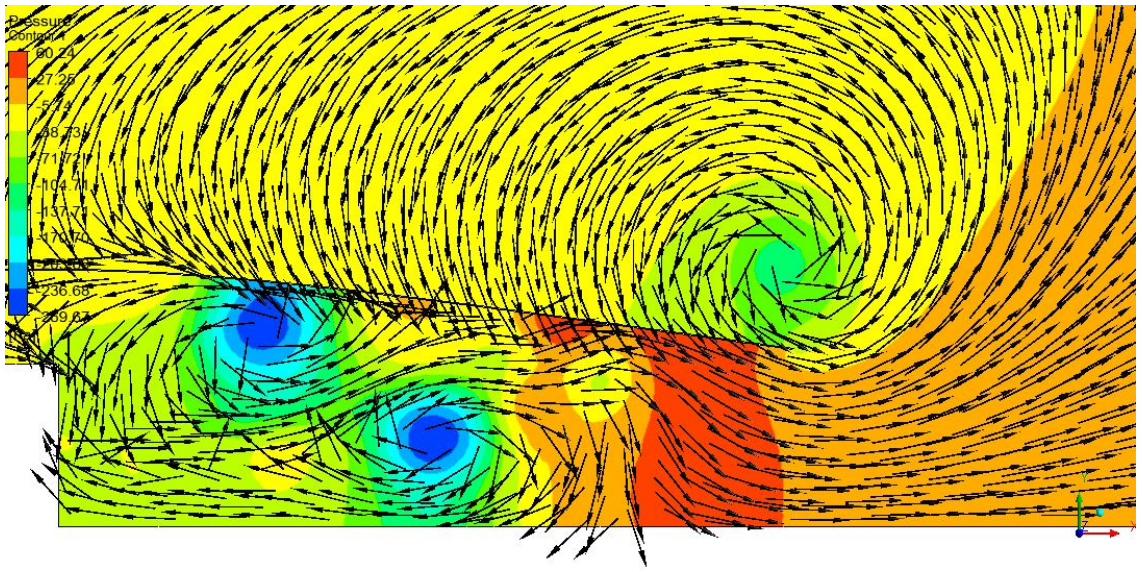
Debi yaklaşık 4 katına çıkarıldığında 3 mm kalınlığındaki sacın durumu Şekil 3.12 ve Şekil 3.13'teki resimlerde görülmektedir. Debinin arttırılması sacın temas yüzeyine daha yumuşak düşerek sürtünme etkilerinin azaltılmasında etkili olmaktadır. Maksimum debi ise 4 kg/s olarak tanımlanmıştır.



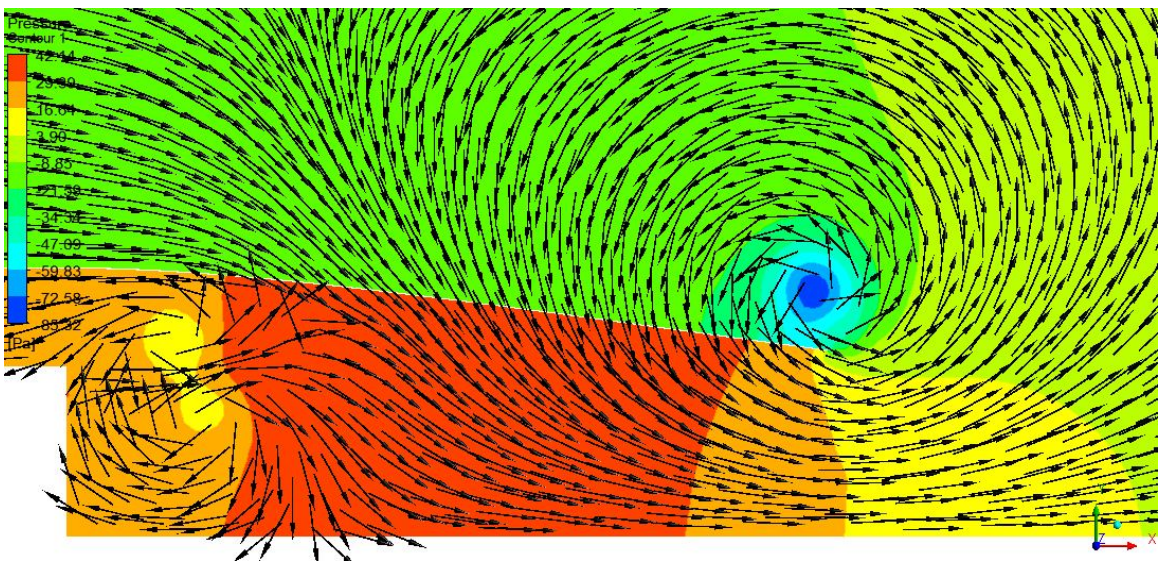
Şekil 3. 24 3 mm kalınlığındaki sacın 4 kg/s için hız dağılımı



Şekil 3. 25.3 mm kalınlığındaki sacın 4 kg/s için hız dağılımı

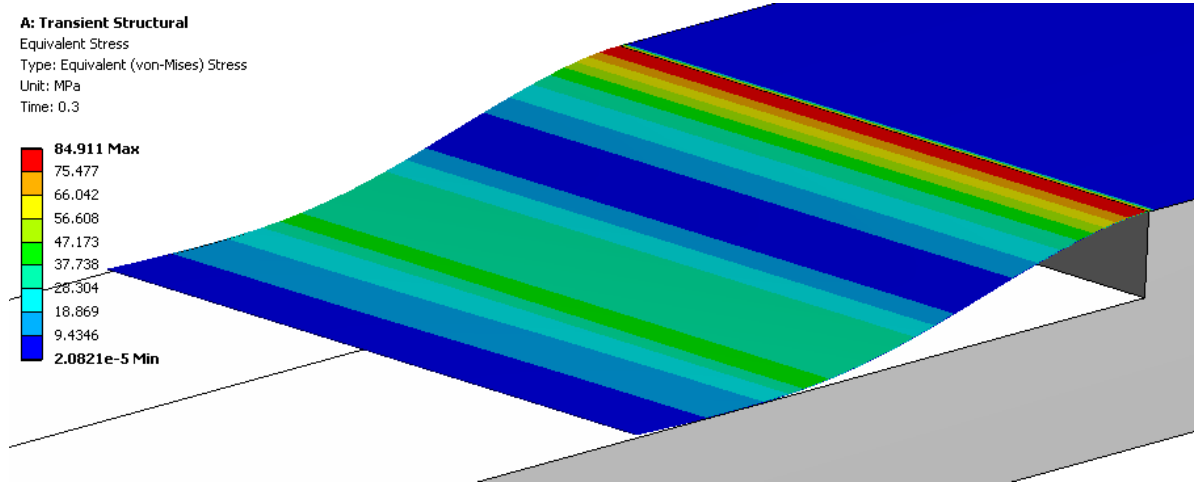


Şekil 3. 26.3 mm kalınlığındaki sacın 4 kg/s için basınç dağılımı



Şekil 3. 27.3 mm kalınlığındaki sacın 1 kg/s için basınç dağılımı

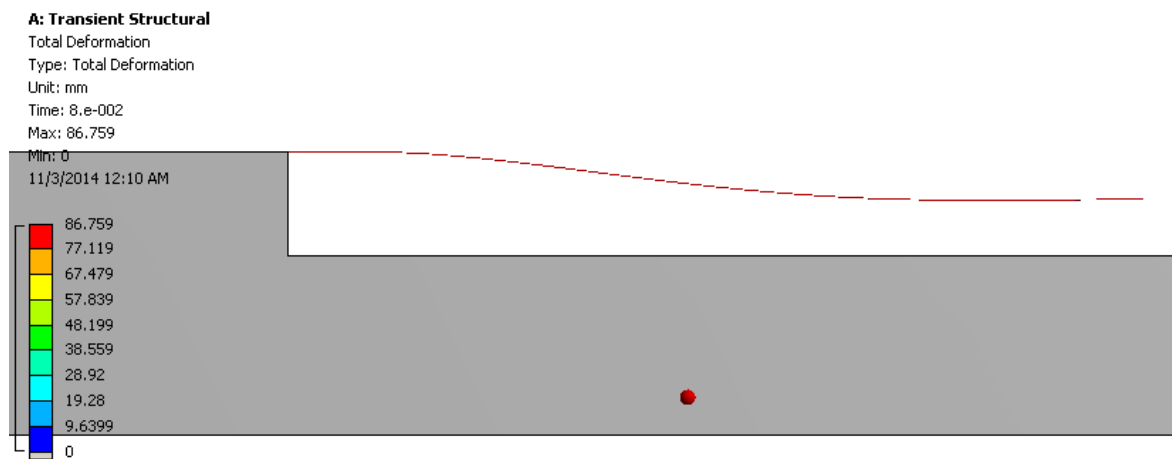
1 kg/s için elde edilen maksimum basınç 42 Pa olduğunda bu değer 4 kg/s için 269 Pa civarına çıkmaktadır. Şekil 3.14'tende görüldüğü gibi 4 kg/s için maksimum basıncın sac levhanın ön tarafında yoğun olmasında istenen bir etkidir.



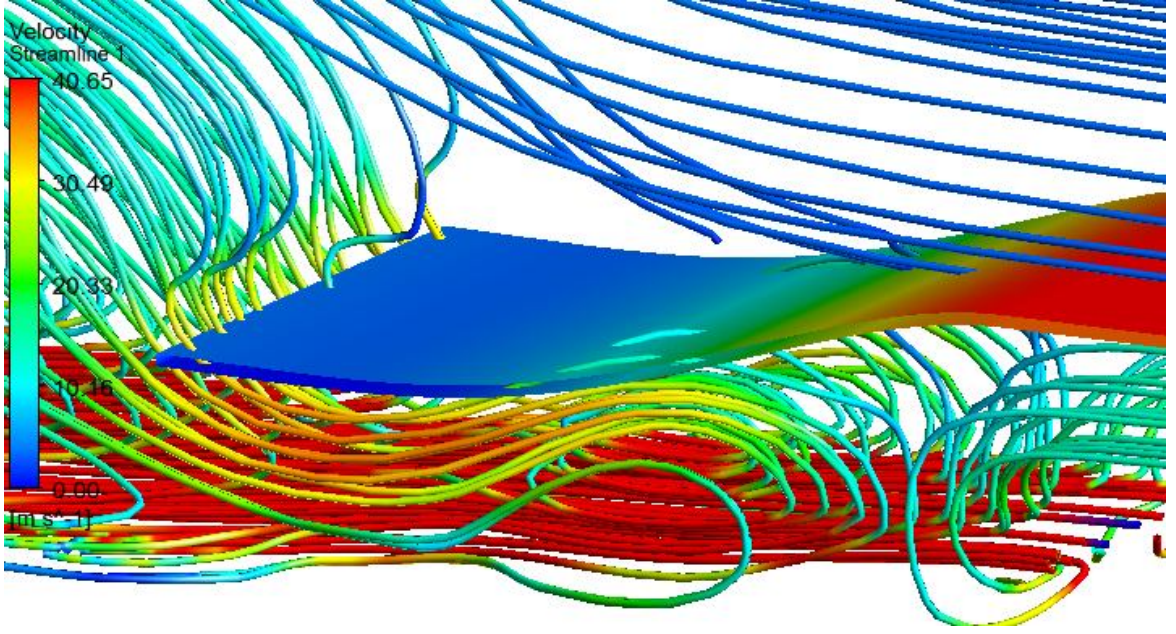
Şekil 3. 28 Sacın gerilme değerleri

Şekil 3.16'da sac levha kendi ağırlığından dolayı deformasyona uğradığında oluşan gerilme değerleri görülmektedir. Oluşan maksimum gerilme değeri 84 MPa'dır. Bu gerilme değeri kullanılan malzemenin akma değeri olan 280 MPa değerinin altında olduğundan herhangi bir plastik şekil değişimi gözlenmemiştir.

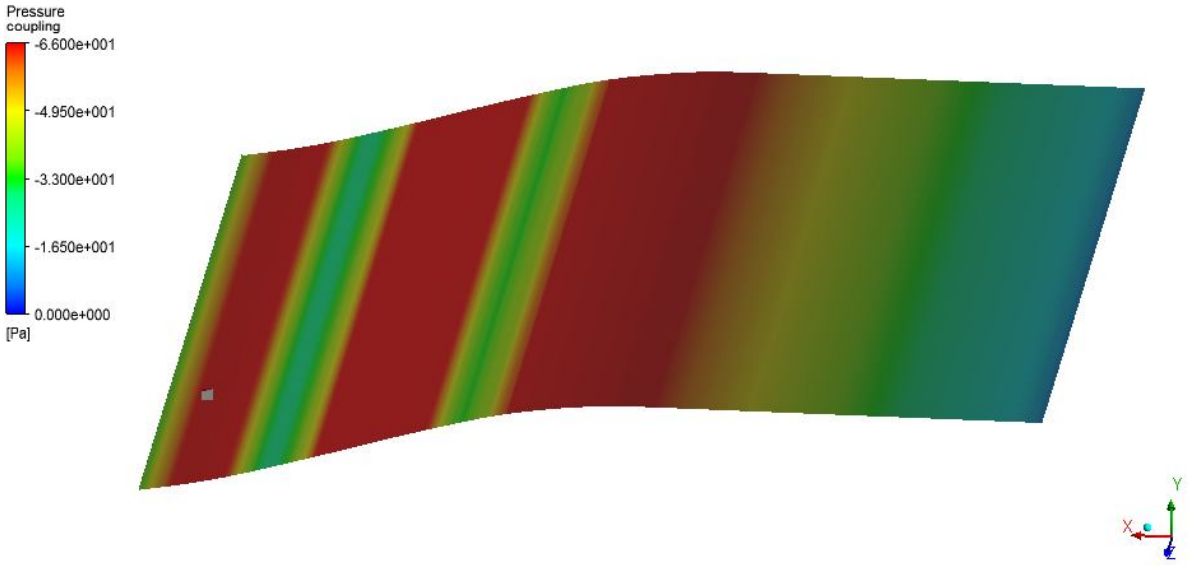
Aşağıdaki Şekil 3.17'de 3 mm'lik sac levha için debi 20 kg/s değerine çıkarıldığında sac levhanın diğerleri ile kıyaslandığında kaldırma kuvvetinin bu hız değerinde daha etkili olduğu ve sac levhayı yüzdürebildiği görülmüştür.



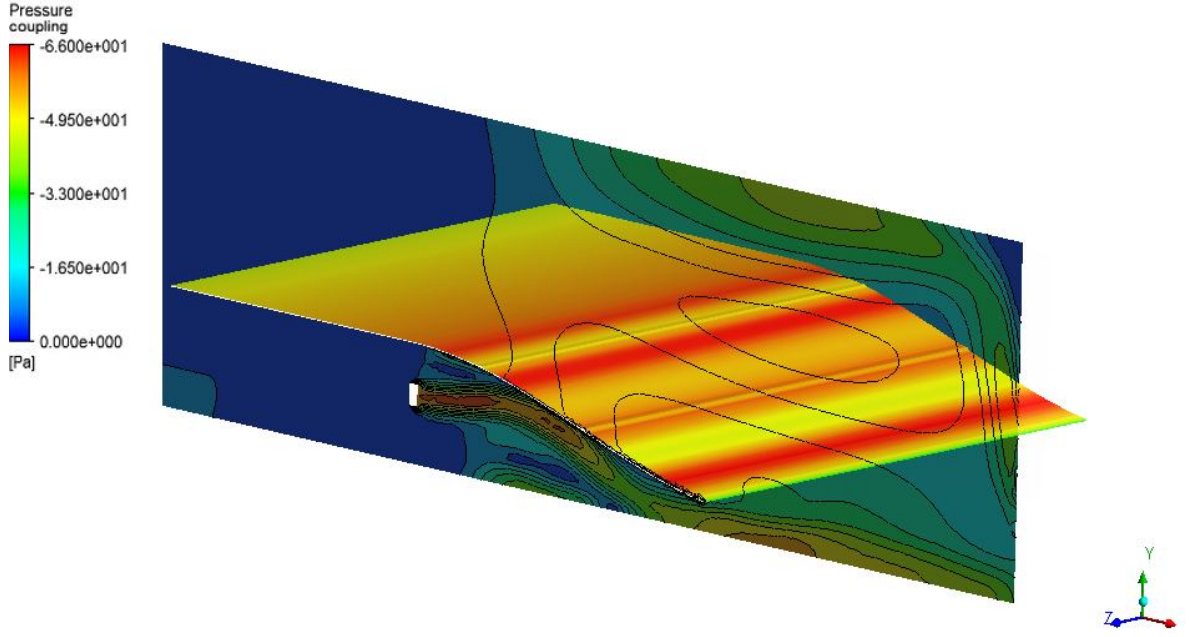
Şekil 3. 29 3 mm kalınlığındaki sac levhanın deformasyon miktarı



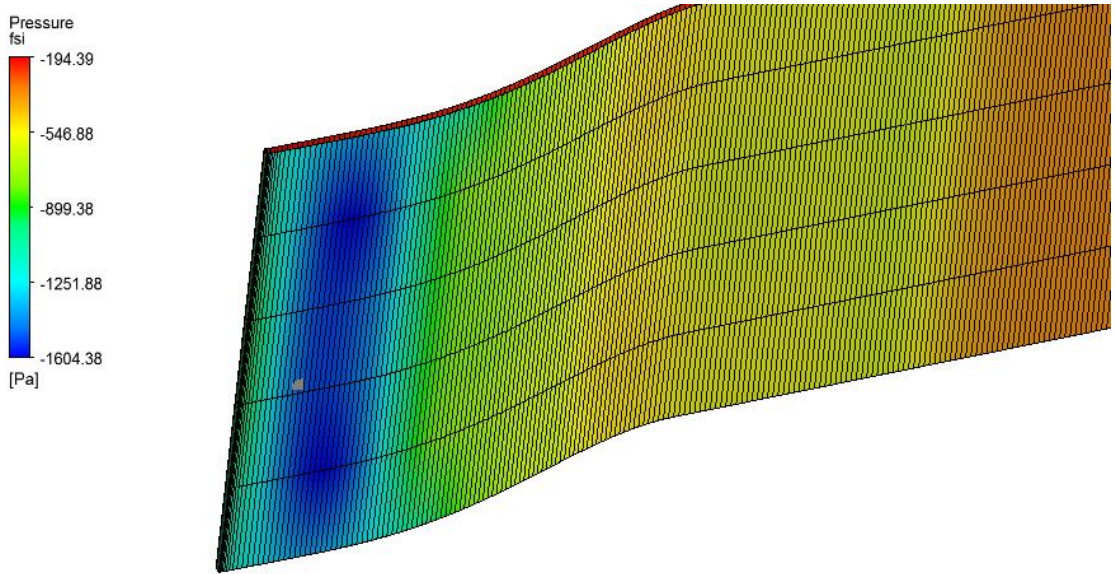
Şekil 3. 303 mm kalınlığındaki sac levhanın alt kısmındaki akış çizgileri



Şekil 3. 310,5 mm kalınlıklı sac levhanın 2,65 kg/s debide basınç dağılımı



Şekil 3. 32 0,5 mm kalınlıklı sac levhanın 2,65 kg/s debide basınç dağılımı



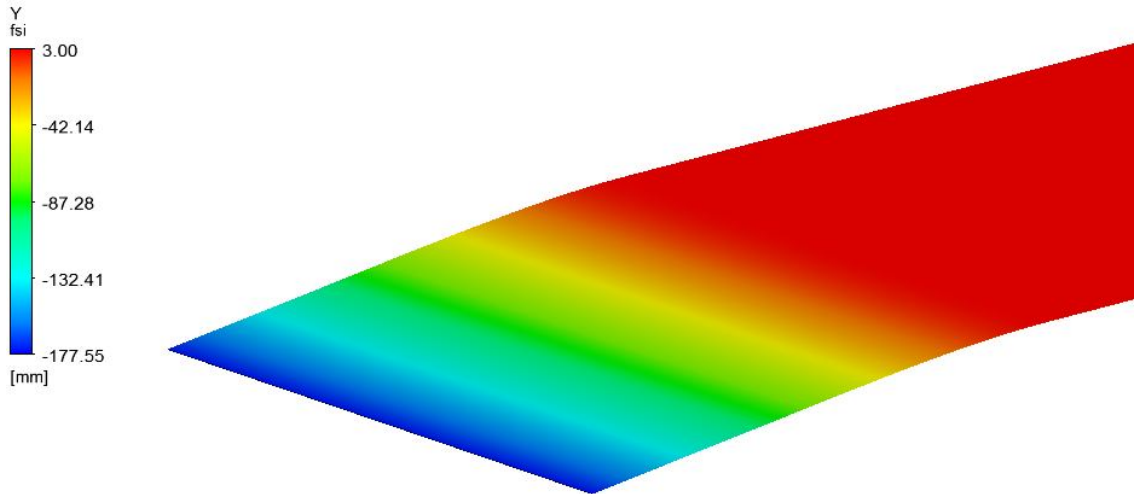
Şekil 3. 33 3 mm kalınlıklı sac levhanın 20 kg/s debide uç bölümünde oluşan basınçlar 3 mm kalınlığındaki sac levhanın 20 kg/s debide uç bölümünde oluşan basınç değerinin 1604 Pa civarında olduğu görülmektedir. 0,5 mm kalınlıklı sac levha için bu değer 2,65 kg/s debide 66 Pa civarındadır.

0,5 mm kalınlıklı sac levha ağırlığı 2,77 kg, 3 mm kalınlıklı sac levha ağırlığı ise 62,32 kg civarındadır. 3 mm kalınlıklı sac levha ağırlığı 0,5 mm sac levha ağırlığının yaklaşık 22 katıdır.

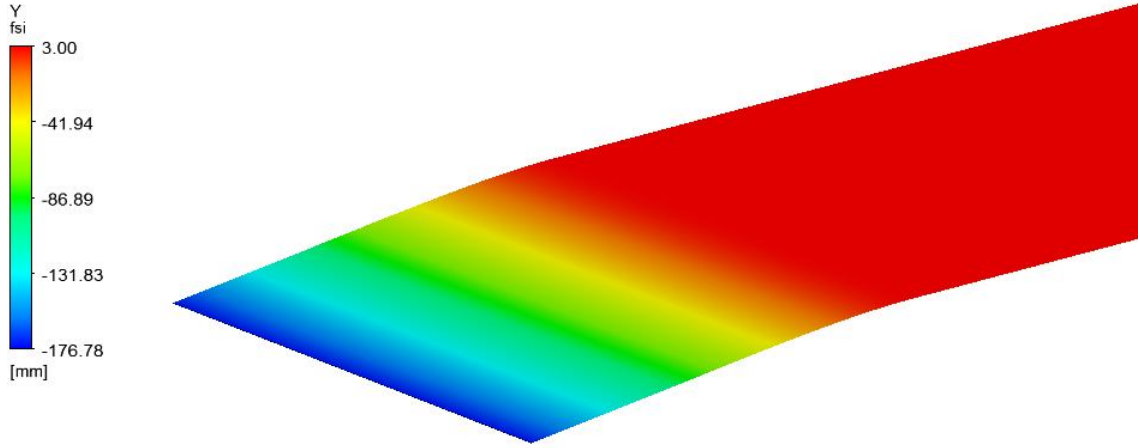
Bulduğumuz sonuçlara bakıldığında debi artışının sac levha ağırlık artışı ile orantılı olması bizi sonuca götürebilmektedir. Basınç artışında hesaplanan değerler dikkate alındığında yaklaşık 24 kat olduğu görülmektedir.

3.9.4 Kanalların Dikeyde Yer Değiştirmesi

Bu bölümde 1 kg/s debi verilerek kanalların yer değişiminin etkisi incelenmiştir. Yer değiştirme durumu analiz sürelerinin uzunluğundan dolayı anlık olarak incelenmiştir. Kanalların dikeyde yer değiştirmesinin sac deformasyonuna etkisinin çok fazla etkisinin olmadığı Şekil 3.22 ve Şekil 3.23'teki değerlerden görülmektedir. Kanallar ikinci durumda 15 cm aşağıya alınarak analizler tekrarlandığında sac levhada meydana gelen deformasyon miktarında önemli derecede bir artış gözlenmediği Şekil 3.22'den görülmektedir. Şekil 3. 22'deki maksimum deformasyon miktarı 177,55 mm iken Şekil 3.23'teki deformasyon miktarı 176,78 mm olmaktadır.



Şekil 3. 34 3 mm kalınlığındaki sac levhanın uç bölümünde oluşan deformasyonlar

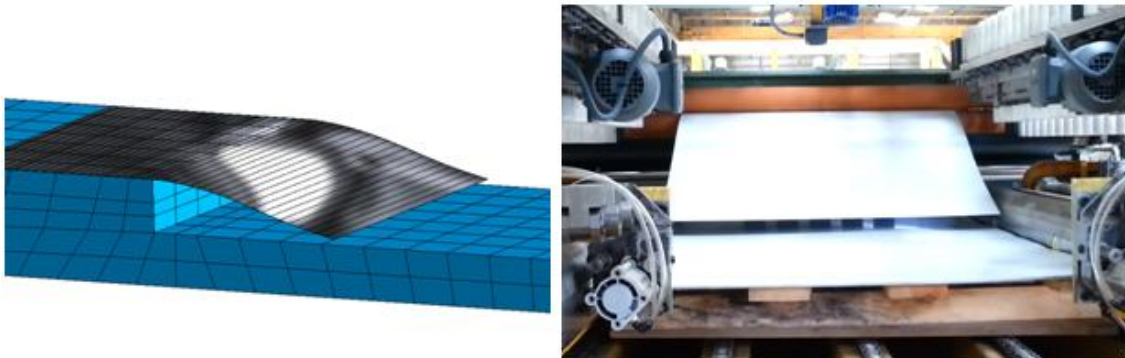


Şekil 3. 35 3 mm kalınlığındaki sac levhanın uç bölümünde oluşan deformasyonlar

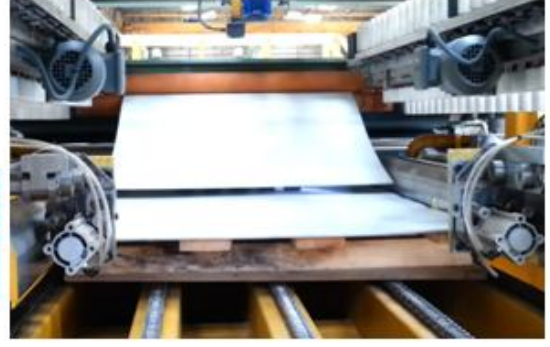
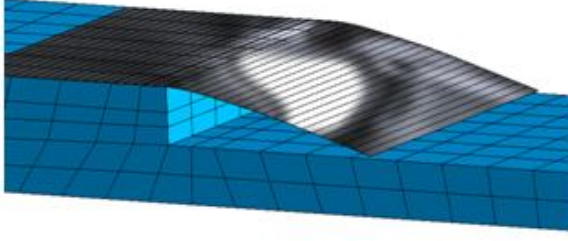
3.10 Mevcut Durum 0,5 mm Sac için Yapılan Analiz Çalışması

Yapılan analizler de 3 mm'lik sac için maksimum değerler girilerek yapılmıştır. Bunun amacı istifleme makinasında kullanılacak maksimum sac boyutunda istifleme işlemi için gereken hava debisini karşılayabilecek değeri hesaplamak ve bu hava debisini sağlayabildiğimiz takdir de bundan daha düşük sac boyutlarında gereken hava debisini zaten karşılayabileceğimizi göstermektedir. 3 mm'lik sac için gereken 20 kg/s lik debi, 0,5 mm'lik sac da ise 2,65 kg/s debi yeterli olmuştur. 0,5 mm'lik 2 metre boyu ve 1 metre genişliğinde olan sac, makine de istiflenmektedir. Gerçekte istifleme işlemi için denemesi yapılan 0,5 mm'lik sac için analiz çalışmaları yapılmıştır. Deneyde kullanılan sac ve analizde kullanılan aynı değerlerdeki sac sonuçları karşılaştırılmıştır.

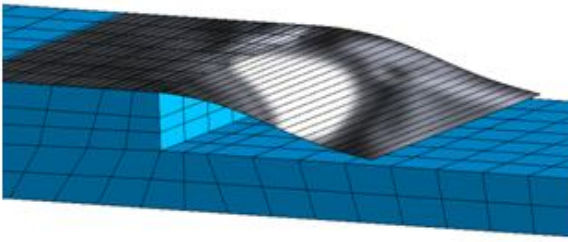
0,5 mm'lik sacın saniye saniye adımları ve izlediği yörünge şekillerde gösterilmiştir.



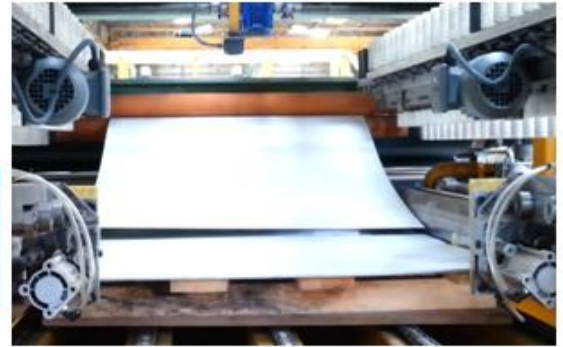
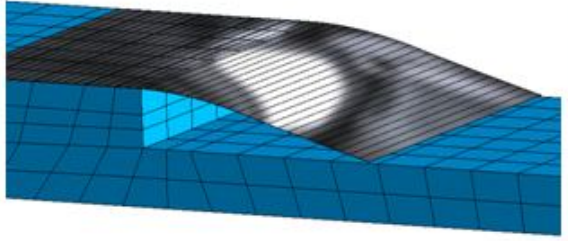
Şekil 3. 36 0,25 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



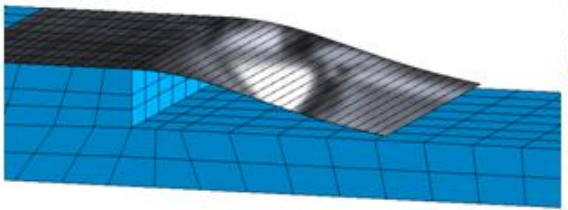
Şekil 3. 37 0,5 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



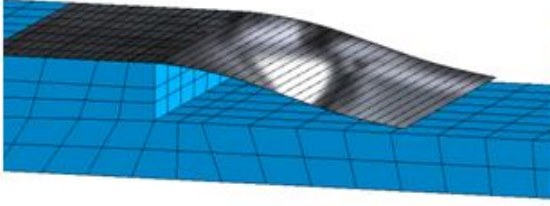
Şekil 3. 38 0,75 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



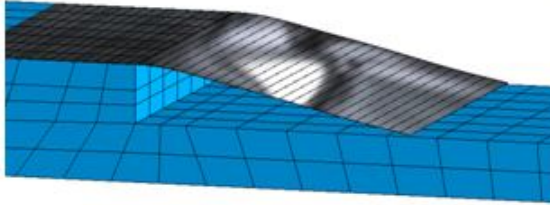
Şekil 3. 39 0,8 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



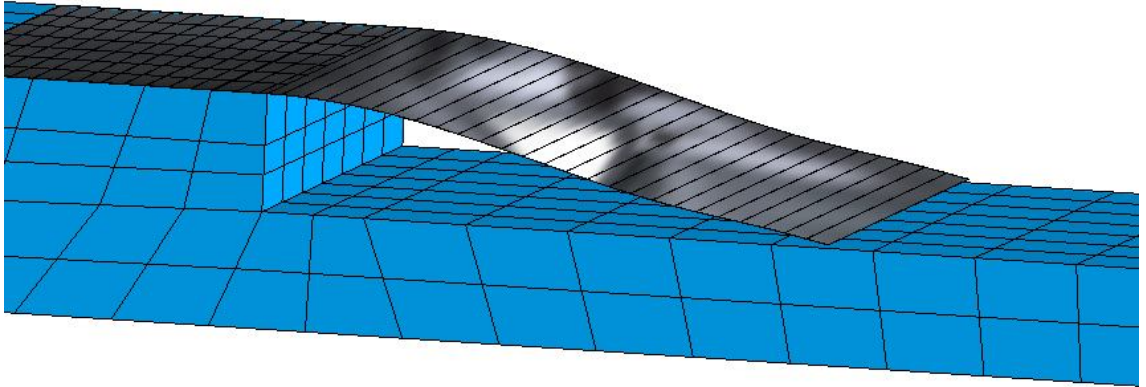
Şekil 3. 40 1 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



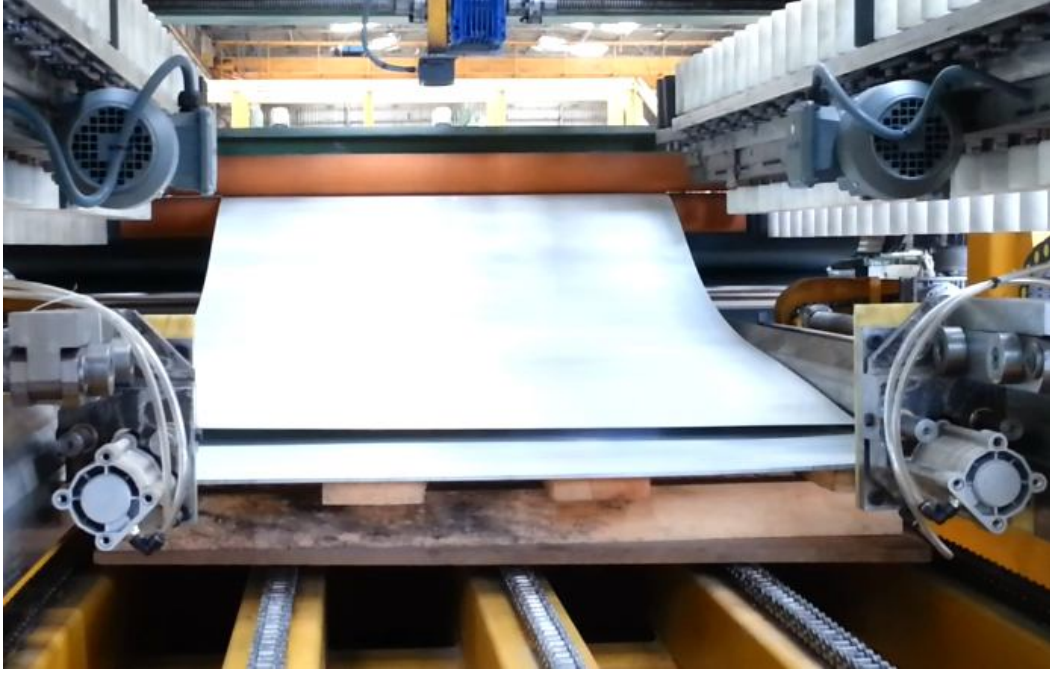
Şekil 3. 41 1,25 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



Şekil 3. 42 1,5 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



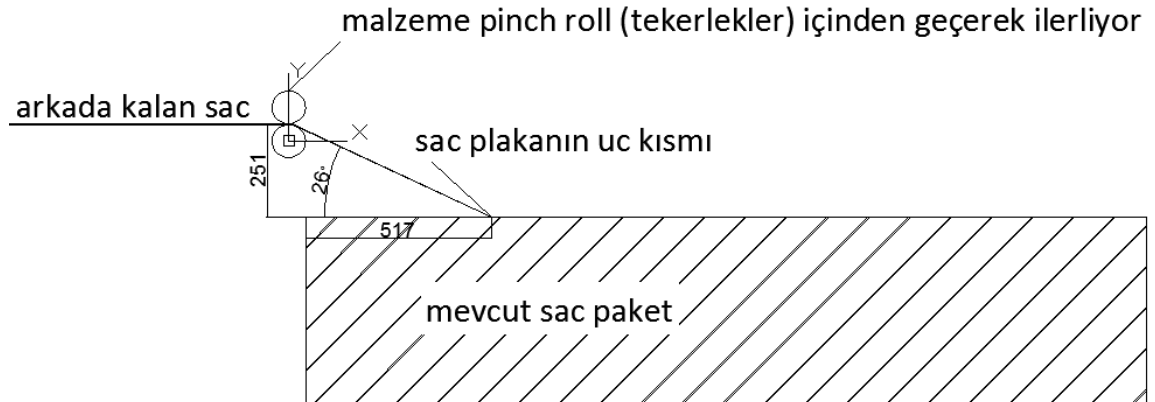
Şekil 3. 43 1,75 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



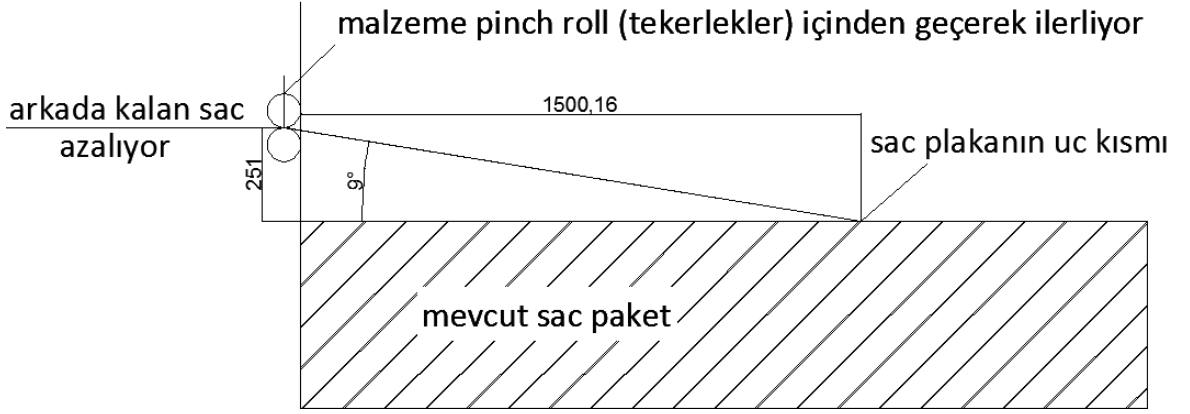
Şekil 3. 44 1,75 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu

Analizler de 0,5 mm'lik sacın izlediği yörünge zamana bağlı olarak gösterilmiştir. Burada yapılan analizlerde teorikte ve deneysel düzenekte birbirine yakın değerlerin ortaya çıktığı görülmüştür.

Şekil 3.33'te 0,5 mm'lik sacın hava kanallarından üfleme olmaması durumu gösterilmiştir. Burada sac tekerleklerden geçerek belli bir miktar düz şekilde gitmekte ve daha sonra havada kalan sac ağırlığına dayanamayıp aşağı doğru düşmektedir. Sacın yere ilk temas ettiği nokta hava, kanalları ile 517 mm mesafede olduğu görülmüştür. Daha sonra sac Şekil 3.34'te görüldüğü gibi tekerleklerin (merdanelerin) itmesiyle temas noktasından sürtünerek ilerlemektedir.

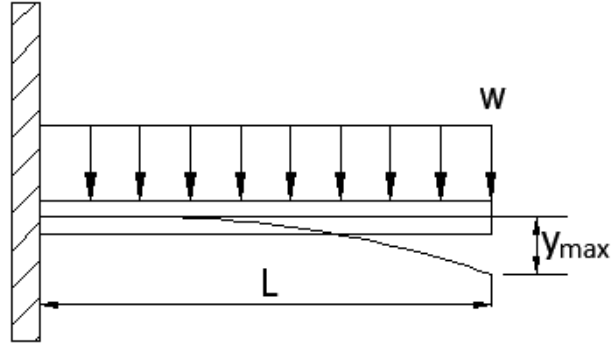


Şekil 3. 45 1 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu



Şekil 3. 46 1,5 saniyede 0,5 mm'lik sacın konumu

Bu sac için hem CAD ortamında hem de el ile mukavemet hesabı yapılmıştır. Bunların sonucunda ilk temas ettiği nokta CAD ortamı ve el ile hesap arasında karşılaştırılıp doğrulanmıştır. Şekil 3.35' te basit mesnetli kirişte yayılı yükteki sehim bulunacaktır. L uzunluğu sacın ağırlığından dolayı aşağı doğru sehim yapan bölümdür.



Şekil 3. 47 Maksimum sehim miktarı

$$y_{max} = -w_1 \cdot \frac{L^4}{8.E_m.I} \quad (3.9)$$

$$w_1 = \frac{F_w}{L} \quad (3.10)$$

$$I = \frac{b.h^3}{12} \quad (3.11)$$

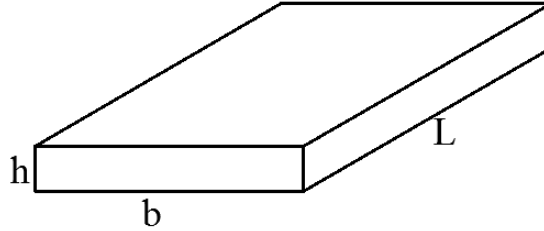
$$F = m.g \quad (3.12)$$

Denklem (3.9)' dan m kütle ise;

$$m = d.V_h \quad (3.13)$$

Denklem (3.13)'te d alüminyumun yoğunluğu ve sehim oluşturan bölümün hacmide V_h ise;

$$V_h = b.L.h \quad (3.14)$$



Şekil 3. 48 Dikdörtgen kesitli kiriş

(3.9), (3.10) ve (3.11) denklemleri [9] sehim hesabı formülleridir.

$$E_m = 71000 \text{ N/mm}^2$$

$$L = 575 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 0,5 \text{ mm}$$

$$g = 9,807 \text{ m/s}^2$$

$$d = 2,77 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$$

Buradan değerler formüllerde yerine koyulursa;

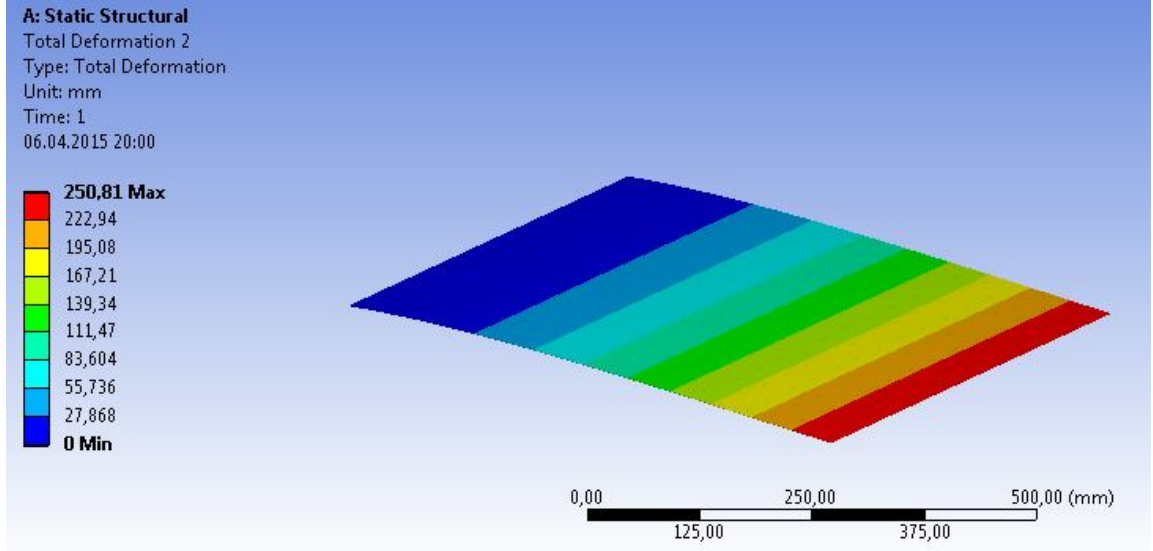
$$V_h = 1000 \cdot 575 \cdot 0,5 = 287500 \text{ mm}^3 \quad (3.15)$$

$$m = 2,77 \cdot 10^{-6} \cdot 287500 = 0,79638 \text{ kg} \quad (3.16)$$

$$F_w = 0,79638 \cdot 9,807 = 7,81 \text{ N} \quad (3.17)$$

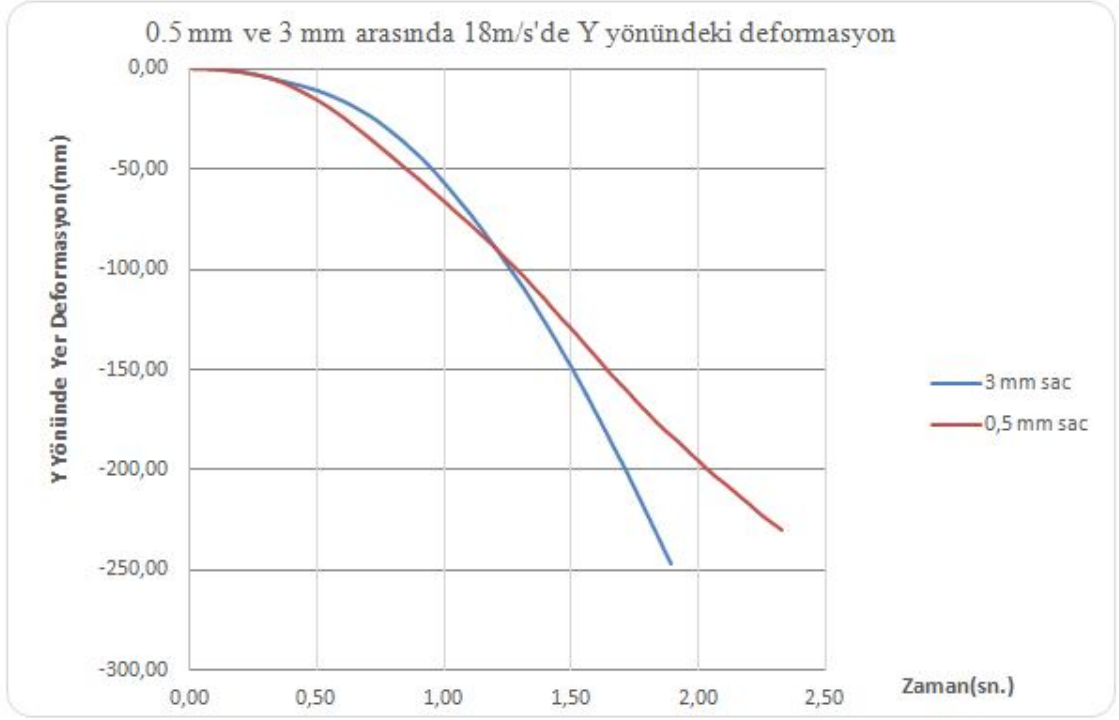
$$I = \frac{1000 \cdot 0,5^3}{12} = 10,42 \text{ mm}^4 \quad (3.18)$$

$$y_{max} = -\frac{7,81}{575} \cdot \frac{575^4}{8 \cdot 7,1 \cdot 10^4 \cdot 10,42} = 250,86 \text{ mm} \quad (3.19)$$



Şekil 3. 49 Cad ortamında sehım hesabı

Sac levha tekerleklerin arasından geçtikten sonra belli bir süre düz gidip daha sonra ağırlığından dolayı aşağı doğru sehım yapmaktadır. Sac levhanın ucu yere değdiği an sacın ilerlemiş bölümü 575 mm'dir. Sac levhanın çıkış kısmı ve aşağıdaki değdiği mevcut sac levhalar arası uzaklık 251 mm'dir. El ile yapılan sehım hesabında sehım miktarı 250,86 mm çıkmıştır. El ile yapılan sehım hesabı doğru sonuçlanmıştır. Bu hesabı CAD ortamında yaptığımızda ise sehım miktarı Şekil 3.37'de görüleceği gibi 250,81 mm hesaplanmıştır. El ile yapılan hesap ile CAD ortamında yapılan hesap neredeyse eşit değerde çıkmıştır. Sayılarda küsürat farklılığının sebebi ise CAD hesaplamalarında kullanılan değerlerdeki küsüratlar ile el ile hesaplanan değerlerdeki alınan küsüratlarda farklılık gösterebilmektedir.



Şekil 3. 50 0,5 mm ve 3 mm arasında 18 m/s'de Y yönündeki deformasyon

Şekil 3.38'de 0,5 mm ve 3 mm kalınlığındaki sacların fanın çıkış hızı 18 m/s'deki ilerleme yörüngesi ve Y yönündeki deformasyonları gösterilmiştir. 3 mm kalınlığındaki sac ağırlığından dolayı 0,5 mm kalınlığındaki saca göre daha fazla deformasyona uğrayıp eğilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Analizler 3 mm ve 0,5 mm kalınlığındaki saclar için yapılmıştır. Kanal sayısının azaltılması, kanalların dikeyde konumlarının değiştirilmese ve debi değişimi şeklinde tekrarlanan analizler de;

- Kanal sayısının azaltılmasının olumlu bir etkisi olmadığı görülmüştür.
- Kanalların dikeyde yer değiştirmesinin sac deformasyonu üzerinde önemli bir etkisi yoktur.
- Analizlerde elde edilen sonuçlarda en iyi durum debinin arttırılması durumudur. Hız yaklaşık 4 katına çıkarıldığında sürtünmenin azaldığı ve temas yüzeyindeki durumun değiştiği gözlenmiştir.
- Analiz çözüm süreleri bir analiz için yaklaşık 1 gündür.
- Debinin arttırılması ile hem sac levhanın alt kısmına uygulanan basınçlar artmış hemde maksimum basınçların sac levhanın uç tarafında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu da asıl hedefe daha yaklaşmamızı sağlamaktadır.
- 3 mm'lik sac levha için debi 4 kg/s 'den 20 kg/s civarına çıktığında sac levhanın üzerinde rahatlıkla kaldırma etkisi yaratılmıştır.

Yapılan analizlere göre 3 mm kalınlığında, 3 metre uzunluğu 2,5 metre eni olan bir alüminyum sac levhayı hava üzerinde yüzdürerek ve ağırlığından dolayı uç kısmında oluşan deformasyon sebebiyle eğilen sacın, alt taraftaki istiflenmiş olan sac levhaları çizmeden, uç kısmının hava üflenerek kaldırıp yüzdürülmesi için gereken debi miktarı

20 kg/s bulunmuştur. Gereken bu debi miktarları makinede kullanılan teçzihata göre farklılık gösterebilir. Ayrıca gerekli 20 kg/s debi miktarı için fan revize edilebilir.

Analizlerde hesaplanan bir diğer alüminyum sac levha, 0,5 mm kalınlığında, 2 metre uzunluğunda ve 1 metre enindedir. Bu boyutlardaki sac levha için 2,65 kg/s'lik bir debi miktarı yeterli olmuştur. Sac alt taraftaki istiflenmiş olan levhaları çizmeden, uç kısmı hava yardımı ile yukarı doğru kaldırılarak düz bir şekilde diğer sacların üzerine düşürülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] PDS Makina, www.pdsmakina.com.tr/boy-kesme-hatti/interaktif-gorunum-1, 3 Haziran 2015.
- [2] Radek, R. J. ve Flowers, S. T., 1986, Sheet Handling Machine, http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19861125&CC=US&NR=4624455A&KC=A, 3 Nisan 2015.
- [3] Mokler, B., 1995, Sheet Stacker With Brake, http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=1&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=19951024&CC=US&NR=5460361A&KC=A, 3 Nisan 2015.
- [4] Güney E. H., (2010). Adyabatik Mikrokanallarda Akışın Fluent İle Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [5] Yahnioğlu, N., Sonlu Elemanlar Yöntemi, www.yildiz.edu.tr/~nazmiye/Sonlu%20elemanlar%20yontemi-sunu.ppt, 3 Nisan 2015.
- [6] ANSYS Workbench 15.0, ANSYS Inc.
- [7] Yıldırım, S. M., (2008). Türbinmetre Akış Hacminin 3 Boyutlu Hesaplamalı Akışkanlar Mekaniği Kodları ile Sayısal ve Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTU Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Wikipedia, K-epsilon Turbulence Model, http://en.wikipedia.org/wiki/K-epsilon_turbulence_model, 12 Haziran 2015
- [9] Mukavemet, Formüller, Tablolar ve Şekiller, http://www.vedattaskin.com/FileUpload/ks304689/File/ek_1_formuller.pdf, 9 Haziran 2015.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İzzet DÖNERTAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 06.09.1990/Üsküdar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : izzetdonertas@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Konstrüksiyon	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lisans	Makine Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Maltepe Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014	Yıldız Teknik Üniversitesi	SAN-TEZ Gerçekleştirme Görevlisi
2015	Crombera Dizayn	Mekanik Mühendisi

YAYINLARI

Proje

1. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Tezleri Programı, proje numarası 0316.STZ.2013-2 ve proje adı "Boy kesme hatlarında işlenen hassas yüzeyli metal levhaları otomatik olarak istifleme makinası geliştirme"