

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE YALIN ÜRETİM UYGULAMALARI İLE
TEDARİKÇİ FİRMA VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI

EMRE GÜL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI

GEBZE

2020

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

HAVACILIK SEKTÖRÜNDE YALIN ÜRETİM
UYGULAMALARI İLE TEDARİKÇİ FİRMA
VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI

EMRE GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANABİLİM DALI

DANIŞMANI

Prof. Dr. BÜLENT SEZEN

GEBZE

2020

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU
----------------------------------	--------------------------------------

GTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından/...../..... tarihinde tez savunma sınavı yapılan Emre GÜL'ün tez çalışması İşletme Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada, yalın üretim tekniklerinin sürekli iyileştirme anlayışı benimsenerek havacılık sektöründe çalışan tedarikçi bir firmanın süreçlerini optimize ederek verimlilik artışı sağlandı. Yalın üretimde adeta bir şemsiye görevi görerek çatısı altında bir çok farklı tekniği barındıran KAIZEN sürekli iyileşme felsefesi ile çalışma sürdürüldü.

Optimizasyon çalışması, imalat metotlarının optimizasyonu ile NC imalat sürelerinin iyileştirilmesi sonucu tezgah kapasitesi artışı ve nesting çalışması ile ham malzeme tasarrufu olarak gerçekleştirildi. NC imalat metotlarının optimizasyonu ile kapasite artışı çalışmasında NX programının bilgisayar destekli imalat (CAM) modülü kullanılarak optimizasyon sağlandı. Talaşlı imalat için kullanılan freze tezgahlarının kapasite çalışması ile doluluk oranı analiz edilip tezgaha imalat süresi olarak fazla yük getirerek dar boğaz oluşturan parçalar tespit edildi.

Çalışmanın devamında bu parçaların tezgahlarda imalatı için hazırlanmış NC programları incelenerek takım yolu oluşturma , kesici takım seçimi, kesme parametreleri, tezgah kabiliyetleri üzerinde araştırmalar ile süreç optimizasyonu sağlanarak NC imalat süreleri iyileştirildi.

Nesting çalışması ile ham malzeme iyileştirmesi NX programının modelleme modülü kullanılarak gerçekleştirildi. Ham malzeme maliyetleri bir işletmenin ana gider kalemini oluşturur. Yapılacak ufak iyileştirmeler bile yüksek adetli üretimlerde ciddi kârlar bırakır. Bu anlayışla farklı şekilde ve boyutlarda parçalar aynı plaka içerisinde bir araya getirilerek minimum hurda malzeme kalacak şekilde yerleştirme yapıldı.

Ham malzeme iyileştirmesi yapılırken farklı disiplinleri bir araya getirmek suretiyle araştırma yapıldı. Çalışmada, detay parça hadde yönü, ham malzeme kalınlığı ve çekme dayanımı, dead zone kaldırılması, ham malzeme cinsi, kesim için tezgah seçimi ve kesme parametreleri, parçaların yıllık ihtiyaçları birlikte bir bütün olarak değerlendirildi.

Anahtar Kelimeler: Yalın Üretim, Bilgisayar Destekli İmalat, NC Program, Frezeleme Optimizasyonu, Tezgah Kapasite Analizi, Ham Malzeme Optimizasyonu, Nesting.

SUMMARY

In this study, productivity of a supplier, which has been available in aerospace industry for decades, was increased via manufacturing processes optimization with the help of lean production philosophy. Power of Kaizen thinking which pretends like an umbrella that covers many lean production techniques throughout the study.

During the optimization study, firstly, NC program run time has been decreased by optimizing manufacturing methods and the result of this improvement, workbench capacity has been enhanced. Secondly, Raw material utilization rate has been dropped dramatically by performing nesting activities on detail parts. NC program run time optimization methodology on NX was used to improve workbench capacity. Capacity analysis were performed and results have been analyzed to clearly determine the bottlenecks in workbench capacity.

During the realization of the study, NC programs of selected parts have been examined and program run times were enhanced by performing advanced manufacturing methodologies such as more effective cutting tool path, appropriate cutting tool selection and optimum cutting parameters.

One another aspect of the study has been the raw material nesting activities. These activities were performed by NX modelling module. Every bit of saving on raw material cost should be considered as the main earning of profit in mass production. Based on this perspective, different parts were nested in single plate to minimize scrapped raw material.

Different disciplines were merged into each other for raw material optimization studies. During the study; grain direction, raw material thickness, tensile strength, cutting parameters and part delivery rates were analyzed respectively.

Keywords: Lean Production, Computer Aided Manufacturing (CAM), Milling Optimization, Workbench Capacity Analysis, Raw Material Optimization, Nesting.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmada destek ve grüşlerini esirgemeyen danıőmanım Prof. Dr. Blent SEZEN'e teőekkrlerimi sunarım.

Akademik kariyerimi her safhada destekleyen ve yüksek hoőgörüsünden ötürü Yardımcı Sanayi İmalat Mühendisliği Őefi Sayın Barıő KOÇER'e Őükranlarımı sunarım. Bölüm arkadaőım İmalat Mühendisi Mustafa DOğAN'a vermiő olduğu değerli katkılarından ötürü teőekkürü borç bilirim.

Çalıőmakta olduğum kurumumuz TUSAŞ HAVACILIK ve değerli yöneticilerine akademik kariyerime devam edebilmem için saęlamıő oldudukları tüm olanaklardan dolayı minnettارım.

Ayrıca çalıőmamın her aőamasında anlayıő gösteren ve manevi katkıda bulunan eőime ve bugnlerimi borçlu olduğum aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR TARAMASI	2
3.YALIN ÜRETİMİN TANIMI	5
3.1. Yalın Üretimin Doğuşu	6
4.YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ	9
4.1. Tam Zamanında Üretim - Jit	9
4.2. Kanban	9
4.3. Jidoka	9
4.4. 5S Tanımı	10
4.5. Değer Akış Haritası - Vsm	11
4.6. Poka – Yoke	13
4.7. Hızlı kalıp değişimi- Smed	13
4.7.1. Smed Prosesleri	14
4.8. Toplam Verimli Bakım - Tpm	14
4.8.1. Tpm neden yapılmalıdır?	14
4.9. Kaizen	14
4.9.1. Literatürde Kaizen	15
5. KAPASİTE ÇALIŞMALARI	17
5.1. Giriş ve Problemin Tanımı	17
5.2. Balık Kılçık Diyagramı ile Sebep –Sonuç ilişkisi	18
5.3. Kapasiteye Giriş	18
6. METAL KESME TEKNOLOJİSİ	23
6.1. İmal Usulleri	23
6.2. Frezeleme	24

6.3. Frezelemede Terimler	26
6.3.1. Kesme Derinliği	27
6.3.2. Aşağı ve Yukarı Frezeleme	27
6.4. Çekiç Testi	31
6.5. Bilgisayar Destekli İmalat-CAM	32
6.5.1. Siemens NX Programı	32
7. OPTİMİZASTON ÇALIŞMALARI	33
7.1. Literatür Taraması	33
7.2. İmalat Süre alıŐmaları	34
7.3. Operasyon Analizleri	35
7.4. Bölüm Özeti	46
8.HAM MALZEME ÇALIŞMALARI	47
8.1. Balık Kılçık Diyagramı ile Sebep –Sonuç ilişkisi	48
8.2. Ham Malzeme İyileştirmesi	48
8.2.1. Grain Direction	49
8.2.2. Ham Malzeme Kalınlığı	50
8.2.3. Parçaların Yıllık İhtiyaçları	50
8.2.4. Dead Zone Bölgesinin Kaldırılması	50
8.2.5. Parçalarda arpılma Riski	51
8.2.6. Precut Planlamalarının Hazırlanması	51
8.2.7. Plakaya Yerleştirilen Parçaların Üretilen i Firmaların Seçimi	51
8.2.8. Parçalara Revizyon Değişikliği Gelmesi Durumu	52
8.2.9. FAI Adımında Parça Hurda Riski	52
8.2.10. Precut Kesim İçin Takım Ve Tezgâh Seçimi	52
8.2.11. Üretim İçin Yeterli Stok Payı Verilmesi	52
8.2.12. Bölümler Arası Koordinasyon ve Deneme Üretimi Yapılması	53
8.2.13. İyileştirme Hesabı ve Hayata Geçirilmesi	53
8.3. Nesting Nedir ?	54
8.4. Nesting alıŐmasına Giriş	55
8.4.1. 1,5" Plakada Yapılan Stok İyileştirme alıŐması	56
8.4.1.1. Yapılan İyileştirmenin Hesaplanması	58
8.4.2. 1,75" Plakada Yapılan Stok İyileştirme alıŐması	60
8.4.2.1. Yapılan İyileştirmenin Hesaplanması	62
8.4.3. 2" Plakada Yapılan Stok İyileştirme alıŐması	64
8.4.3.1. Yapılan İyileştirmenin Hesaplanması	66

9. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME	68
9.1. Kapasite ve Nc İmalat Süre Optimizasyon Çalışma Sonuçları	68
9.2. Ham Malzeme İyileştirme Çalışmaları Sonuç	69
9.3. Çalışmanın Kısıtları , Gelecek Araştırma Konuları ve Öneriler	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	76
EKLER	77



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve

Açıklamalar

Kısaltmalar

NC	: Numeric Control
CAM	: Computer Aided Manufacturing
CAD	: Computer Aided Design
Nesting	: İç içe yerleştirme
Grain Direction	: Hadde Yönü
FAI	: First Article Inspection
n	: Fener mili hızı, dev/dk
V _c	: Kesme hızı, m/dk
V _e	: Etkin kesme hızı, m/dk
D _c	: Kesici çapı, mm
D _e	: Kesim çapı, mm (talaş derinliğinde)
F _z	: Diş başına ilerleme, mm/diş
V _f	: Tabla ilerlemesi, mm/dk
Z _n	: Kesici diş sayısı, adet
Z _c	: Kavramada etkin kesici diş sayısı, adet
a _e	: Radyal kesme derinliği, mm
a _p	: Eksenel kesme derinliği, mm
L	: Longitudinal
LT	: Long Transverse
ST	: Short Transverse
d	: Yoğunluk
m	: Kütle
V	: Hacim
w	: Width
l	: Length

"	: Inch
dev	: Devir
dk	: Dakika
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
4.1: Standart Jidoka ve Toyota' ya Göre Jidoka.	10
4.2: 5S Adımları.	11
4.3: Plan - Do - Check – Act.	12
4.4: Günlük Hayatta Bir Poka-Yoke Örneği, Araç Bazı Alarmlar Vererek Hata Öncesi Bize Uyarılarda Bulunur	13
4.5: Kaizen Şemsiyesi.	15
4.6: Gelişimin Kaizen ve İnovasyon İle İlişkisi	16
5.1: Kapasite Problemi için sebep-sonuç ilişki gösterir Balık Kılçık Diyagramı	18
5.2 : Mevcut Durumda Tezgah Kapasitesinin Yetersizliği	20
5.3 : İkinci Tezgah Yatırımı Sonrası Kapasite Durumu	21
6.1: a) Çevresel ya da düz frezeleme, b) Alın Frezeleme	24
6.2: a) Vals Frezeleme b) Kanal Frezeleme, c) Kenar Frezeleme d) Çifte Frezeleme e) Profil Frezeleme	25
6.3: a) Konvansiyonel Frezeleme b) Kısmi alan Frezeleme c) Parmak Frezeleme d) Profil Frezeleme e) Cep Frezeleme f) Konturlu Yüzey Frezeleme	25
6.4: Frezelemede Terimler	26
6.5: Kesme Parametreleri.	26
6.6: Radyal ve Eksenel Kesme Derinlikleri.	27
6.7: a) Yukarı Frezeleme ve b) Aşağı Frezeleme Talaş Oluşumu.	27
6.8: Aşağı Yönlü Frezeleme.	28
6.9: Yukarı Yönlü Frezeleme.	28
6.10: Kesici Çapı ve Pozisyonu.	29
6.11: Kesici Takımın İş Parçasını Üç Farklı Aşamada Kavraması.	30
6.12: Kesici Takım Çapının %75' den Fazla Oranda İş Parçası İçerisinde Olması.	30
6.13: Kesici Takım Çapının %25' den Daha Az Oranda İş Parçası İçerisinde Olması.	30
6.14: Kesici Takım Çapının %50 Oranla İş Parçası İçerisinde Olması	30
6.15: Örnek Bir Çekiç Testi Sonuç Grafiği	31
7.1: Kesici Takımın Doğru Şekilde Talaşa Girişi.	36
7.2: İlerleme ve Talaşa Giriş Parametrelerinin Seçimi.	36
7.3 : Verimli Talaş Derinliği ve Takım Yolu Seçimi. Soldan Sağa, Birinci ve İkinci Görsel 1mm İle Sık Taranmış Yüzey ve Verimsiz Takım Yolu , Üçüncü Görsel 2 mm Kesme Derinliği Seçimi Sonucunda Takım Yolu Görünümü.	37

7.4: Birinci Operasyon Sonrası Kalan 0.1 mm Talaş Miktarı.	37
7.5: Gereksiz Operasyon Sayısının Azaltılması, İki Operasyonun Birleşmesi Sonrası Tamamlanmış Yüzey.	38
7.6: Takımın Engage/Retract Sırasında İzlediği Yol	38
7.7: İlk Resimde Kesici Takım Talaşa Daldığı Mesafe, İkinci Resim Takımın Gereksiz Yere Talaştan Çıkışı İçin Kat Ettiği Mesafe.	39
7.8: Takımın Gereksiz Boşta Hareketleri ve Düşük Kesme Derinliği Halinde Takım Yolu Oluşumu.	40
7.9: Takımın Boşta Hareketlerinin Sınırlandırılması İle Sürekli Talaş Kaldırma ve Uygun Kesme Derinliği Halinde Takım Yolu Oluşumu.	40
7.10: Takımın Gereksiz Boşta Dönme Hareketi İle Kat Ettiği Mesafe ve Düşük Yana Kayma Hareketi İle Gereksiz Tarama Yapması.	41
7.12: Doğru Takım Yolu Seçimi, Zig-Zag Metodu İle Takım Yolu Oluşumu.	42
7.13: 11 mm Derinlik Boyunca Yanlış Tarama.	43
7.14: 3D Modelde Kalan Stoka Doğrudan Gidilmesi İçin Komut Seçimi İle Gereksiz Taramaların Önlenmesi.	43
7.15: Verimsiz Takım Seçimine Örnek ve Küre Takım İle Sık Tarama.	44
7.16: Uygun Takım Seçimi ve Kenar Frezeleme İle Yüksek Talaş Derinliğinde Hızlı Kesim.	44
7.17: İlk resim gerek olmadığı halde taranan yüzeyleri, ikinci resim gerek duyulan doğru yüzeylerin seçimini göstermektedir.	45
8.1: Yüksek Ham Malzeme Giderleri Sebep-Sonuç İlişkisi Gösterir Balık Kılçık Diyagramı.	48
8.2: Haddelme Prosesi.	49
8.3: L, LT ve ST Yönleri.	49
8.4: Nesting Çalışması Örnekleri	54
8.5: İyileştirme Öncesi 1,5" x 48" x 144" Plakada İki Adet Frame İçin Kullanılan Stok	57
8.6: 1,5" Plaka Nesting Çalışması Sonrası Stok Kullanımı ve Parçaların Yerleşimi	57
8.8: İyileştirme Öncesi 1,75" x 48" x 144" Plakada İki Adet Frame İçin Kullanılan Stok	61
8.9: 1,75" Plaka Nesting Çalışması Sonrası Stok Kullanımı ve Parçaların Yerleşimi	61
8.10: İyileştirme Öncesi 2" x 48" x 144" Plakada İki Adet Frame İçin Kullanılan Stok.	65
8.11: 2" Plaka Nesting Çalışması Sonrası Stok Kullanımı ve Parçaların Yerleşimi.	65
8.12: Optimizasyon Çalışmaları Sonrası Ön Görülen Tezga Kapasitesi.	69

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
5.1 : A ve B Projelerine Ait 16 Adet Parçanın NC Program İmalat Süreleri.	22
8.1: 7475 Seri Alüminyum Elementleri.	47
8.2: Ham Malzeme Kalınlığına Bağlı Minimum Çekme Dayanımı Özellikleri	50
8.3: 48" x 144" Standard Plakadan Çıkan Parça Adetleri	55
8.4: 1,5" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılacak Parça Detayları	56
8.5: 1,5" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılan Parçaların Üretimi İçin Gerekli Ham Malzemelerin Birim Hacimlerini Gösterir Tablo	58
8.6: 1,5" Plakada Sağlanan İyileştirme Miktarı Özet	59
8.7: 1,75" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılacak Parça Detayları	60
8.8: 1,75" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılan Parçaların Üretimi İçin Gerekli Ham Malzemelerin Birim Hacimlerini Gösterir Tablo.	62
8.9: 1,75" Plakada Sağlanan İyileştirme Miktarı Özet.	63
8.10: 2" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılacak Parça Detayları.	64
8.11: 2" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılan Parçaların Üretimi İçin Gerekli Ham Malzemelerin Birim Hacimlerini Gösterir Tablo.	66
8.12: 2" Plakada Sağlanan İyileştirme Miktarı Özet.	67
8.13: Optimizasyon Çalışmaları Öncesi ve Sonrası A ve B Projelerine Ait Parçaların İmalat Süreleri.	68
8.14: Nestin Çalışması Sonrası Toplam İyileştirme Miktarı.	69

1.GİRİŞ

İşletmeler her geçen gün daha fazla rekabetçi koşullarla yüzleşmek zorunda kalmaktadır. Değişen iş dünyası kuralları içerisinde organizasyonlar sürekli iyileştirme yaklaşımı ile verimliliklerini rekabetçi seviyelerde tutmaya çalışmaktadırlar.

Yalın üretim yaklaşımı bu noktada yardımcı bir araçtır. Yalın anlayışı, elde bulunan kaynakların en verimli şekilde kullanımını ve israfın önlenmesini hedefler. Kapasite ve ham malzeme kullanımı işletmelerin karlılık ve verimliliklerine doğrudan etki eden iki önemli etkendir.

Talaşlı imalat sektöründe kapasite hesabı firmaların gelecek yıllardaki üretim anlayışına ve kabiliyetlerine ışık tutarak yol gösterir. Üretimde dar boğazlar ve tezgahlarda üretilen parçaların imalat süreleri kapasiteyi sınırlayabilmektedir.

Ham malzeme ise üretimde ana gider kalemi olarak karşımıza çıkar. Üretimde minimum stok yaklaşımı ve çoklu üretim anlayışı ile imalat giderleri rekabetçi seviyelere çekilebilir.

Bu çalışma tezgah kapasite yetersizliği ve verimsiz ham malzeme kullanımı olmak üzere iki ana problem üzerine odaklanarak yalın üretim felsefesi yaklaşımı ile çözümler üretmeyi hedeflemiştir.

Üretici bir firmada mevcut kapasite ilerleyen yıllarda yetersiz kalacaktır ve bu durumun bir sonucu olarak tezgah yatırımı ön görülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde tezgah üzerindeki dar boğaz oluşturan parçalar tespit edilmiş ve NC imalat süre optimizasyon çalışmaları ile tezgah yükü azlatılarak kapasitede artış sağlanmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde nesting yaklaşımı ile ham malzeme iyileştirmelerine odaklanılmıştır. Minimum stok seçimi ve ham malzeme plakası üzerinde parçaların çoklu yerleşimleriyle ham malzeme maliyetlerinde meydana gelen iyileştirmeler hesaplanmıştır.

Temel olarak çalışmada hedeflenen yalın üretim felsefesi anlayışı ile üretici firmalarda verimlilik artışı sağlamak ve üretim maliyetlerini rekabetçi seviyelere çekmektir.

2.LİTERATÜR TARAMASI

Yalın üretim uygulamaları temel olarak otomotiv sektöründe kullanılmak için geliştirilmiştir. Sonraki süreçte havacılık şirketleri üretim verimliliğinde dramatik gelişmeler üretebilmek için yalın üretim prensiplerinin bu yüksek hassasiyetle çalışan endüstride de uygulanabilir olarak bulmuşlardır.

Doçent Dr. Parthasarathy Garre' nin destekleri ile havacılık endüstrisinde yalın üretim uygulamaları üzerine bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada yalın üretim tekniklerinin sadece üretim değil iş süreçlerinde de uygulanabileceğinden bahsedilmiştir. Özellikle havacılık sektöründe üretim yapan şirketlerin rekabet kabiliyetlerini yükseltmeleri için maliyetlerini düşürmeleri gerektiğine değinilmiştir. Yalın üretim konseptinin uzun soluklu bir çalışma olduğu ve planlama – uygulama – kontrol etme – harekete geçme döngüsü ile çalıştığı belirtilmiştir. Yalın üretim yaklaşımının nihai hedefi öğrenen bir organizasyon oluşturarak ve şirket genelinde başarıya ulaşmak için sürekli iyileştirme prensibini benimsetmek olarak bahsedilmiştir [Bharadwaj vd., 2015].

Hsien Ming Chang ve arkadaşları havacılık sektöründe üretim yapan tedarikçiler için bir yalın üretim modeli geliştirmek üzere çalışma yapmışlardır. Bu model ile şirketlerin rekabetçilik kabiliyetlerini güçlendirmek hedeflenmiştir. Yalın üretim modeli insan kaynakları, makine, metot ve proses olmak üzere dört kategori içermektedir. Çalışmaya göre yalın uygulamalar adım adım bir döngü içerisinde gerçekleşmektedir ve şirketlerin yönetim performanslarını güçlendirmektedir [Ming Chang vd., 2013].

Cyntrtia Segersten yalın üretim havacılık savunma sanayisini değiştirebilir mi? isimli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Amerikan ve Avrupa havacılık endüstrisi otomotivde maliyetleri azaltan , üretimi ve kaliteyi artıran yalın üretim uygulamalarını havacılık üzerine uygulamaya çalışmaktadır. Yalın üretimin otomotivde ki aynı başarıyı havacılıkta da göstereceğine dair iki ana konu halen çözülmemiş olarak durmaktadır. Ülkelerde yalın dönüşüme dair bir motivasyon var gözükmesine rağmen bu dönüşüm için teşviklerin yeterli olduğu net değildir. İkinci konu ise havacılık sektörünün kontrolünün de ötesinde daha önemlidir. Sektöre her sene ayrılan bütçenin tahmin edilebilir olmaması ve yalın üretim uygulamalarının ihtiyaç duyduğu zamanın verilebileceğinin net olmamasıdır. Azalan savunma bütçeleri gözetildiğinde yalın üretimin sağlayabileceği katkıyı ispat edebilmesi zor olabilir [Segersten, 1994].

Siddharta Ramamoorthy uçak montaj hattında altı sigma uygulamaları üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada yalın üretim uygulamasında altı sigma üzerine yeni bir metottan

bahsedilmiş ve test edilmiştir. Uygulama bir iş jetinin ana giriş kapısının montaj hattında yapılmıştır. Gelişim fırsatları değer akış haritası (VSM) yöntemi ile tanımlanmıştır. Çalışma sonrasında tedarik süresi yirmi altı günden on güne düşmüştür. Ayrıca uygunsuzlukların tekrarlama sıklığı %30 oranında azaltılmıştır. Diğer bir sonuç ise montaj hattındaki hatalı ürün üzerinde ki yeniden çalışma ile yapılan tamirat süresi üç saat azaltılmıştır [Ramamoorthy, 2003].

Esmâ Etçioğlu kapasite planlamasının simülasyon tekniği ile optimizasyonu ve bir imalat işletmesi uygulaması adlı çalışmayı gerçekleştirmiştir. Rockwell Arena Simulation programı ile simülasyon tekniği kullanılarak proseslerde ki darboğazlar bulunarak süreç optimizasyonu üzerine uygulama yapılmıştır. Çalışmada kapasite iyileştirmesinin öneminin yanı sıra simülasyon modeli kurularak işletmelere mali açıdan kazanç ve kayıplarını önceden görebilme imkanı sağlanmıştır [Etçioğlu, 2009].

TOBB kapasite ile ilgili yapmış olduğu bir çalışmada çeşitli metal eşya sanayi imalat sektörlerinin kapasitelerini puanlama yöntemi veya seri imalat esasları dahilinde hesaplanabileceği üzerine çalışma yapmıştır. Uygulamada kapasite hesabı işçi puanı, tezgah puanı, ayölye puanı , makine ve tesisat puanı gibi alt kırılımlar baz alınarak tamamlanmıştır.

Martin Horne üretim kapasitesi üzerine optimizasyon çalışması yapmıştır. İmalat kapasite çalışmaları kritik malzeme ihtiyaç planlama kararlarının optimizasyonu ve kısıtlı kaynağa sahip malzemelerin dinamik bir şekilde alternatif tedarikçiler ile ürün yaşam döngüsü boyunca sağlanması üzerine kurulmuştur. Atıl üretim kapasitesi ve malzeme kullanımını üretim başlamadan minimum seviyeye çekmek için üretimde bütün gerekli malzemelerin senkronize bir şekilde uygun zaman fazında dağıtımından emin olunmalıdır.Çalışmanın bir sonucu olarak üretimde çevrim süreleri ve maliyetler dramatik şekilde düşerken servis ve Pazar payı artmaktadır [Horne, 2006].

Carol Corrado ve Joe Matthey kapasite kullanımı üzerine Journal of Economic Perspectives dergisinde bir makale yayınlamışlardır. Çalışmada kapasite kullanımının neden enflasyon baskısı ve ekonomide konjonktür dalgalanmaları ölçümlemek için kullanışlı bir gösterge olarak kalacağından bahsedilmektedir. Ayrıca kapasite kullanımı ve fiyat değışiklikleri arasındaki ilişki de incelenmiştir [Corrado and Matthey, 1997].

J.D.Witte “Using Static Capacity Modeling Techniques in Semiconductor Manufacturing” adlı çalışmada statik kapasite modelleme teknikleri üzerine çalışmıştır. Üretim kapasitesi kazanç ve kayıplar arasındaki farkı anlamaktan geçmektedir. Statik kapasite

modellemesi etkin maliyetli olarak üretim kabiliyetlerimizi anlamamıza olanak sağlayacaktır. Dahası , statik kapasite analizi kabiliyet açısından bazı basit sorulara cevap bulmamız için bir ön görüş sağlayabilir. Ayrıca bu metot data toplamayı daha basit hale getirerek organizasyon içerisinde süreklilik arz ederek kullanımı için olanak verir [Witte, 1996].

Y.Koren Ceryan Science Direct dergisinde “ Manufacturing Capacity Planning Strategies” isimli çalışmasında kapasite planlama stratejileri üzerine bir yayın yapmıştır. Firmalar birkaç farklı ürün üretmek için yeni bir üretim sistemi planlarken optimum sayı ve ürün portfolyösünde ve esnek bir kapasite anlayışı üzerine önemli kararlarla yüzleşirler. Çalışmada, belirli bir planlama periyodunda yatırım maliyetleri , ürün gelirleri, farklı senaryolarda ön görülen ihtiyaç adetlerinin etkisi ile optimum kapasite seçimi için sayısal çalışmalar ile bir formülizasyon geliştirilmiştir [Ceryan and Koren, 2009].

Salah E. Elmaghraby “Manufacturing Capacity and Its Measurement: A Critical Evaluation” isimli makale yayınında verimli kapasite konsepti üzerine çalışma yapmıştır. Nominal kapasite, kullanılabilir kapasite, gerçek kapasite ve atıl kapasite kavramları tanımlanmış ve bu kapasitelerin ölçümleri ile ilgili önerilerden bahsedilmiştir [Elmaghraby, 2003].

Marie P. Hertzberg ve arkadaşları kapasite kullanımı üzerine sunmuş oldukları makalede gerçek kullanım ve tercih edilen kullanım oranları üzerine çalışmıştır. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde problemlerin tanımlamaları , kapasitenin ölçülmesi ve kapasite kullanımı tartışılmıştır [Hertzberg vd., 1974].

Luc Lebel “Production Capacity Utilization In the Southern Logging Industry” adlı çalışmayı gerçekleştirmiştir. Çalışmada ek kapasite oluşturmak için gerekli kümülatif maliyeti tahmin edebilmek için bir model geliştirilmiştir. İstatiksel kalite kontrol metotları kapasite sistemlerinin analizinde bir araç olarak kullanılmıştır. Total üretim kapasitesini tanımlarken, dataların kayıt gücü gelişmiş kontrol varyasyonları sağlamak için ilk adım olarak karşımıza çıkmaktadır [Lebel, 1993].

Norman J. Morin “Naics (North American Industry Classification System) and the 2002 Historical Revision of Industrial Production, Capacity and Capacity Utilization” isimli yayınında kapasite ve kapasite kullanımı üzerine çalışmalarından bahsetmiştir. Çalışmada, endüstriyel üretim ve kapasite sistemlerini yeniden inşa edebilmek ve NAICS temelini yeniden şekillendirilmesi için gerekli olan datasetler detaylandırılmış ve bu datasetleri yeniden sınıflandırmak için araç olan metotlar tartışılmıştır [Morin, 2003].

3.YALIN ÜRETİMİN TANIMI

Yalın üretim birçok farklı şekillerde ifade edilmiştir. Yalın Üretim, ilk olarak Toyota tarafından geliştirilmiş, hata, maliyet, stok, işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurları en aza indirgeyen üretim sistemi, felsefesidir [Gökçe, 2006].

Yalın üretim tekniği konsept olarak israfı azaltırken kaynakları maksimum verimlilikte kullanmayı hedefler. Daha sonraki süreçlerde iş dünyasında rekabetçi koşullarda avantaj elde edebilmek için kullanılmaya başlanmıştır. Yalın üretim birçok yazar tarafından israfı azaltmak olarak tanımlanır; fakat pratikte yalın üretim ürünün kalitesini, değerini olabildiğince üst düzeye çıkartırken israfı azaltmayı planlamaktır.

Değişen iş dünyası şartlarında organizasyonlar birçok zorluklarla yüzleşmeye zorlanmaktadır. Üretim ya da hizmet sektörü fark etmeksizin bu şartlarda ayakta kalabilmek ve sektörde devamlılıklarını sağlayabilmeleri için sistematik ve sürekli olarak ürün kalitelerini iyileştirmelidirler. Tüm bunların sonucu olarak yalın üretim işletmeler için hayati bir fonksiyon haline almaktadır [Sundar vd, 2014].

Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno 1950'li yıllarda imalat teknikleri geliştirmiştir. Bu teknikleri ilk defa John Krafcik “ yalın üretim” adı altında tanımlamıştır. Bu kavram Krafcik tarafından Toyota Motor İşletmesi’ nde benimsenen yeni üretim metotlarının özünü tasfir etmek hedefiyle geliştirilmiştir [Akgeyik, 1998].

Yalın üretim, bünyesinde herhangi bir gerekli olmayan öge bulundurmaz. Yalın düşünce, maliyet, hata oranı, envanter, işçilik, üretim geliştirme süreci, kullanılan üretim alanı, düşük müşteri memnuniyeti, hurda oranı gibi faktörlerin minimum seviyede tutulduğu bir üretim metodudur [Womack vd., 1990].

Yalın düşünce yaklaşımı, gerek olmayan her şeyi sistemden uzak tutmaktır. Bu kavramın işletmeler için karşılığı , imalat ile ilgili gereksiz yaklaşımlarla beraber şirket organizasyon yapısındaki gerekli görülmeyen sorumluluklardan ve maliyetlerden arınmaktır. Yalın üretim felsefesi , şirketlerde kalifiye iş gücü ile minimum zamanda , minimum enerji, minimum stok ve israf ile , optimum alanda yüksek verimlilik ile çok daha kaliteli üretim yapabilme kabiliyeti olarak değerlendirilebilir.

Yalın düşünce çok fazla ayrıntıya odaklanarak kaybolmadan konunun ana temasından uzaklaşmamızı engelleyen bir yöntemdir [Gökşen, 2003].

Yalınlık kelime anlamıyla, elde bulunan kaynakların en etkili biçimde kullanımını, israfın önlenmesini ve gereksiz görülen her şeyin uzaklaştırılmasını ifade etmektedir [Baysakoğlu ve Dereli 2001].

Yalın üretim, seri üretime kıyasla kaynaklarını daha etkin kullanmaktadır. Seri üretime göre her şeyin daha azını tüketmeyi başarmaktadır [Zerenler ve İraz, 2006].

Yalın üretim, işletmelerin rekabet edebilirliğini artırmak, gereğinden fazla kaynak kullanımını en az seviyede tutmak ve daha verimli üretimi gerçekleştirmek amacıyla geliştirilmiş sistem ve teknikler bütünüdür [Adalı ve Kiraz, 2017].

Yalın bir işletme insanları kontrol etmek yerine, günlük ortaya çıkan problemlerin çözümüne odaklanmaktadır. Problemlerin çözümü için de tüm çalışanları ve yöneticileri, yaratıcı enerjilerini kullanmaya ve yönetim süreçlerinin tasarımına yönlendirmektedir [Özçelik, 2013].

3.1. Yalın Üretimin Doğuşu

1900'lı yıllarda bir araba almak için direk olarak üreticiyle irtibata geçip isteğiniz doğrultusunda özel yapım bir araç talep ediliyordu ve araca aylar sonra yüksek maliyetlerle sahip olunabiliyordu. Bu düşük hacimli ve yüksek maliyetli üretim demektir. Günümüzde el işçiliğinin yoğun olduğu bu üretimler Lamborghini, Ferrari gibi markaların lüks araç üretimleri ile devam ediyor. Bu ürünlere önceden olduğu gibi şuanda da zengin kesimler ulaşabilmektedir.

Tüm bu gelişmeler yaşanırken Henry Ford ve Fred Winslow Taylor bu problemlerin sistematik bir şekilde seri üretim ile üstesinden gelmeyi planlıyordu. Taylor sistematik üretim anlayışını üretime kazandıracaktı. Onun başlıca yaklaşımları;

- Standardize edilmiş çalışma, iş en iyi ve en hızlı yol ile yapabilecek şekilde tanımlanır.
- Çevrim süresi azaltma, belirlenmiş proseslerin tamamlanması için geçen süre
- Hareket ve zaman araştırması, standardize edilmiş işi geliştirmek için bir araç
- Sürekli iyileşme için ölçüm ve analizlerin yapılması

Ford sistemine göre ise Henry Ford üretimi ve tamiri kolay olan bir otomobil tasarlamaya çalışıyordu ve sonunda 1908 Model T ile bu amacına ulaşmıştı. Seri üretim için

anahtar yöntem montaj içerisindeki parçaların standardize edilerek gerek duyulduğunda değişiminin kolaylıkla sağlanabilmesiydi.

Bu inovasyonlar sayesinde el işçiliği ile yüksek maliyetli araçlar yerine standart parçalarla seri üretim yapılacak ve Ford' un yöntemi sayesinde büyük tasarruflar sağlanarak araçlar çok daha erişilebilir konuma gelecekti.

Özetle Henry Ford' un inovatif yöntemleri;

- Birbiriyle kolaylıkla değiştirilebilen ve montajı kolay parça üretimi
- Her bir işçinin çalışırken gerek duyulan hareket sayısını azaltmak
- Montaj hatlarının kurulması

Tüm bu gelişmeler montaj için gerekli olan insan gücünü azalttı ve kayda değer maliyet azalmalarıyla sonuçlandı.

1950' li yıllarda bir Japon mühendis olan Eiji Toyoda Ford' un Detroit' te bulunan fabrikasını ziyaret etti. Bu yıllarda Ford Toyota' ya kıyasla 3 katı daha fazla araç üretebilecek kapasitedeydi. Eiji Toyoda dünyanın en büyük ve en verimli üretim tesisini ziyaret edip döndüğünde seri üretimin Japonya' da uygulanamayacağını ve aynı zamanda kendi üretim sistemlerini geliştirebilecekleri ihtimalinin olduğunu kararlaştırmışlardı.

Toyota oldukça zor süreçlerle yüzleşmekteydi;

- İç market küçüktü ve oldukça geniş ürün yelpazesi talep edilmekteydi.
- Japon ekonomisi sallantındaydı ve sonuç olarak çok büyük yatırımlar imkânsız görülmekteydi
- Dış dünyada ise Japonya' da araç pazarlamaya odaklı birçok firma girişimde bulunmaktaydı.

Toyota üretim sistemi ya da diğer adıyla yalın üretim Toyota' nın yaşadığı tüm bu problemlerin çözümüydü. 30 yıl gibi bir sürede Taiichi Ohno teker teker bu problemleri kendi sistemleri ve Eiji Toyoda' nın desteği ile çözdü [Dennis, 2014].

Yalın üretimin operasyonel olarak faydaları kısaca aşağıdaki gibi belirtilebilir;

- Tedarik süresinin azalması
- Verimlilik artışı
- Üretim için stokta bekleyen malzemelerin azalması
- Kalite performansının artması
- Üretim için kullanılan alanların azalması [Kilpatrick, 2003].

Özetlemek gerekirse;

Fred Taylor ve Henry Ford özel üretimin zayıflıklarını adresledi. Taylor' un bilimsel yaklaşımı ve Ford' un fabrikalardaki inovasyonları seri üretime temel oluşturdu.

Toyota finansal, teknolojik ve işçi – işveren ilişkileri zorlukları ile yüzleşti. Eiji Toyoda seri üretimin Japonya' da çalışmayacağı çıkarımında bulundu. O ve Taiichi Ohno kendi sistemlerini oluşturdu. Ohno' nun bu sistemi mükemmel bir şekilde Toyota' da uygulaması 30 yılını aldı.



4.YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİ

4.1. Tam Zamanında Üretim - Jit

JIT (Just in time) temel olarak ihtiyaç duyulan ürünü gerekli sayıda tam zamanında üretmektir. Bu sayede müşterinin ürünü teslim alma süresi oldukça kısalmış olacaktır. Fabrika veya tedarik zincirinde değişen adetlerde sürekli bir üretim akışı sağlarken iki anahtar kavram vardır; JIT ve JIDOKA (Otonomasyon - Autonomation). JIDOKA sistemi hatalı ürünlerin proses içerisine girmesi engelleyerek JIT sistemini destekler.

Tam zamanında üretim yaklaşımı bir fabrikada bütünüyle anlaşılırsa, gereksiz stoklama ve depo alanlarına gerek kalmayacaktır. Bu sayede envanter ve bunlar için gerekli olan nakliye giderleri azalacak ve ciro da artış yaşanacaktır.

4.2. Kanban

Bu sistemde ihtiyaç duyulan tür ve sayıda ürün etiketleme kartlarına yazılır ve Kanban kartı olarak isimlendirilir. Bu kartlar işçiler arasında bir procesten diğer bir procese ilerlerler. Sonuç olarak üretim tesisindeki bir çok proses birbiriyle bağlantılı hale gelir. Prosesler arasındaki bu bağ fabrika içerisinde daha iyi bir kontrol sağlar [Monden, 2011].

Toyota üretim sisteminde Kanban sistemi aşağıdaki gibi desteklenir;

- Daha düzenli üretim
- Standardize edilmiş işler
- Setup sürelerinin azaltılması
- Makinelerin yerleşim planlarının yapılması
- Otomasyon

4.3. Jidoka

JIDOKA (Otonomasyon – Autonomation) sistemi için farklı tanımlamalar vardır;

- Toyota'ya göre, üretimde yaşanabilecek kalite problemleri, ekipman arızası vb. durumlarda insan veya makine tarafından üretim hattının durdurulabilmesi kabiliyetidir.
- Jidoka, insan aktivitelerini makine döngülerinden ayıran teknikleri tanımlar. Operatöre farklı tipteki birden fazla makineye müdahale etmeyi sağlar.

- Jidoka, üretim sisteminde insanlar tarafından yapılan iş miktarını azaltarak otomasyon stratejisini benimsemektir.
- Jidoka, insanların makinelerle birlikte çalışabildiği bir mühendislik yolu.
- Toyota'ya göre jidoka insanlar için radikal bir karar alır ve bir şeyi kendi kendine çalışır hale dönüştürmeyi hedefler. Bu sistemde yaş, cinsiyet ve tecrübe fark etmeksizin üretim etkilenmeden verimlilik sürdürülebilir olmalıdır [Szmelter, 2012].

自動化

Standard "jidoka": transforming into something that *moves* by itself

Radical for "human"

自働化

Toyota's "jidoka": transforming into something that *works* by itself

Jidoka versus Jidoka

Şekil 4.1: Standart Jidoka ve Toyota'ya Göre Jidoka.

4.4. 5S Tanımı

5S bir görsel olarak yönetim sistemidir. 5S sistemini sınıflandırma, düzenleme, temizlik, standartlaştırma ve disiplin olarak sıralayabiliriz.



Şekil 4.2: 5S Adımları.

5S anlatım olarak açık ve anlamak için kolay olarak görünmekle beraber, uygulama noktasında biraz zor olabilir. Sınıflandırma, sistematik olarak çalışma alanında sürekli ihtiyaç duyulmayan alet ve ekipmanların uzaklaştırılmasıdır. Düzenleme, kalan ekipman, tezgâh, takım, dokümanlar ve çalışma alanlarını en fazla fayda sağlayacak şekilde etiketleme, yerleştirme ve organize etmektir. Temizlik adımı tamamlandıktan sonra prosesler en iyi şekilde standardize edilir ve tanımlamalar yapılarak dokümantasyon tamamlanır. Uygulamada anahtar rolündeki personeller belirlenir ve tüm çalışanlar bu yeni çalışma prensibine dair eğitime alınır. Disiplin adımı ise diğer dört adımın sürdürülebilirliğini sağlamayı hedefler [Ortiz and Park, 2018].

4.5. Değer Akış Haritası - Vsm

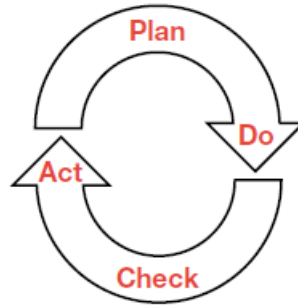
VSM (Value stream mapping) spesifik bir ürünü elde etmek için gerekli olan tüm aksiyonları aşağıda tanımlanmış olan üç kritik yönetim şekli ile herhangi bir iş kolunda uygulamayı hedefler;

- 1- Problem çözümü (dizayn vb.)
- 2- Bilgi Yönetimi,(proses gereklilikleri ve diğer üretim dışı aktiviteler)
- 3- Fiziksel olarak transfer(ham malzemelerin bitmiş ürüne dönüştürülmesi)

Bu değerlerin yönetimi, proses ölümleri, değerleri anlamak, akış şemalarını geliştirmek ve prosesler arası ilişkiler kurarak şirketi maliyet, ürün kalitesi ve servisleri ile mümkün oldukça en iyi seviyede rekabetçi olarak konumlandırmayı sağlar. Daha nemlisi, VSM yalın üretimi tüm organizasyonlara yayarak geleneksel yöntemlerin aksine geriye düşmeyi engeller ve departmanların verimliliğini arttırır.

Basit; fakat değer akış yönteminin iki eksenli güçlü bir yöntemi değer akış haritasıdır (value stream mapping). Bu yöntem prosesleri dokümante eder ve yalın üretime dönüşümde yönlendirme yaparak farklı perspektiflerle büyük resmi görmemize yardımcı olur.

Değer akış haritası, devam eden fırsatlar sağlayarak sürekli gelişimi, israfı elimine etmeyi ve akışı sürekli iyileştirmeye katkı sağlar. Bu yöntem aslında bir son değil değer akış yönetimindeki seyahatin bir başlangıcıdır. Deming' e göre bu yöntem uygulamada PDCA (Plan- do – check – act) olarak tanımlanır. Bu yöntem şirkete prosesler arasındaki kompleks ilişkileri dokümante etme, lmlenme ve analiz yapma imkanı sağlar.



PDCA Cycle

şekil 4.3: Plan - Do - Check – Act.

Değer akış yönetiminde başarıyı sağlamak için altı basamak tanımlayabiliriz;

- 1- Stratejik ihtiyaçlara göre en tepe kademedен en aşağıdaki bireye kadar organizasyondaki değişiklik ihtiyaçları tanımlanmalıdır.
- 2- Organizasyondaki tüm seviyelerde yalın üretimin temel prensipleri anlaşılıp desteklenmelidir.
- 3- Her ana değer için değer akış yöneticileri seçilmeli ve görevleri tanımlanmalıdır.
- 4- İsrافی ve gereksiz kullanımı azaltmak, stratejik başarı için finansal ve operasyonel gelişmeleri takip edebilmek için değerlemeyi oluşturan yalın üretim davranışlarını destekleyen ve onları uygulatmaya yarayan yalın üretim metrikleri oluşturulmalıdır.
- 5- Geleceğe dair değer akış tasarımları oluşturulmalıdır.

- 6- Üst yönetim ile sürekli iletişim kurarak yalın üretim araçları ve tekniklerinin stratejik olarak kullanımı özendirilmeli ve desteklenmelidir [Keyte and Locher, 2014].

4.6. Poka – Yoke

Literatürde “mistake-proofing” hatayı önceden önleyici düzenekler olarak geçer.

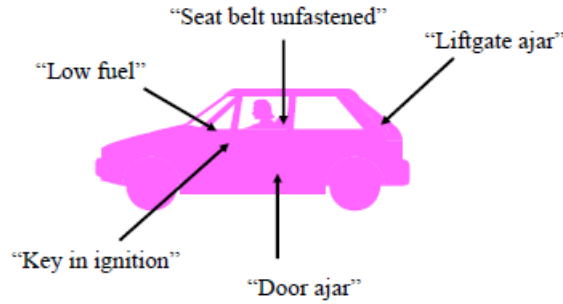
Poka- inadvertent mistake

Yoke- to prevent

Prevention; Önleyici uygulamalar; prosesi mühendislik uygulamaları ile hata yapmayı imkânsız kılacak hale getirmek.

Detection; Bir hata meydana geldiğinde kullanıcıya sinyal ver ki kullanıcı hatayı düzeltebilsin [Robinson and Packard, 1998].

Everyday Detection Poka-Yokes



Şekil 4.4: Günlük Hayatta Bir Poka-Yoke Örneği, Araç Bazı Alarmlar Vererek Hata Öncesi Bize Uyarılarda Bulunur.

4.7. Hızlı kalıp değişimi- Smed

SMED(Single Minute Exchange of Die) çoğu yalın üretim tekniği gibi üretimde israfi ve gereksiz kullanımı sonlandırmayı hedefler. Bu yöntem bir üretimden diğer bir üretime hızlı ve etkili bir geçişi sağlar. “Single minute” bütün değişimler ve üretime başlamalar bir dakika alacak anlamına gelmemektedir; fakat 10 dakikadan az olmalıdır (Diğer bir adıyla “single digit minute”). SMED ya da setup time tek basamaklı dakikalar değişimi gerçekleştirmeyi öngörür. Sık sık hızlı değişim olarak ifade edilir. SMED ya da hızlı değişim bir üründen diğer bir ürün üretime geçiş sağlarken hat ya da makine değişimi sırasında harcanan süreyi pratikte azaltmayı sağlar.

4.7.1. Smed Prosesleri

- 1- Mevcut metodoloji gözlemlenir. Mevcut değişim prosesi genellikle videoya alınır. Bu çalışma bir modelden diğer bir modele geçişi tamamıyla kapsar.
- 2- İç ve dış aktiviter ayrıştırılır. İ aktiviter genellikle proses durduğunda gerçekleştirilir. Dış aktiviter ise son ürün üretilene kadar ya da başlangıç ürünü üretilene kadar gerçekleştirilebilir.
- 3- Proseslerin akış çizgisi oluşturulur. Yukarıdaki adımlar tekrarlandıkça azımsanmayacak şekilde set-up sürelerinde gelişim beklenir. 10 zamanlamasına ulaşmak için birkaç defa tekrar yapmak gerekebilir.
- 4- Sürekli pratik edilir. İlk başarılı SMED uygulaması sonrası çalışmalar tüm operatörler için gereklilik haline gelir [Dave and Sohani, 2012].

4.8. Toplam Verimli Bakım - Tpm

TPM (Total Productive Maintenance) makinelerin medikal bilimi olarak isimlendirilebilir. TPM sistemi üretimi arttırırken aynı zamanda çalışanların moralini ve iş tatminini arttırmayı hedefler. TPM bakım mantığını iş hayatının çok önemli bir parçası olarak görür ve bu prensibe odaklanır. Bu sistem artık kazanç sağlamayan bir aktivite olarak görülmekten çıkmıştır. Diğer bir hedef ise acil ve planlanmamış bakımı süreçlerini minimuma indirmektir.

4.8.1. Tpm neden yapılmalıdır?

nemli olan nedenlerin bazıları;

- Boşa harcanan zamanları hızlıca ekonomik katkı olacak şekilde kazandırır.
- rn kalitesini düşürmeden üretimi devam ettirir.
- Maliyet azaltır.
- Düşük adetli üretimleri mümkün olan en kısa zamanda üretmeyi sağlar.
- Uygun olmayan ürünlerin müşteriye ulaşmasını engeller [Venkatesh, 2005].

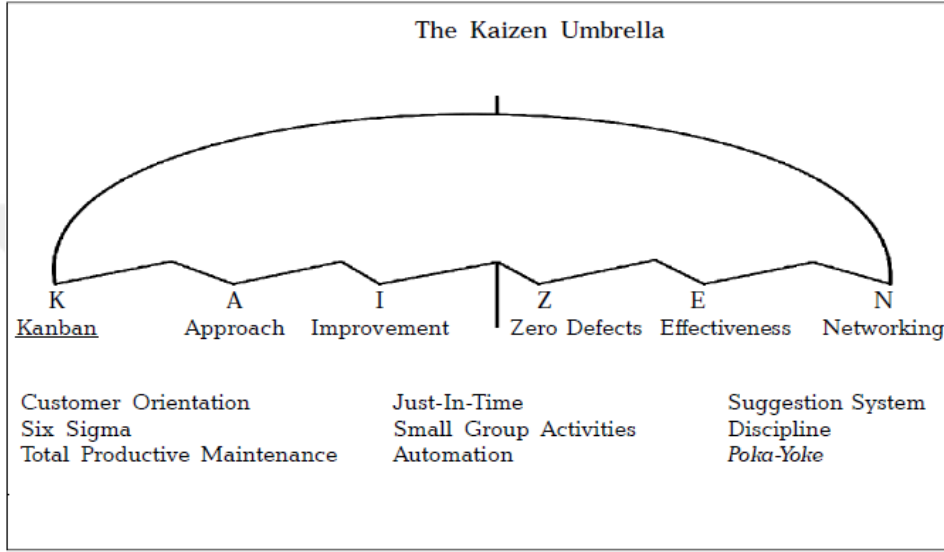
4.9. Kaizen

Kaizen iki konsepti birleştiren Japonca bir kelimedir.

Kai: change, değişim

Zen :for the better; daha iyisi

Daha iyisi için yapılan değişimlerle sürekli iyileştirmeyi sağlayan mekanizma olarak değerlendirilebilir. Gemba Kaizen terimi anlam olarak sürekli iyileşme (CI, continuous improvement) anlamına gelmektedir. Sürekli iyileşme üretimde mükemmellik yaklaşımında ana stratejilerin başında gelir. Günümüzün rekabetçi dünyasında bir gereklilik olarak karşımıza çıkar. Başka bir tanımlama da Kaizen, organizasyondaki herkesi kapsar şekilde gelişim için bitmeyen bir efor sarf etmektir. Kaizen bir şemsiye gibidir ve Kanban, TPM, JIDOKA, Six Sigma, JIT vb. birçok tekniği kapsar [Singh, 2009].



Şekil 4.5: Kaizen Şemsiyesi.

4.9.1. Literatürde Kaizen

Kaizen felsefesi şirketlerin verimliliklerini arttırarak yüksek kaliteli ürün üretimini minimum efor ile sağlamalarına yardımcı olduğu için bir çok araştırmaya konu olmuştur.

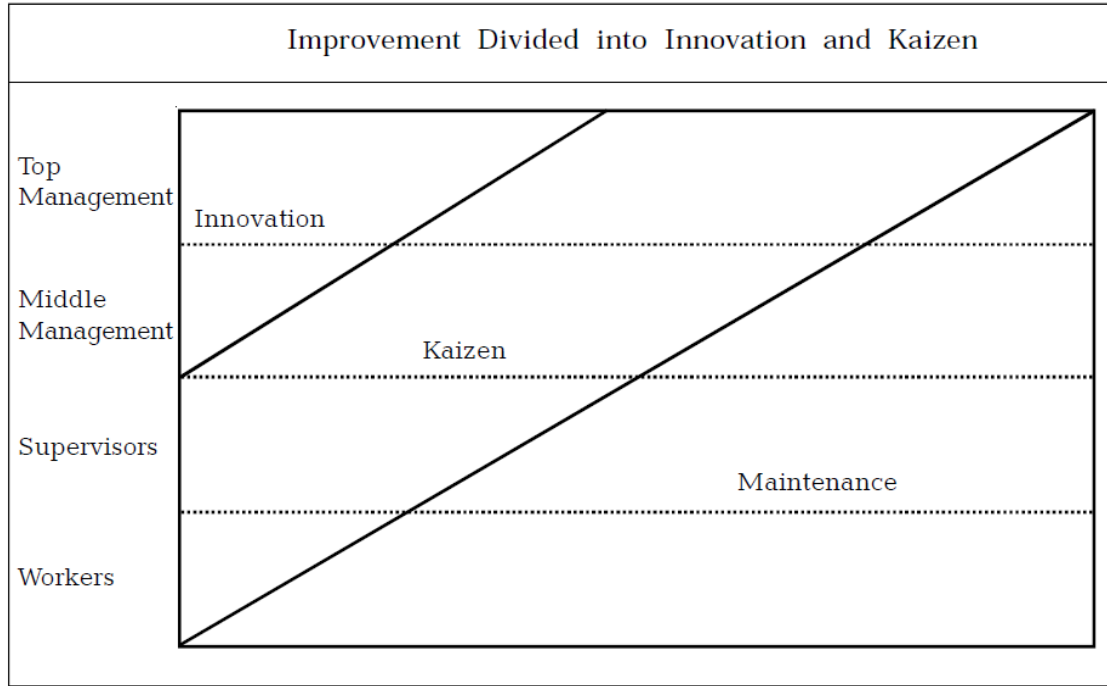
Imai' ye göre Kaizen, yöneticilerden işçilere kadar herkesi içerecek şekilde proseslerde sürekli iyileşmeyi sağlamaktır.

Suzaki' ye göre Kaizen, üretim ve kalite adımlarında geniş bir biçimde uygulanabilen bir felsefedir. Bir prosesi daha iyi yapmanın bir sonu yoktur anlayışını benimser.

Deming' e göre, organizasyonlar tarihte hiç olmadıkları kadar yüksek oranda değişime uğramışlardır. Organizasyonlar dinamik bir yapıdadır ve sürekli değişen bir ortam içerisinde sabit bir akışla durmamalıdır. Bu dinamizm yönetsel olarak avantajlar sağlamakla beraber bir takım zorluklarla yüzleşmeyi de gerektirir. Bu süreci etkili bir şekilde yönetmek isteyen çoğu yönetici Kaizen felsefesini kucaklamaktadır.

Newitt eski görüşlere yeni bir bakış getirmiştir. Kaizen felsefesi iş hayatında yönetimi ve çalışanları özgür kılarak onlara inovatif olacakları bir ortam sağlar ve proseslere değer katan çalışmalarını sürdürmelerini sağlar.

Imai' nin aşağıdaki tablosuna göre işçilerden en üst yönetime doğru İnovasyon , Kaizen ve Bakım arasındaki ilişki görülebilir. Kaizen sürekli harcanan çaba ile adım adım gelişim sağlar. İnovasyon ise yapılan teknolojik ve yeni ekipman yatırımları ile etkili şekilde gelişim sağlar. Bakım ise mevcut teknolojiler ile yönetsel ve operasyonel standartları eğitim ve disiplin ile uygular. Bakım sayesinde herkes operasyonel standartları takip edebilir. Üst yönetime doğru ilerlerken inovatif yaklaşım ve Kaizen felsefesinin uygulaması artarken bakım faaliyetlerine ayrılan süre azalır. Kaizen yaklaşımı ve inovatif yaklaşımlar sergilenerek planlı bakımlarla işletmeler daha verimli şekilde yönetilebilir.



Şekil 4.6: Gelişimin Kaizen ve İnovasyon İle İlişkisi

5. KAPASİTE ÇALIŞMALARI

5.1. Giriş ve Problemin Tanımı

İşletmeler her geçen gün daha fazla rekabetçi koşullarla yüzleşmek zorunda kalmaktadır. Değişen iş hayatı kuralları içerisinde bir çok firma sürekli iyileştirme yaklaşımı ile verimlilik artışı sağlamayı hedeflemektedir.

Çalışma savunma sanayi havacılık sektöründe faaliyet gösteren bir yardımcı sanayi firmasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hedeflenen yalın üretim felsefesi anlayışı ile yardımcı sanayi firmasında verimlilik artışı sağlamak ve üretim maliyetlerini rekabetçi seviyelere çekmektir.

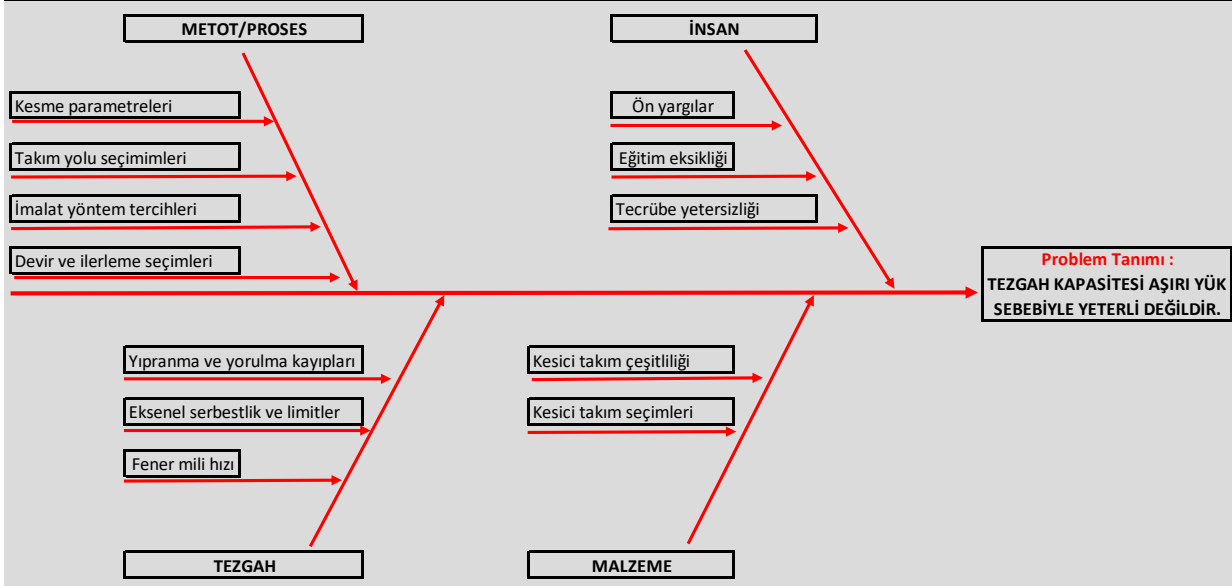
İşletme 27 yıldır talaşlı imalat sektöründedir. Firma talaşlı imalat kabiliyeti olarak bir adet 3 eksen NC tezgahı, dört adet 5 eksen NC tezgahı, 2 adet torna tezgahı ve 2 adet CMM tezgahına sahiptir. Günde 7,5 saat, 3 vardiya ve ayda 26 gün çalışmaktadır.

Mevcut tezgâh kapasitesi ile ilerleyen yıllarda artan üretim adetleri nedeni ile tezgah kapasite sıkıntısı yaşamaktadır ve bu problemi ek tezgâh yatırımı ile çözmeyi düşünmektedir. Çalışmamızın bu bölümünde seri üretimde yüksek adetlere sahip ve dar boğaz oluşturan parçalara odaklanılacaktır. Bu parçalar üzerinde imalat süre iyileştirmeleri ile optimizasyon çalışmaları yapılarak tezgâh yükleri azaltılmaya çalışılacaktır.

Çalışma neticesinde etkin ve verimli imalat yöntemleri ile birim parça imalat süresi optimizasyonu ile kapasite artışı sağlanması ve bu artışın bir sonucu olarak maliyetlerde iyileşme sağlanması beklenmektedir.

5.2. Balık Kılçık Diyagramı ile Sebep –Sonuç ilişkisi

Öncelikle diyagramın baş kısmına problem tanımlandı. Potansiyel nedenler olarak İNSAN, METOT/PROSES, TEZGAH ve MALZEME kategorileri belirlendi. Her bir kategori altında problemin olası sebepleri maddeler halinde şekil 5.1 'de gösterildiği gibi detaylandırılarak kök nedenler belirlendi.



Şekil 5.1: Kapasite Problemi için sebep-sonuç ilişki gösterir Balık Kılçık Diyagramı

5.3. Kapasiteye Giriş

Havacılık sektörü standartları otomotiv gibi seri imalat sektörlerine kıyasla çok fazla standarda ev özel proseslere sahiptir. Bu standartlar kompleks tasarımlar, dar toleranslar ve kalite anlayışı olarak birçok parça için %100 ölçüm isteri gibi zorlayıcı şartlar altında üretim yapılmasını gerekli kılmaktadır. Uçak parçaları şekil itibari ile konturlu yani açılı birçok yüzeye sahip olabilmektedir. Bu gibi durumlar üretim açısından kompleks parça üretimlerini ve ölçümlerini gerekli kılar. Bu parçaların üretildiği tezgâhlar 4-5 eksen kabiliyetine ihtiyaç duyar.

Talaşlı imalat sektöründe kapasite hesabı firmaların gelecek yıllardaki üretim anlayışına ve kabiliyetlerine ışık tutarak yol gösterir. Anlık hareketlere odaklanmak yerine büyük resmi görmeyi ve problemlere çok daha önceden müdahale şansı verir. Her firmanın kurulu kapasitesi ya da diğer bir tabirle maksimum kapasitesi vardır.

Talaşlı imalat sektörüne tezgâh kurulu kapasitesi aylık olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Kurulu\ kapasite = 3 \frac{vardiya}{gün} \times 7,5 \frac{saat}{vardiya} \times 26 \frac{gün}{ay} = 585 \frac{saat}{ay}$$

Kapasite çalışması yapılırken kullanılacak formülizasyon aşağıdaki gibidir:

A= Birim parça üretim süresi (saat)

B= Aylık parça ihtiyaç adedi

C= Tezgâh verimlilik yüzdesi

D= Aylık kapasite ihtiyacı

D= A x B

Parça işlerken kurulu kapasitede bazı kayıplar meydana gelmektedir. Verimlilik azaltıcı bu kayıplar aşağıdaki gibi sıralanabilir,

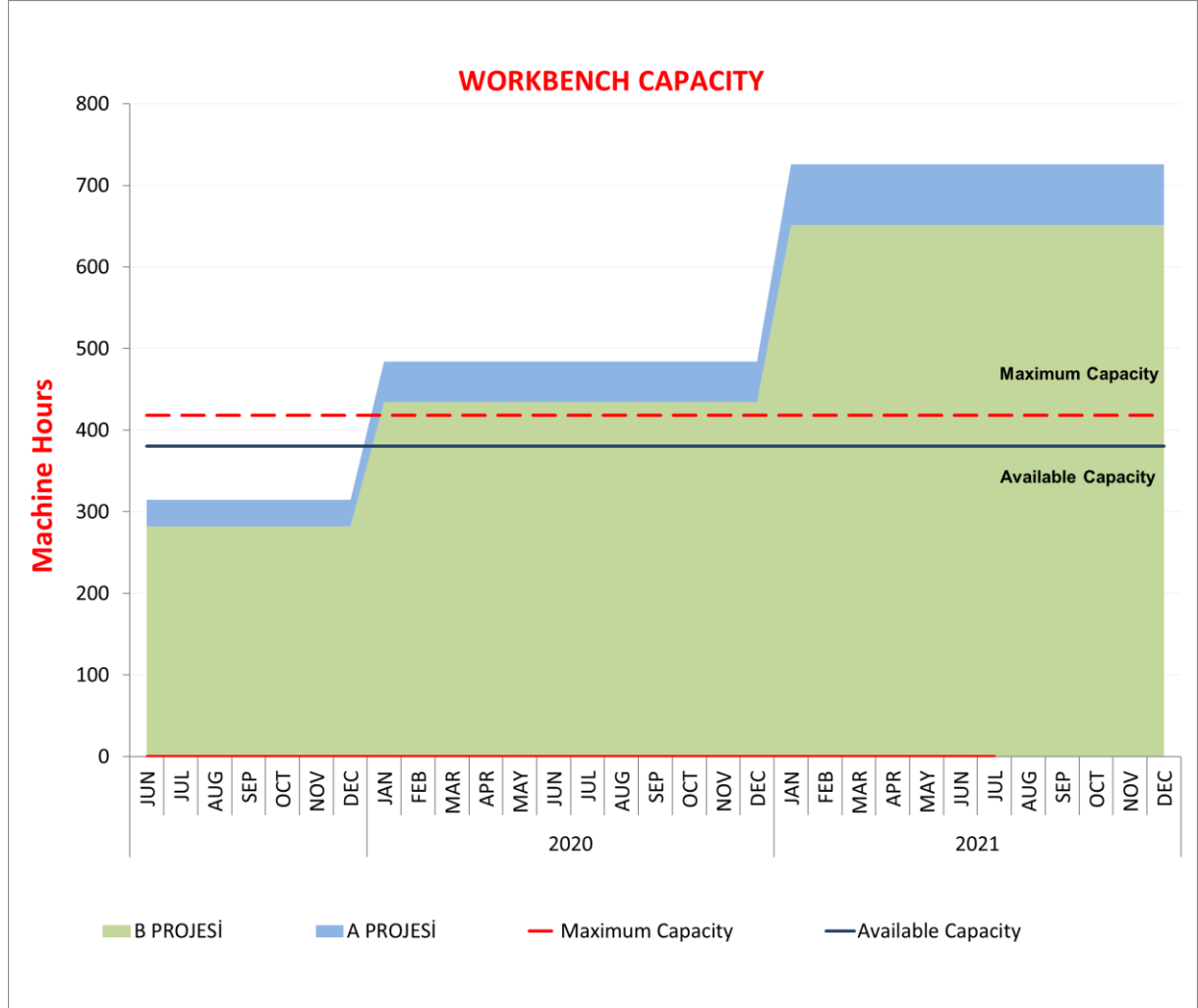
- Parça set-up süresinin uzun olması
- Mola duruşu
- Arıza duruşu
- Yanlış üretim sonucu yeni üretim ihtiyacının doğması
- NC program güncelleme gerekliliği
- Kesici takım körelmesi sonucu duruş
- Bakım duruşu
- Enerji kesintisi
- Personel sayısı yetersizliği
- Kalifiye eleman eksikliği vb.

Tüm bu vb. Sebeplerden dolayı tezgâh verimliliği % 65 olarak kabul edildiğinde net kapasite;

Net Kapasite = Kurulu kapasite x verimlilik

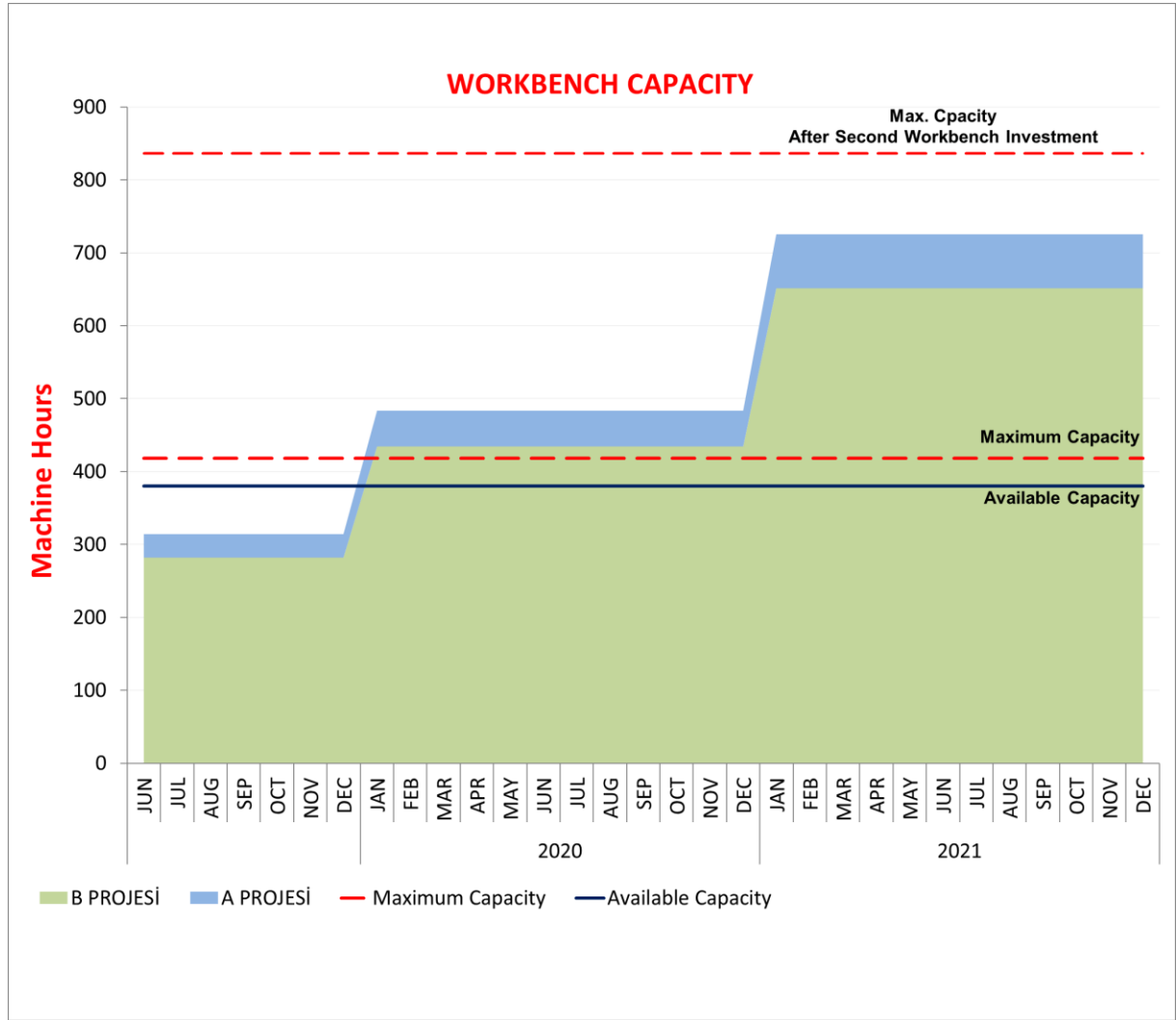
$$= 585 \times 0,65 = 380 \text{ saat olarak gerçekleşir}$$

Şekil 5.2’ de verilmiş olan grafik firmanın mevcut tezgah kapasite durumunu göstermektedir. 2019 yılında seri üretimde olan 16 adet parça için 314 saat aylık üretim ile 1 adet tezgah yeterli gelmekteydi; fakat aşağıdaki grafikte de görüldüğü üzere 2020 ve 2021 yıllarında artan üretim ihtiyacı sonucu 1 adet tezgah ile bu yükü kaldırmak mümkün değildir.



Şekil 5.2 : Mevcut Durumda Tezgah Kapasitesinin Yetersizliği.

Mevcut üretim şartları ve tezgah verimliliği iyileşmediği takdirde çözüm ikinci bir tezgah yatırımı olarak görülmektedir. Şekil 5.3’ te verilmiş olan grafikte ikinci tezgahın getireceği kapasite ile 2020 ve 2021 yıllarının üretim ihtiyacının karşılandığını görebiliriz.



Şekil 5.3 : İkinci Tezgah Yatırımı Sonrası Kapasite Durumu.

Tezgah ve ekipman yatırımlarına harcanan miktarların bir kısmı ile de personelin yetkinliğini arttırmak hayati bir gerekliliktir. Günümüz dünyasında bu yarış içerisinde süreklilik arz edebilmek için yalın üretim felsefesi şirketlerde tüm birim ve çalışanlar tarafından benimsenmelidir.

Çalışmanın bu kısmından sonra tezgâhların verimliliği incelenecek, dar boğaz oluşturan parçalar tespit edilecektir ve bu parçaların imalat yöntemlerinde iyileştirmeler sağlanarak firmanın kurulu kapasitesinin daha efektif kullanılması neticesinde kapasite artışı sağlanması hedeflenecektir.

Tablo 5.1’ de iki farklı proje olan A ve B projelerine ait 16 adet parçanın NC program imalat süreleri mevcuttur. Parçaların tamamı mevcut üretim şartları ile 2019’ da 314 saat yük oluşturmuştur. Artan üretim adetleri ile 2020 ve 2021 yıllarında sırasıyla aylık yükler 484 ve 726 saat olarak gerçekleşecektir. Adetli ve seri bir iş olan bu parçaların üretimi tezgâhlarda dar boğaz oluşturmaktadır. Her bir parçanın NC programlarında sürekli iyileştirme prensibi ile optimizasyonlar yapılacaktır.

Tablo 5.1: A ve B Projelerine Ait 16 Adet Parçanın NC Program İmalat Süreleri.

Proje Kodu	Parça Kodu	İmalat Süresi (dk)	İmalat Süresi(saat)
B	B-1	124	2,1
B	B-2	124	2,1
B	B-3	70	1,2
B	B-4	70	1,2
A	A-1	300	5,0
A	A-2	300	5,0
A	A-3	330	5,5
A	A-4	330	5,5
A	A-5	276	4,6
A	A-6	276	4,6
A	A-7	462	7,7
A	A-8	462	7,7
A	A-9	271	4,5
A	A-10	271	4,5
A	A-11	200	3,3
A	A-12	200	3,3

6. METAL KESME TEKNOLOJİSİ

6.1. İmal Usulleri

Doğada tutulan çeşitli malzemeler uygulanan bir çizi işlem sırasından sonra kullanılabilir hale gelmektedir. Böylelikle seçilen özelliklerdeki malzemelerden, göreceği işleve uygun çeşitli makina parçaları, alet eşya ve donatılar elde edilmektedir.

İmal usullerini beş ayrı grupta toplayabiliriz:

- a) Döküm: Malzemenin fiziksel durum değişiminden (katı – sıvı – katı) yararlanılarak gerçekleştirilen biçimlendirme yöntemidir.
- b) Talaşlı biçimlendirme: İşlenecek parça üzerindeki fazlalıkların kullanılan çeşitli kesici takımlar vasıtasıyla giderilerek istenen biçim ve boyutlara ulaşmasıdır. İşlemler esnasında sürekli olarak bir hacimsel küçülme söz konusudur.
- c) Talaşsız (Plastik) şekillendirme: Bu yöntemde hacim sabitliği ilkesi esastır. Parça uygulanan takımın zorlama etkisi ile kalıcı (plastik) deformasyonlar göstererek istenilen biçim ve boyutlara ulaşmaktadır.
- d) Birleştirme ile biçimlendirme: Ön biçimlendirme ile hazırlanmış çeşitli parçaların değişik etkilerden yararlanarak (kaynakta bölgesel döküm, lehimlemede difüzyon, yapıştırmada adhezyon ve kohezyon, perçinlemede bağlantı etkileri) çözülmez bağlantılar ile birleştirilmesine dayanmaktadır.
- e) Özel biçimlendirme yöntemleri: Bu guruba giren yöntemlerde yukarıda açıklanan ana işlemlerin birer özel sınır ya da bileşik uygulaması ile karşılaşmaktayız. Elektroerozyonda özel ark; sinter tekniğinde kısmi ergime ve sınır döküm, magnetik alan vb.

Çalışmamızda talaşlı imalat yöntemini esas alarak uygulamalar yapacağımız için diğer yöntemlerden yüzeysel olarak bahsedilmiştir [Yurci, 2010].

Talaşlı İmalat Yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tornalama
- Delme işlemleri
- Frezeleme
- Diğer talaş kaldırma yöntemleri
 - a) Vargelleme ve planyalama
 - b) Broş çekme
 - c) Testere ile kesme

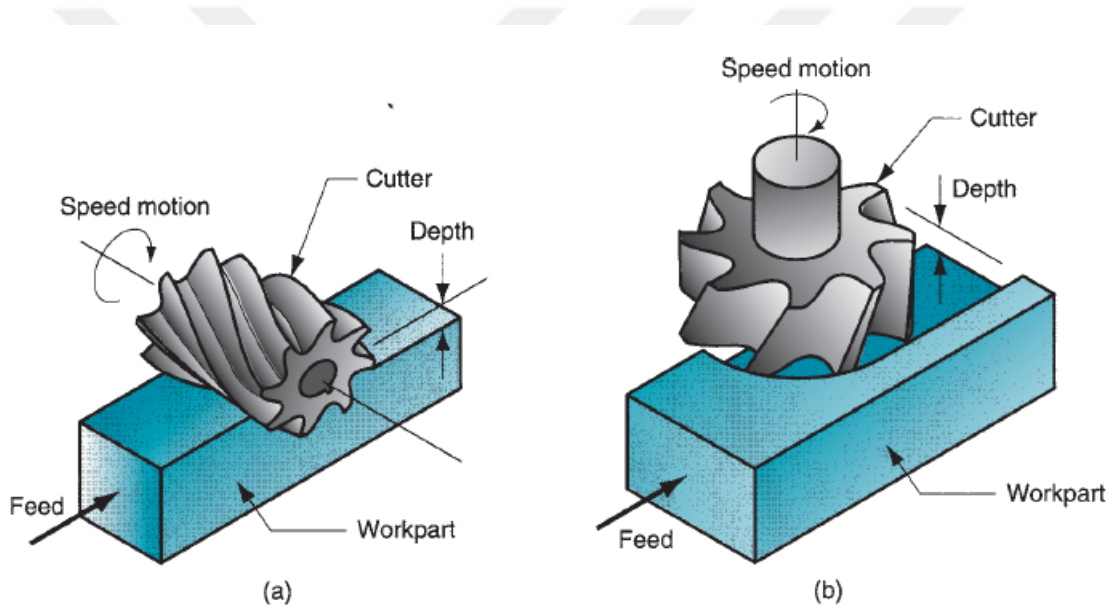
Çalışmamızda talaşlı imalat yöntemlerinden freze üzerine odaklanılacak ve bu yönde ilerlenecektir.

6.2. Frezeleme

Frezeleme, çok sayıda kesici ağıza sahip ve kendi ekseninde dönen bir kesici takım ile, doğrusal hareket ederek tezgâh tablasında bağlı olan iş parçası üzerinden talaş kaldırma işlemidir.

Temel olarak iki tip frezeleme vardır.

- a) Çevresel ya da düz frezeleme
- b) Alın frezeleme

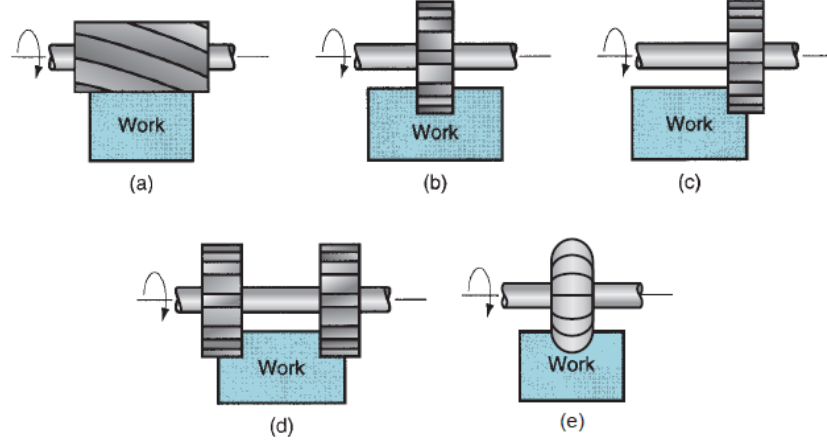


Şekil 6.1: a) Çevresel ya da düz frezeleme, b) Alın Frezeleme

Çevresel frezelemede kesici takım ekseninde frezelenen yüzeye paraleldir ve operasyon kesici takımın dış çevresi tarafından gerçekleşir.

Çeşitli çevresel frezeleme yöntemleri;

- a) Vals frezeleme (Slab milling)
- b) Kanal frezeleme (Slotting)
- c) Kenar frezeleme (Side milling)
- d) Çifte frezeleme (Straddle milling)
- e) Profil frezeleme (Form milling)

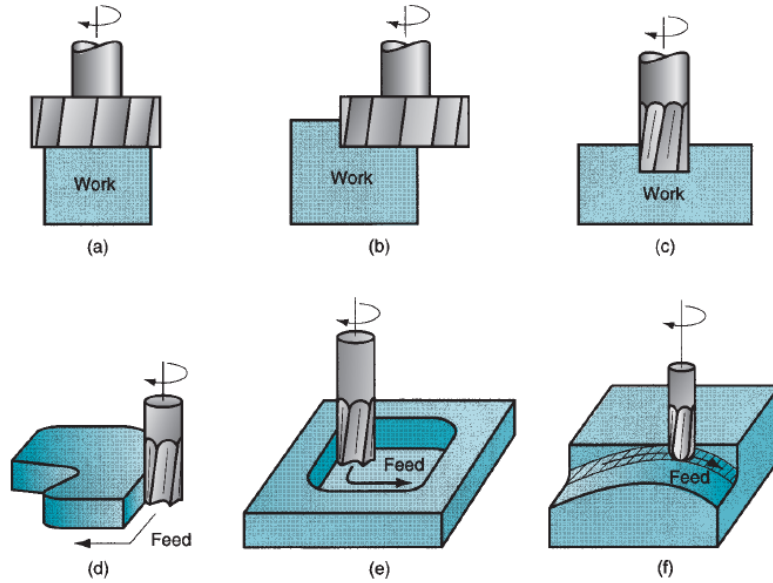


Şekil 6.2: a) Vals Frezeleme b) Kanal Frezeleme, c) Kenar Frezeleme d) Çifte Frezeleme e) Profil Frezeleme

Alın frezelemede kesici takım eksenini frezelenen yüzeye diktir ve talaş kaldırma kesici takımın çevresi ve uç kenarları ile gerçekleşir [Groover, 2010].

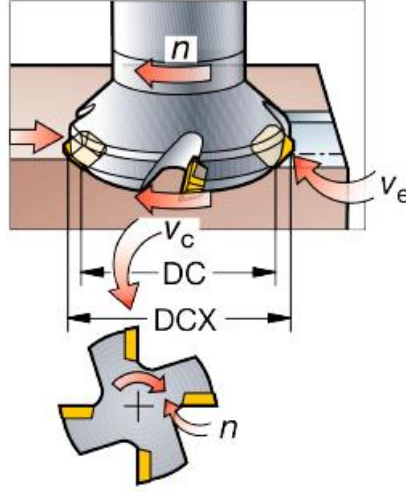
Çeşitli frezeleme yöntemleri;

- a) Konvansiyonel ya da geleneksel frezeleme (Conventional face milling)
- b) Kısmi alan frezeleme (Partial face milling)
- c) Parmak frezeleme (End milling)
- d) Profil frezeleme (Profile milling)
- e) Cep frezeleme (Pocket milling)
- f) Konturlu yüzey frezeleme (Surface contouring)



Şekil 6.3: a) Konvansiyonel Frezeleme b) Kısmi alan Frezeleme c) Parmak Frezeleme d) Profil Frezeleme e) Cep Frezeleme f) Konturlu Yüzey Frezeleme

6.3. Frezelemede Terimler



Şekil 6.4: Frezelemede Terimler.

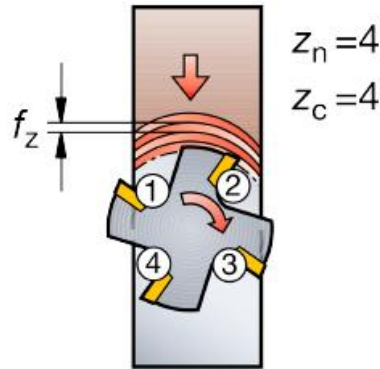
n : Fener mili hızı, dev/dk

V_c : Kesme hızı, m/dk

V_e : Etkin kesme hızı, m/dk

D_c : Kesici çapı, mm

D_e : Dçap: Kesim çapı, mm (talaş derinliğinde)



Şekil 6.5: Kesme Parametreleri.

f_z : Diş başına ilerleme, mm/diş

V_f : Tabla ilerlemesi, mm/dk

Z_n : Kesici diş sayısı, adet

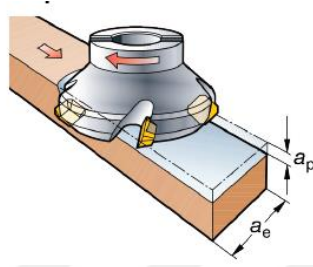
Z_c : Kavramada etkin kesici diş sayısı, adet

$$V_f: f_z \times z_c \times n \text{ mm/dk} \quad (6.1)$$

Diş başına ilerleme frezelemede tabla ilerlemesini hesaplamak için kullanılan bir değerdir ve önerilen maksimum talaş kalınlığı değerinden hesaplanır.

Tabla ilerlemesi, tezgâh ilerlemesi veya ilerleme hızı olarak da adlandırılır. Birim zamanda mesafe cinsinden takımın iş parçasına göre ilerlemesidir. Diş başına ilerleme ve kesicideki diş sayısı ile ilişkilidir.

6.3.1. Kesme Derinliği



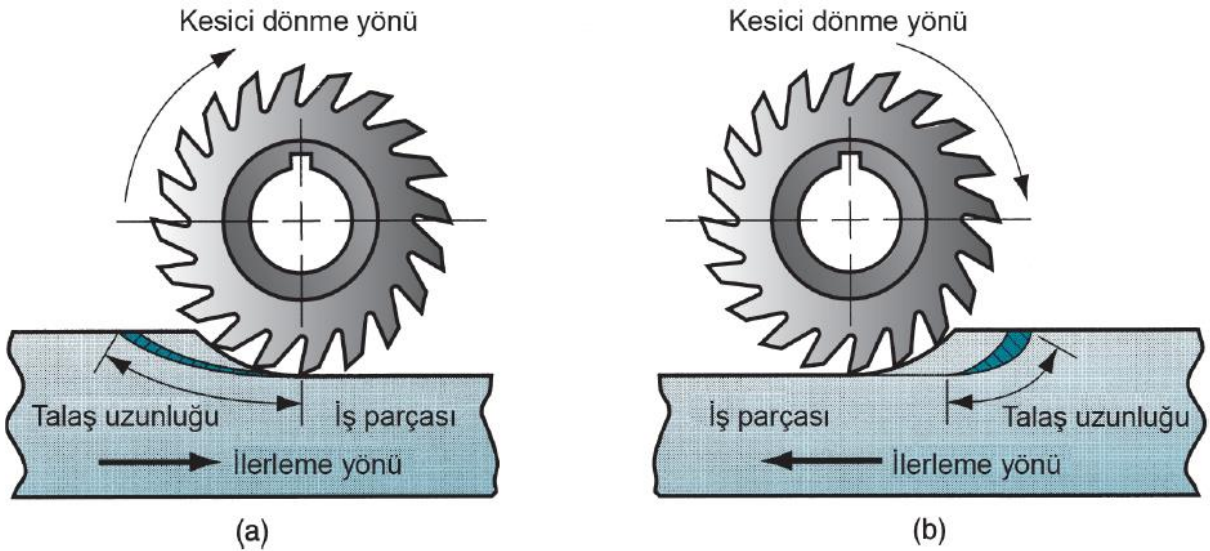
Şekil 6.6: Radyal ve Eksenel Kesme Derinlikleri.

a_e : Radyal kesme derinliği, mm

a_p : Eksenel kesme derinliği, mm

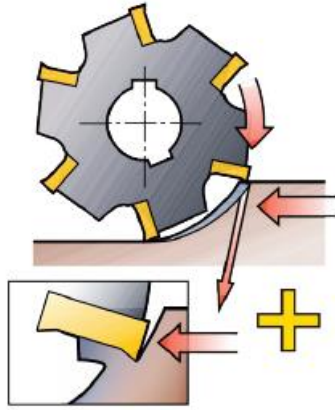
Eksenel kesme derinliği, iş parçasının yüzeyinde takımın boşalttığı derinliktir. Radyal kesme derinliği, kesicinin çapı tarafından kavranan parça genişliğidir.

6.3.2. Aşağı ve Yukarı Frezeleme



Şekil 6.7: a) Yukarı Frezeleme ve b) Aşağı Frezeleme Talaş Oluşumu.

Aşağı yönlü frezeleme(Climb or down milling):

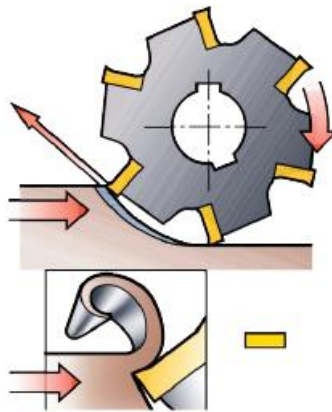


Şekil 6.8: Aşağı Yönlü Frezeleme.

Tırmanma frezelemesi olarak da adlandırılır. Aşağı frezelemede kesici uç kesmeye büyük bir talaş kalınlığıyla başlar. Bu yöntem ile perdelama etkisi önlenir, bu da daha az ısı ve işleme ile sertleşme eğilimi sağlar.

- Çakının dönüş yönü ilerlemeyle aynıdır,
- Her bir kesici dişin oluşturduğu talaş kalın başlar ve giderek inceler,
- Talaşın boyu nispeten kısadır,
- Takım ömrü nispeten uzundur,
- İş parçasını tutmak için daha az sıkma kuvveti gerekir

Yukarı yönlü frezeleme (Up or Conventional milling):



Şekil 6.9: Yukarı Yönlü Frezeleme.

Geleneksel ya da konvansiyonel frezeleme olarak da adlandırılır

- Çakı ilerlemeye zıt yönde döner,
- Her bir kesici dişin oluşturduğu talaş çok ince başlar ve giderek kalınlaşır,

- Talaşın boyu nispeten uzundur,
- Takım ömrü nispeten daha kısadır,
- İş parçasını tutmak için daha fazla bağlama kuvveti gerekir.

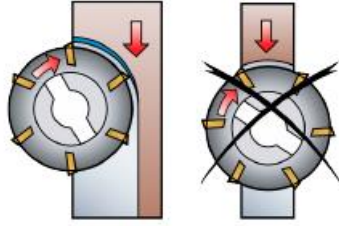
En iyi kesme koşulları için çoğunlukla aşağı yönlü frezeleme kullanılır. Bazı durumlarda her iki yöntem de birlikte kullanılabilir.

Kesici Çapı ve Pozisyonu:

Frezeleme takımı çapının seçimi genellikle iş parçası genişliğine göre yapılır ve tezgah gücünün de kullanılabilirliği göz önünde bulundurulur.

İş parçası kavramasına göre kesici pozisyonu ve kesici dişleri ile temas başarılı bir operasyon için kritik faktörlerdir.

- Kesici çapı kesim genişliğinden %20 - %50 daha büyük olmalıdır.
- 2/3 kuralı (örneğin 150mm kesici çapı)
 - 2/3 kesik içerisinde (100 mm)
 - 1/3 kesik dışında (50 mm)



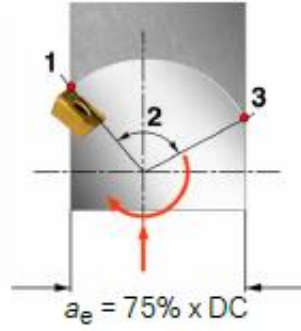
Şekil 6.10: Kesici Çapı ve Pozisyonu.

Frezeleme takımı merkezin dışına alınırsa, sabit ve istenen yönde kesme kuvvetleri elde edilebilir.

Kesici Konumu İle Talaş Oluşumu:

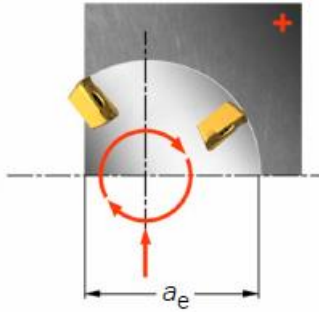
Radyal yöndeki kesme kenarı iş parçasını üç farklı aşamada kavrar:

- 1- Kesige giriş
- 2- Kesik içerisinde kesişme yayı
- 3- Kesikten çıkış



DC = Cutter diameter
 a_e = working engagement

Şekil 6.11: Kesici Takımın İş Parçasını Üç Farklı Aşamada Kavraması.

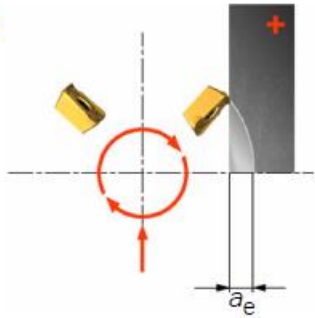


$a_e > \%75 D_c$.

Kesicinin merkez çizgisi iş parçası genişliğinin çok içerisinde dir.

- En iyi kesme şartları ve optimize edilmiş kesici çapı kullanımı.
- Kesik girişindeki ilk darbe kesme kenarı boyunca emilir ve hassas uçtan uzaklaştırılır.
- Kesici uç kademeli olarak kesik içerisinde çıkar.

Şekil 6.12: Kesici Takım Çapının %75' den Fazla Oranda İş Parçası İçerisinde Olması.

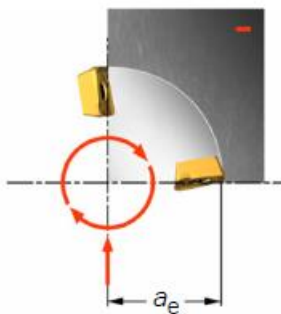


$a_e < \%25 D_c$.

Kesicinin merkez çizgisi iş parçası genişliğinin çok dışındadır.

- Giriş açısı pozitifdir.
- Girişteki darbenin büyük kısmı kesicinin en uç kısmı tarafından taşınır ve yük daha sonra kademeli olarak takıma aktarılır.

Şekil 6.13: Kesici Takım Çapının %25' den Daha Az Oranda İş Parçası İçerisinde Olması.



$a_e = \%50 D_c$.

Kesicinin merkez çizgisi iş parçası kenarı ile aynı hizadadır.

- Önerilmez.
- Kesme kenarındaki sarsma yükleri giriş sırasında çok yüksektir.

Şekil 6.14: Kesici Takım Çapının %50 Oranla İş Parçası İçerisinde Olması.

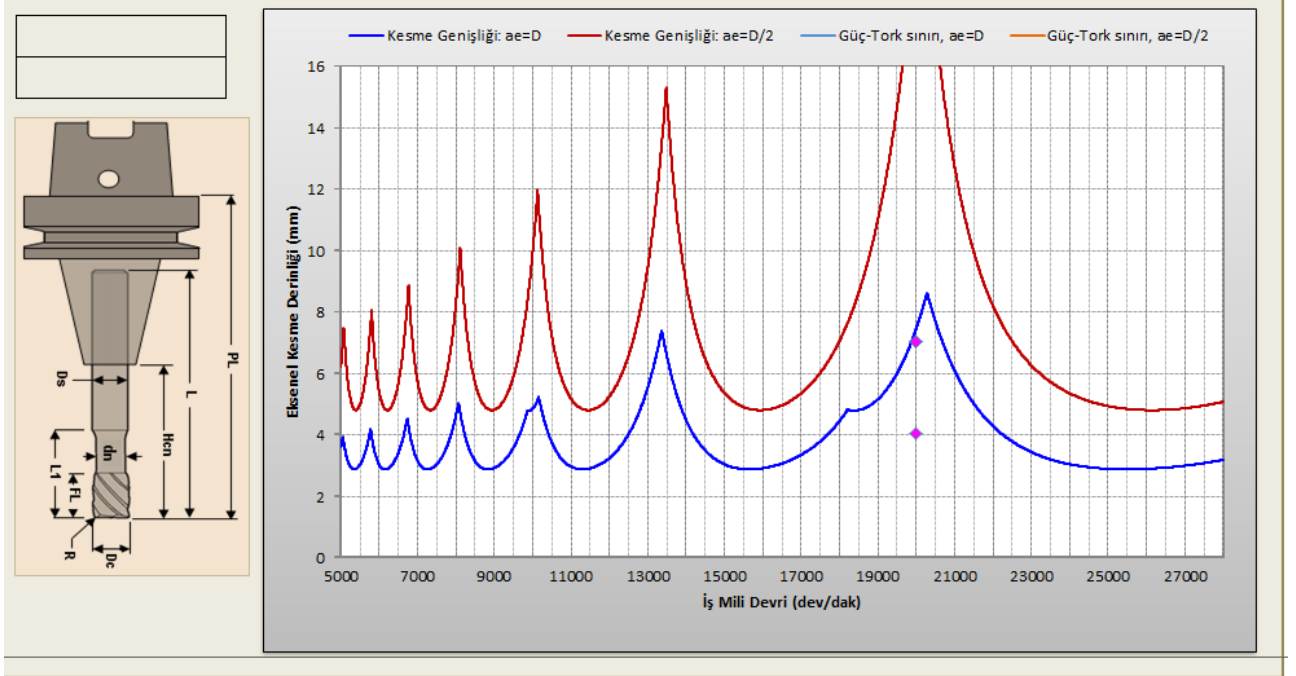
6.4. Çekiç Testi

Çekiç testi tezgaha özel olarak yapılan bir testtir. Test kesici takım ve tutucu bir bütün olarak değerlendirilerek tezgah üzerinde ivme ölçer, darbeli çekiç, veri toplama aparatı ve düzenleyici yazılım (CutPro) kullanılarak uygulanır. Çalışma ile kararlılık grafikleri elde edilir.

Çekiç testi, bir tezgahın optimum kesme parametrelerini tespit edebilmek için yapılan bir uygulamadır. Bu sayede elde edilen sonuçlar grafik yansılarını olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 6.15’ te grafikte görüldüğü üzere fener mili hızı ile radyal ya da aksel kesme derinliği arasında bir ilişki kurar. Bu sayede uygun devir seçimi ile maksimum talaş derinliğine girme imkanı sağlar. Başka bir deyişle tezgahın kararlı ve kararsız kesme bölgeleri belirlenir.

Bu test tezgah, kesici takım ve tutucuya özeldir. Bu kombinasyonlardan herhangi biri değiştiği takdirde kararlı bölgeler değişecek ve yeni testler yapılması gerekecektir. Dahası aynı marka, aynı yıl ve model üretim tezgahlarda aynı takım ve tutucular ile dahi bire bir aynı sonuçlar alınamayabilir. Bu sebeple uygulama standart kesme parametreleri sağlamamaktadır.

Uygulama gerekli ekipmanlar ve yazılım programı sağlanmasını gerekli kılmaktadır. Maliyet olarak işletmeler bu tarz testler için yeterli bütçeleri ayırmakta zorlanabilirler.



Şekil 6.15: Örnek Bir Çekiç Testi Sonuç Grafiği

6.5. Bilgisayar Destekli İmalat-CAM

Günümüzde tezgâhlarda programlayarak kesilmesi mümkün olmayan tasarımlara sahip parçalar mevcuttur. Bu ihtiyaçtan ötürü bilgisayar destekli programlar gelişmiş ve üretimde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu sayede kısa sürelerde üç boyutlu modellemeler yapıp, programların imalat modülleri sayesinde NC(numerical control - sayısal kontrol) programlar kolaylık tamamlandı tezgâhlarda üretim amaçlı kullanılmaktadır. Dahası bu programlar tezgâhta fiziki parçayı kesmeden program ile simülasyon kesim yapılmasına olanak sağlar ve bu sayede olabilecek hataları da önceden görebiliriz.

Günümüz iş hayatı rekabetler üzerine kuruluyken verimlilik çok önemli bir noktadır. CAM (Computer Aided Manufacturing) ve CAD (Computer Aided Design – Bilgisayar destekli tasarım) modülleri sürekli iyileşme sağlayabileceğimiz birer araçtır.

6.5.1. Simens NX Programı

NX, Siemens tarafından geliştirilmiş havacılık ve otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan CAD/CAM programıdır. Çalışmalarımızda Siemens programının modelleme ve imalat modülleri kullanılacaktır.

Öncelikle parçalara imalat için gerekli stok ölçüleri modelleme modülünde verilecek ve sonrasında imalat modülü ile NC programlama yapıp optimum kesme şartları araştırılacaktır. Çalışmanın sonunda elde edilen imalat süreleri üzerinden iyileşme miktarları hesaplanıp yeni bir kapasite çalışması yapılacaktır.

7. OPTİMİZASTON ÇALIŞMALARI

7.1. Literatür Taraması

S.S.K. Deepak “Applications of Different Optimization Methods for Metal Cutting Operation – A Review” isimli çalışmasında metal kesme operasyonları için farklı optimizasyon metotları üzerine çalışmalarından bahsetmiştir. Verimlilik artışı ve üretim maliyetlerini azaltmak için optimum kesme parametlerinin seçimine elden gelen en büyük gayret ile ilgi gösterilmelidir. Çalışmada bulanık mantık, genetik algoritma, Taguchi tekniği , geometrik programlama ve yapay sinir ağı gibi gelenekel yöntemler karşılaştırılmıştır. Sistematik modelleme ile metal kesme operasyonlarının optimizasyonunun ürün ve proses kalitesindeki iyileşmeler için potansiyeli gözlemlenmiştir [Deepak, 2012].

Soleymani Yazdı ve A. Khorram “ Modeling and Optimization of Milling Process by using RSM and ANN Methods” adlı yayınlardna RSM(Response Surface Methodology) ve ANN (Artificial Neural Networks) metotlarını kullanarak frezeleme proseslerini optimize etmek ve modelleme üzerine çalışmalarından bahsetmişlerdir. Çalışmada alın frezelemede yüzey pürüzlülüğünü minimize etmek ve kesilen talaş hacmini artırmak için iş mili hızı, aksenel kesme derinliği, ilerleme hızı vb parametrelerin optimum seçimi araştırılmıştır [Soleymani and Khorram, 2010].

M. Alauddin “ Optimization of Surface Finish in End Milling Inconel 718” isimli yayınında parmak freze ile yüzey bitirme operasyonunun optimizasyonundan bahsetmiştir. Yüzey pürüzlülüğüne göre matematiksel bir model oluşturulmuştur. Yüzey konturları sayesinde kesme hızı ve ilerleme kombinasyonları seçilerek yüzey pürüzlülüğünü artırmadan üretim sürelerinin düşürülmesi mümkün kılınmıştır [Alauddin vd., 1996].

Kannan S. “ Optimization of Face Milling Parameters for Material Removal Rate and Surface Roughness on Inconel 718 using Response Surface Methodology and Genetic Algorithm” yayınında RSM ve GA metodolojisiyle talaş kaldırma oranı ve yüzey pürüzlülüğü için alın frezeleme parametrelerinin optimizasyonu üzerine çalışmalarından bahsetmiştir. Çalışmada alın frezeleme operasyonun girdileri ve çıktıları arasındaki ilişkinin formülize edilmesi hedeflenmiştir [Kannan vd., 2016].

Akhilesh Chaudhary “ Optimization of Machining Parameters Affecting Metal Removal Rate of Aluminium Alloy 6082 in Dry End Milling Operation on VMC” isimli çalışmalarında dikey işleme merkezli (VMC-Vertical Machining Centre) bir makinada talaş

kaldırma oranına etki eden imalat parametrelerinin optimizasyon çalışmalarından bahsedilmiştir. İş mili hızı, table ilerlemesi ve kesme derinliği kontrol parametleri olarak seçilmiştir. Seçilen parametreler en önemli faktörü tanımlayabilmek için Minitab programı ile analiz edilmiştir [Chaudhary and Verma, 2018].

E. Arun Kumar “Optimization of Process Parameters in Machining of Ohns Steel on Vertical Milling Machine using Taguchi Technique” akademik yayınında dikey işleme merkezli talaşlı imalat makinasında Taguchi tekniği ile proses parametlerini optimize etmek üzere çalışmalarını paylaşmıştır. Çalışmada HSS (High Speed Steel) kesici takım ile dikey işleme merkezli bir freze tezgahı üzerinde kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızı parametleri Taguchi tekniği ile incelenmiştir [Kumar, 2017].

Raneen Abd Ali “ Multi-Response Optimization of Face Milling Performance Considering Tool Path Strategies in Machining of Al-2024” çalışmasında alüminyum malzemenin talaşlı imalatında takım yolu stratejisinin alın frezeleme performansının optimizasyonuna etkisi araştırılmıştır. Çalışma Taguchi test metodu kullanılarak ilerletilmiştir. Çalışma neticesinde takım yolu stratejisinin alın frezeleme çıktıları üzerine önemli etkileri olduğu görülmüştür [Ali vd., 2019].

Jagannadha Raju ve Sameer Kumar Gedela “Experimental Investigation of Machining Parameters of CNC Milling for Aluminum Alloys 6063 and A380” başlıklı yayınlarında alüminyum alaşımlı malzemelerin frezeleme operasyonlarında kullanılan imalat parametrelerinin deneysel araştırmalarını içermektedir. Çalışma Taguchi deneysel dizayn tekniği kullanılarak tamamlanmıştır [Raju and Gedela, 2016].

N. Baskar ve arkadaşları “ Optimization of Machining Parameters for Milling Operations Using Non-conventional Methods” isimli yayınlarında konvansiyonel olmayan metotlar ile talaşlı imalat parametrelerinin optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Çalışmada frezeleme operasyonu kesme parametrelerinin optimizasyonu için algoritma geliştirilmiştir [Baskar vd., 2005].

7.2. İmalat Süre Çalışmaları

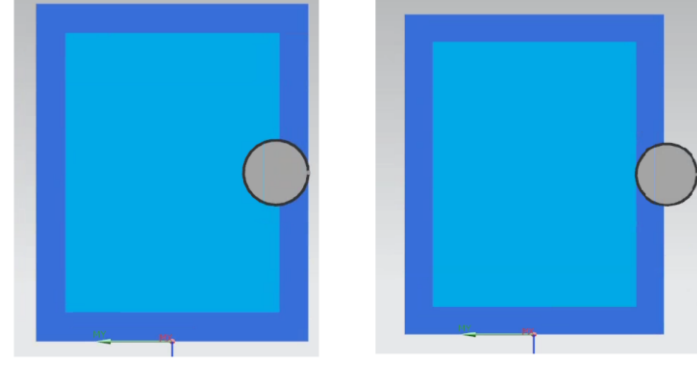
İyi bir programlama ve kesme koşullarına sahip olabilmek için bir takım şartlar bir arada sağlanıyor olmalıdır. NC program optimizasyonunda dikkat edilecek hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- a. Diş başına ilerleme, fz
- b. Fener mili hızı, n
- c. Aşağı yönlü frezeleme
- d. Radyal, ae ve eksenel, ap kesme derinliği
- e. Takım yolu optimizasyonu
- f. Operasyon tercihi
- g. Kesici çapı ve pozisyonu
- h. Doğru takım seçimi
- i. Tezgâh Kabiliyeti
 - Devir, tork
 - Eksenel serbestlik ve limitler
 - Yıpranma ve yorulma kaynaklı kayıplar

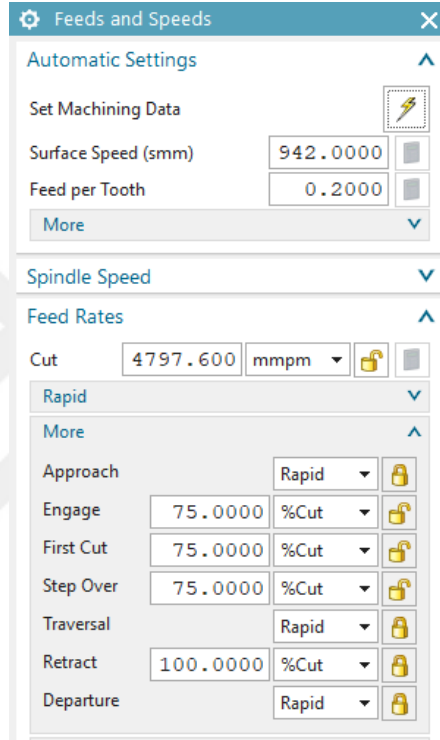
Tüm bu hususlar dikkate alınarak üretici firmanın NC programı analiz edilerek süre optimizasyonu yapılmıştır.

7.3. Operasyon Analizleri

- 1- AL malzemelerde yüksek devirlerde daha düzgün yüzeyler elde edilebilir. Çalışmamızda firmanın tezgahı incelendiğinde sürekli çalışılabilir fener mili hızı 12000 d/d olduğu görülmüştür; fakat firma çoğunlukla 8000 devir/dk ve altında çalışmaktadır. Mümkün olan her aşamada hıza pozitif yönde müdahale edildi ve üst limitlere çekildi.
- 2- Talaşa ilk giriş anı takım ömrü ve uygun bir kesim için önemlidir. Bu anlayışla operasyonlara müdahale edilmiştir. Takımın iş parçasına %50 engage ile girişi ile talaş alması durumunda maruz kalacağı yükler dengesiz olacağı için sağlıklı bir giriş yapılamamış olacaktır. Giriş %75 olarak seçilmiş ve ilk kesim boyunca da aynı oranda devam etmiştir. Takımın verimli kesim yapılması ve ömrünün daha uzun olması için talaşa uygun giriş yapılmalıdır.

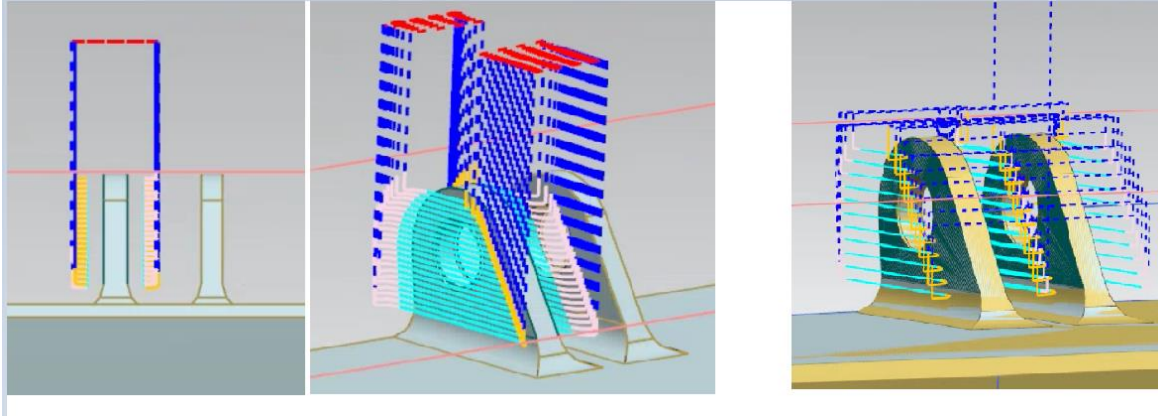


Şekil 7.1: Kesici Takımın Doğru Şekilde Talaşa Girişi.



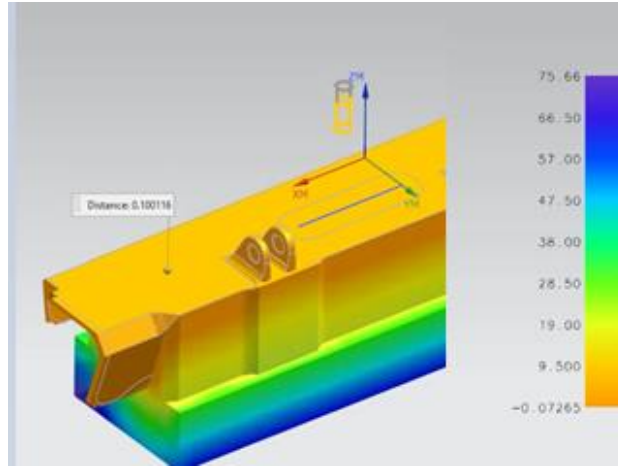
Şekil 7.2: İlerleme ve Talaşa Giriş Parametrelerinin Seçimi.

- 3- Kesme derinliği ap programların büyük bölümünde bir alışkanlık olarak 1mm ve altında seçilmiştir. Üretici nezdinde bu değerlerin teknik bir alt yapısı olmadığı görülmüştür ve müdahale edilerek 5 mm' ye çekilmiştir. Uygun takım, metot ve tezgâh seçimi ile 35 mm gibi yüksek derinliklerde talaşa dahi girilebilmektedir.
- 4- Aynı adımda tamamlanabilecek operasyonların ayrı ayrı adımlarda yapılması zaman kaybına yol açabilmektedir. Mümkün olan en az sayıda operasyon ile gereksiz işlemlerden kaçınılmalıdır. Z-level duvar kesme operasyonunda kesme derinliği 1 mm iken 2 mm' ye çekilmiştir. Tüm bu değişiklikler sayesinde mevcut süre %75 iyileşmiştir.

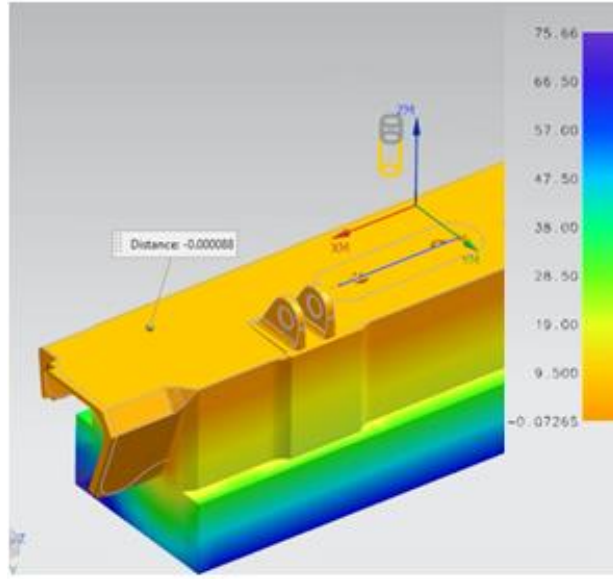


Şekil 7.3 : Verimli Talaş Derinliği ve Takım Yolu Seçimi. Soldan Sağa, Birinci ve İkinci Görsel 1mm İle Sık Taranmış Yüzey ve Verimsiz Takım Yolu , Üçüncü Görsel 2 mm Kesme Derinliği Seçimi Sonucunda Takım Yolu Görünümü.

- 5- Her bir operasyonda bir sonraki operasyon için uygun bir stok bırakılmalı ve operasyon sayısı gereksiz yere arttırılmamalıdır. 1.operasyon sonunda kalan stok 0.1 mm civarındadır ve 8 dk NC süresine sahiptir. 2. operasyonda ise kalan 0.1 mm stok alınmaktadır ve 3 dk sürmektedir. 0.1 mm stok bırakmak yerine 2 operasyon birleştirilerek finish operasyonu tamamlanarak ve uygun kesme derinliği verilerek sürede iyileştirme yapıldı. Toplamda 11 dk süren operasyon bu sayede 3 dk süre ile tamamlanmış ve %72 iyileşme sağlanmıştır. Bu sayede aynı takım yolunu iki kez ilerlemek yerine tek takım yolu ile operasyon tamamlanmıştır.

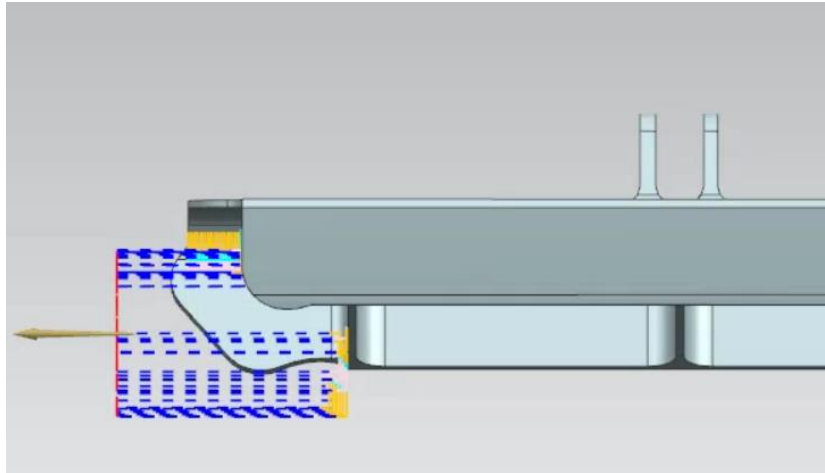


Şekil 7.4: Birinci Operasyon Sonrası Kalan 0.1 mm Talaş Miktarı.

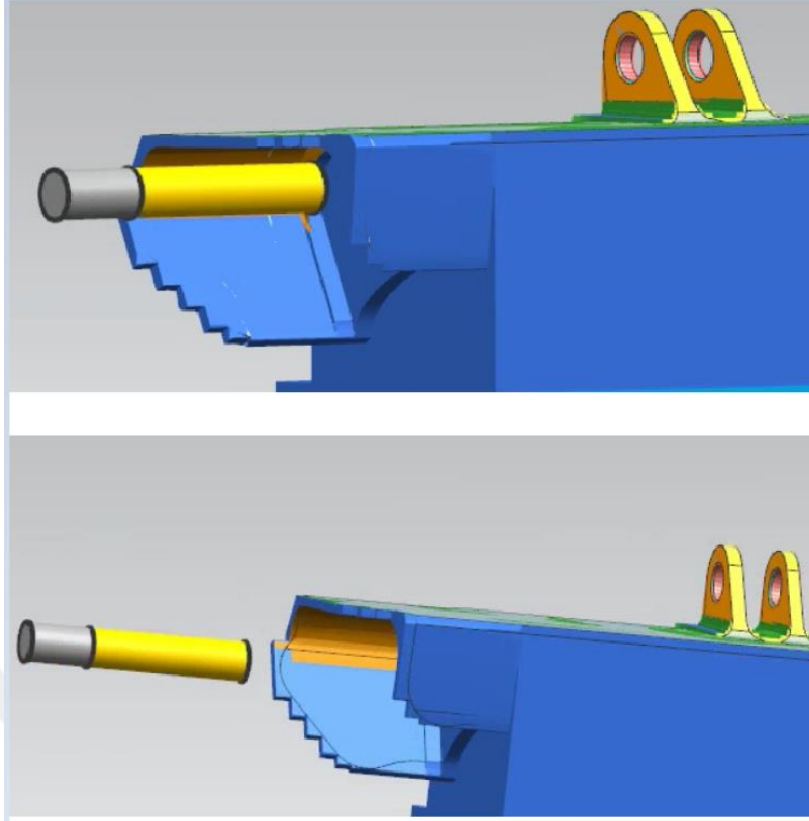


Şekil 7.5: Gereksiz Operasyon Sayısının Azaltılması, İki Operasyonun Birleşmesi Sonrası Tamamlanmış Yüzey.

- 6- Takım her talaşa giriş sonrası şekil 7.6’ da görülen kırmızı çizgi ile işaretli bölgeye çıkış yaparak aynı mesafeyi her engage ve retract operasyonunda tekrarlayarak çok fazla boşa hareket etmektedir. Takımın bu boş hareketleri oldukça verimsiz kesme koşulları oluşturur.

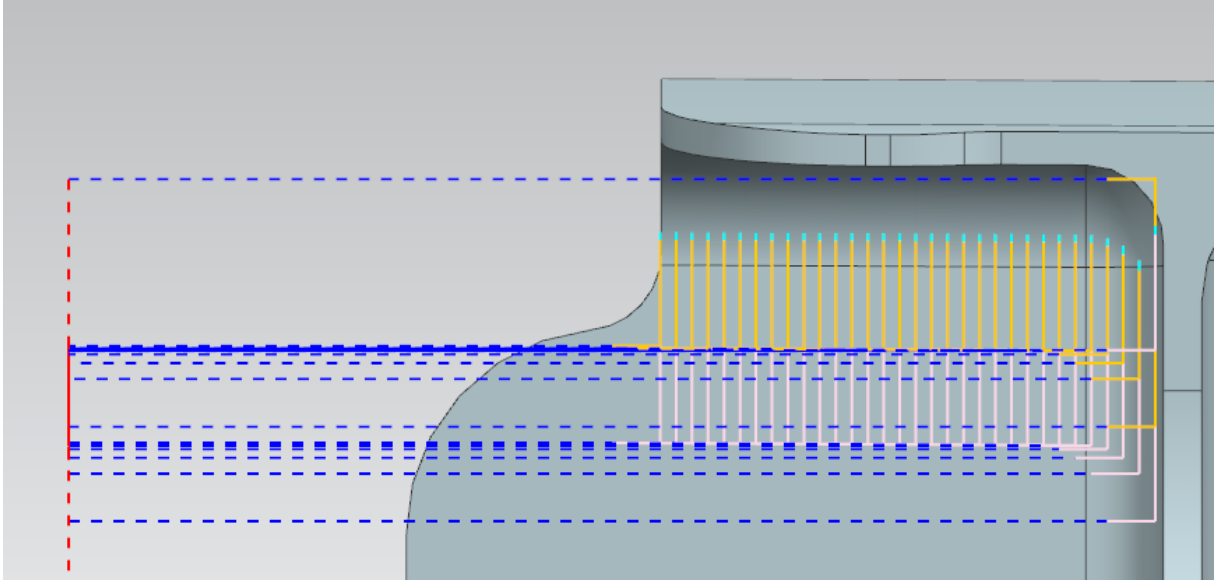


Şekil 7.6: Takımın Engage/Retract Sırasında İzlediği Yol

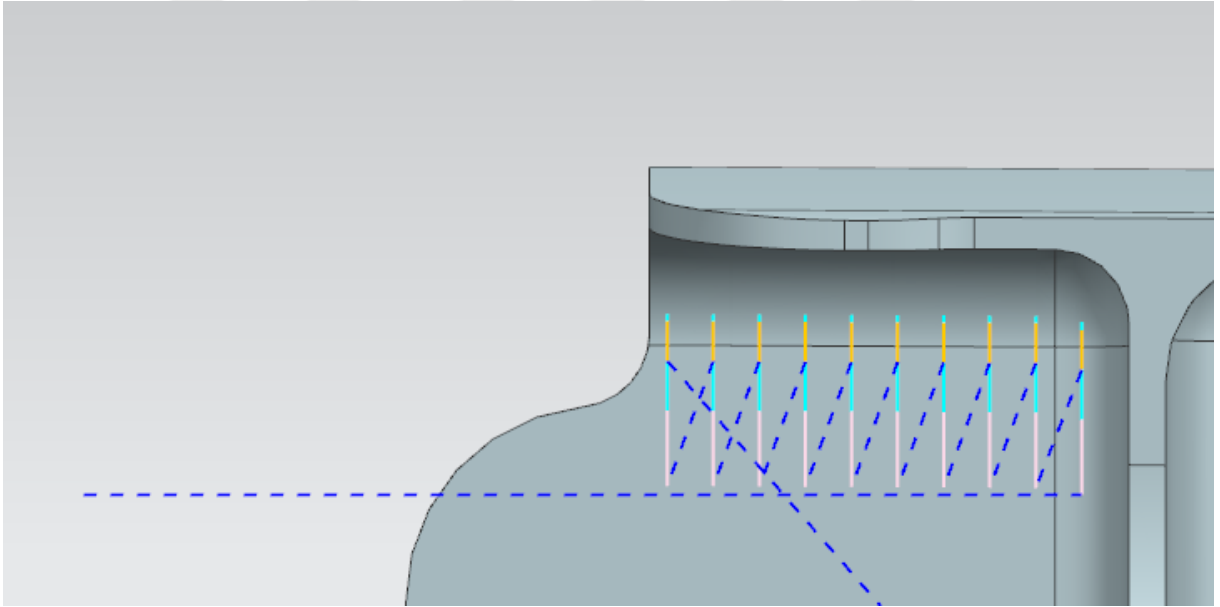


Şekil 7.7: İlk Resimde Kesici Takım Talaşa Daldığı Mesafe, İkinci Resim Takımın Gereksiz Yere Talaştan Çıkışı İçin Kat Ettiği Mesafe.

Operasyonun non cutting move (kesme dışı operasyonlar) seçeneğinden transfer / rapid sekmesinde clearance seçeneği direct olarak seçilir ve takımın engage/retract hareketi sınırlandırılır. Bu sayede kesici takım her pasoda ileri doğru hareket ederek verimli bir kesim yapmamıza olanak sağlar. Aynı zamanda ap: aksnel kesme derinliği değeri 1 mm yerine 3 mm çekilerek talaş derinliğini de arttırmak suretiyle 3 dk olan operasyon süresi %83 iyileşme sonrası 30 sn olarak gerçekleşmiştir. Takım yolu ve boşta gezme hareketlerinin optimizasyonunun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

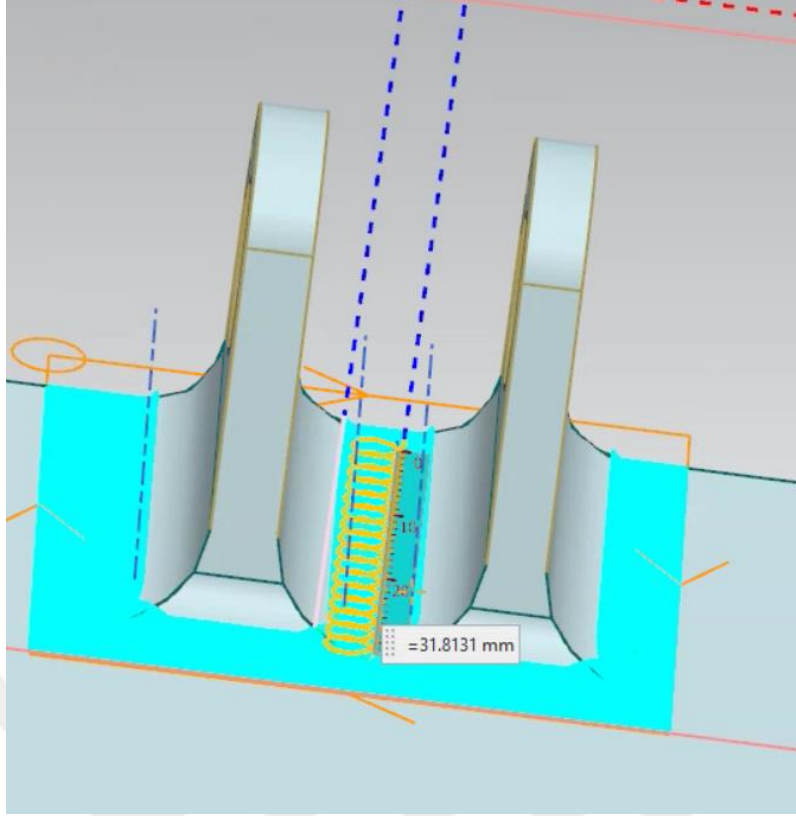


Şekil 7.8: Takımın Gereksiz Boşta Hareketleri ve Düşük Kesme Derinliği Halinde Takım Yolu Oluşumu.



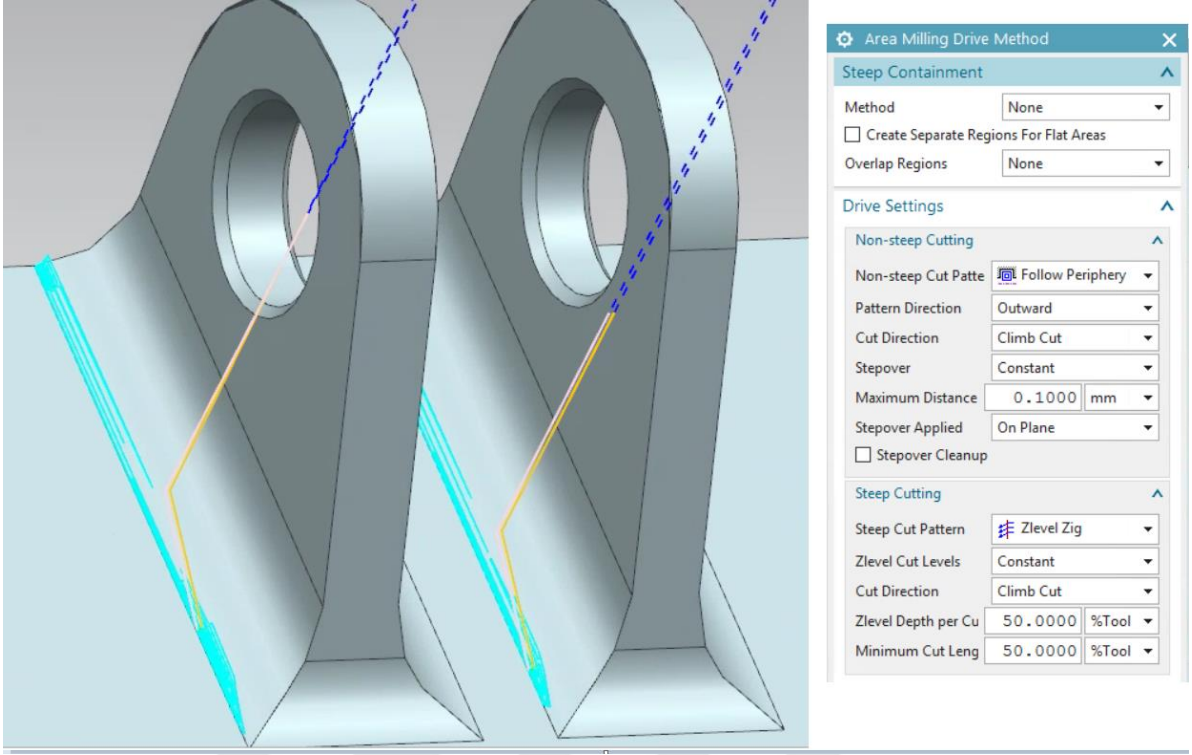
Şekil 7.9: Takımın Boşta Hareketlerinin Sınırlandırılması İle Sürekli Talaş Kaldırma ve Uygun Kesme Derinliği Halinde Takım Yolu Oluşumu.

- 7- Takım doğru nokta ve mesafeden engage olmalıdır. Şekil 7.10' da görüldüğü üzere takım 31 mm yükseklikten talaşa giriş yapana kadar boşta dönme hareketi yaparak imalat süresini gereksiz yere uzatmaktadır.

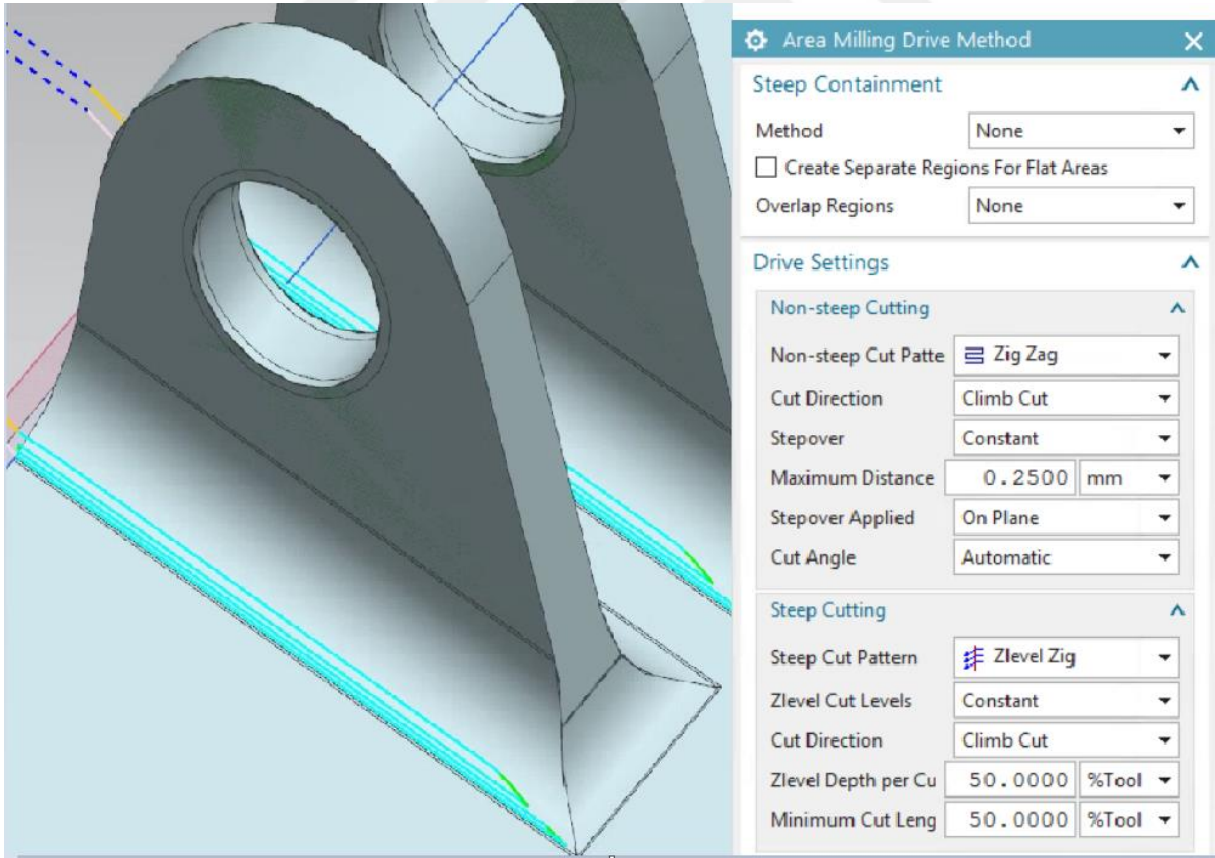


Şekil 7.10: Takımın Gereksiz Boşta Dönme Hareketi İle Kat Ettiği Mesafe ve Düşük Yana Kayma Hareketi İle Gereksiz Tarama Yapması.

Bu operasyonda yana kayma değerinin düşük seçimi sonrası gereksiz bir tarama yapılmıştır. 0.1 mm yana kayma yerine 0.25 mm yana kayma uygulanmıştır. Ayrıca cut pattern Follow periphery (çevresel tarama) yerine zig-zag yöntemi seçilerek daha düzgün tarama yapılmıştır. Doğru pasolarda tarama ve uygun kesme yöntemi seçimi optimizasyon için oldukça önemlidir. Tüm optimizasyonlar sonrası toplamda 10 dk 35 saniye NC süresi olan operasyon 54 sn olarak tamamlanmış ve %90 gibi bir iyileşme sağlanmıştır.

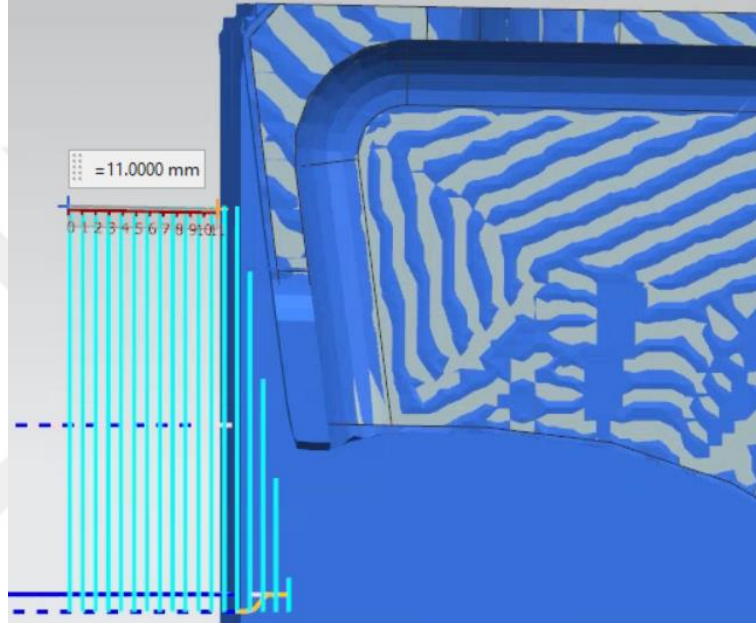


Şekil 7.11: Follow Periphery Metodu İle Takım Yolu Oluşumu.

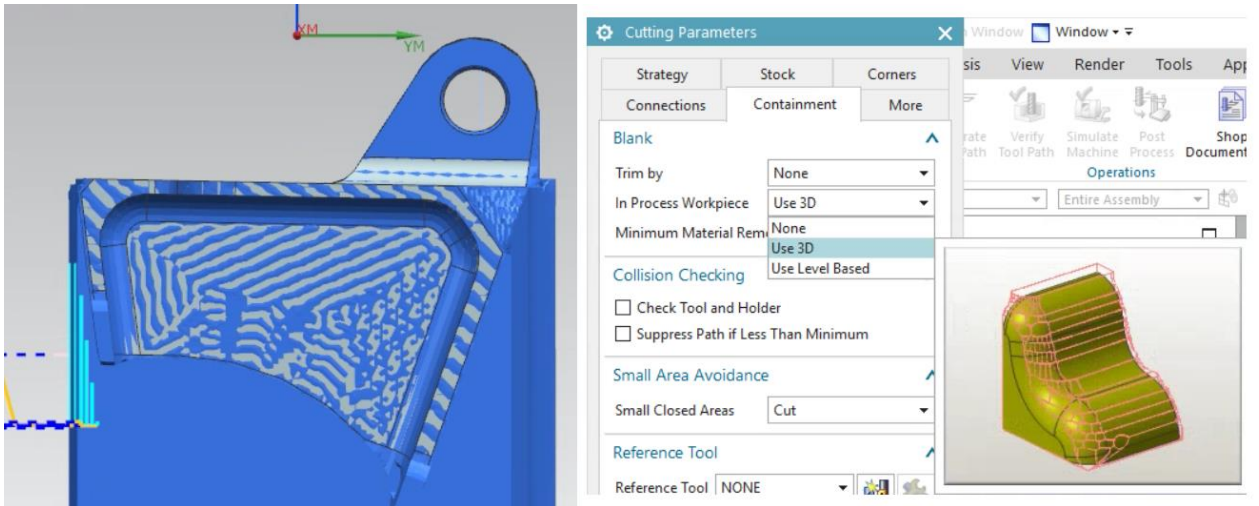


Şekil 7.12: Doğru Takım Yolu Seçimi, Zig-Zag Metodu İle Takım Yolu Oluşumu.

- 8- Şekil 7.13’ de verilmiş olan operasyon görselinde yanlış takım yolu oluşumu görülmektedir. 11 mm derinliğe kadar kaldırılacak talaş olmamasına rağmen yanlış tarama sonucu takım talaşa dalmadan 11 mm boyunca boşta gezmektedir. Bu türde boş hareketler işleme maliyetlerini arttırmaktadır. Bu gibi durumları önlemek için basit bir komut yeterlidir. Kesme parametreleri içinden işlemde olan iş parçasının kalan stoku 3D model olarak seçilir ve iş parçası doğrudan kalan stoka giderek boşta hareketler yapmaz. Bu operasyon 18 dakika 30 saniye sürerken yapılan çalışma sonrası %65 iyileşme ile 6 dakika 30 saniye sürmüştür.

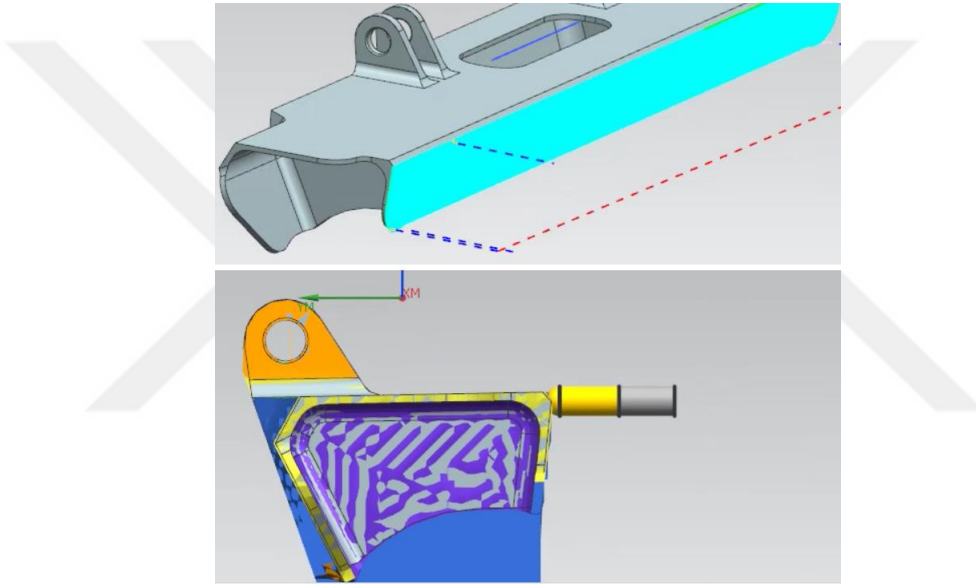


Şekil 7.13: 11 mm Derinlik Boyunca Yanlış Tarama.

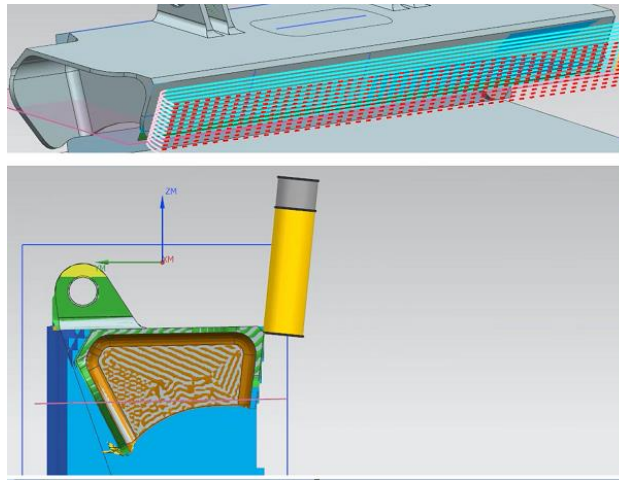


Şekil 7.14: 3D Modelde Kalan Stoka Doğrudan Gidilmesi İçin Komut Seçimi İle Gereksiz Taramaların Önlenmesi.

- 9- Uygun takım ve kesme stratejisi seçimi bu operasyonda önemini tekrar göstermiştir. Küre takımları kullanırken yapılan sık taramalar operasyon sürelerini oldukça uzatmaktadır. Bu sebeple alternatif metot kalmadığı takdirde konturlu yüzeyleri işlerken kullanmayı tercih edebiliriz. Şekil 7.15’ te görüldüğü gibi küre takımla 0.1 mm stepover (yana kayma) ile sık bir tarama yapılmıştır. Bunun yerine şekil 7.16’ da görüldüğü gibi side milling (kenar frezeleme) tercih edilip taranan bölgeyi 12 eşit pasoda alarak kesme derinliğini arttırabiliriz. Bu operasyonda area milling (bölgesel frezeleme) yerine surface milling (yüzey frezeleme) tercih edilmiştir ve istenen miktarda paso ile operasyon tamamlanmıştır. İlk yöntem ile 31 dk süren operasyon 3 dakika 30 saniye gibi bir sürede tamamlanmıştır.

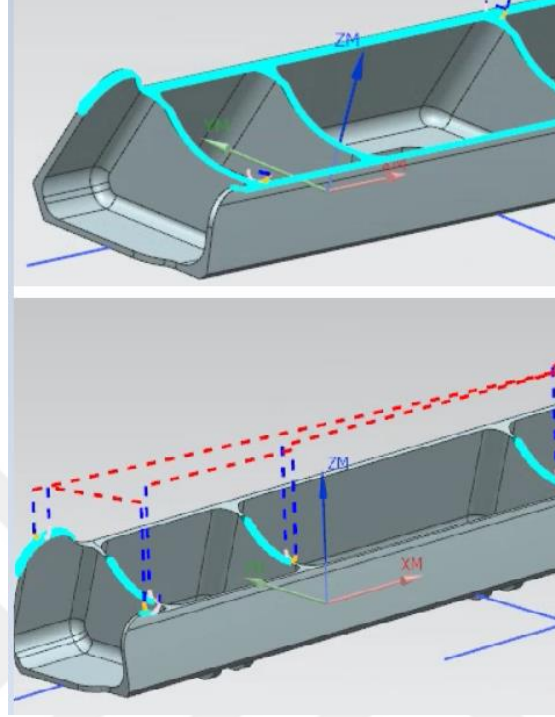


Şekil 7.15: Verimsiz Takım Seçimine Örnek ve Küre Takım İle Sık Tarama.



Şekil 7.16: Uygun Takım Seçimi ve Kenar Frezeleme İle Yüksek Talaş Derinliğinde Hızlı Kesim.

10- Küre takım açılı yüzeylerde uygun Şekilde kullanılmalıdır. İhtiyaç olmayan yüzeyler küre ile taranmamalıdır. Şekil 7.17' de görüleceği üzere gerekli alanlar taranarak 16 dk süren bir operasyon 2 dk gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır.



Şekil 7.17: İlk resim gerek olmadığı halde taranan yüzeyleri, ikinci resim gerek duyulan doğru yüzeylerin Őeimini göstermektedir.

7.4. Bölüm Özeti

Günümüz imalat teknolojisi her geçen gün daha da ileriye gitmektedir ve sürekli iyileşme felsefesi imalatın kalbini oluşturmaktadır. Bu bölümde yapılan çalışmaların sonuçlarını kısaca özetlemek gerekirse;

İyi bir optimizasyon için tezgahımızın kabiliyetlerini tanımalı ve limitlerimizi bilmeliyiz. Tezgâhın sürekli çalışabildiği devir, tork ve stabilitesi gibi etkenleri çalışmanın merkezinde tutmalıyız.

Kullanılacak imalat yöntemleri ve kesme parametreleri süreçleri ve imalat sürelerini doğrudan etkilemektedir. Doğru talaşa giriş ve çıkış, optimum talaş derinliği ve kesme hızlarına ulaşmak hedeflenmelidir.

Doğru kesici takım ile doğru takım yolu örülmesi sonucunda yüksek verimlilikte imalat mümkündür. Kesici takımın diş sayısı, diş başına ilerleme kabiliyeti direkt olarak NC süresine etki eder. Yanlış taramalar ile gereksiz takım yolları süreçleri verimsiz hale getirecektir.

Doğru planlama ve etkin teknik yaklaşımlar ile işletmelere zarar verebilecek ya da kârlılığını azaltarak ek maliyetler getirecek çalışmaları da önlemiş oluruz. Bu sonsuz döngüde iyileştirmelerin bir sonu olmadığını görmeli ve bu noktada devamlılığı sağlamalıyız.

Gelecekte bu çalışmayı daha ileri taşıyabilmek için tezgah çekiç testleri ile optimum fener mili hızı ve eksenel talaş derinliği her bir tezgah için belirlenebilir. Bu analizlerin sonuçları ile uygun takım teknolojilerinin birleştirilmesi vasıtasıyla çok daha etkin ve verimli parça kesimleri gerçekleştirilebilir. KAIZEN felsefesi bir işletme de her zaman daha ileriye gitmek için benimsenmelidir.

8.HAM MALZEME ÇALIŞMALARI

Ham malzeme maliyetleri bir işletmenin ana gider kalemini oluşturur. Yapılacak ufak iyileştirmeler bile yüksek adetli üretimlerde ciddi kârlar bırakır. Havacılık sanayisinde Türkiye ham malzemeyi yurt dışından döviz cinsinden ödeme ile aldığı için bu iyileştirmeler ekonomik ve siyasi koşulların değişimine göre çok daha fazla tasarruf getirebilmektedir.

Bu bölümde uluslararası bir havacılık firmasının yolcu uçağının gövdesinde kullanılan ana taşıyıcı frame parçalarının ve projeye ait diğer parçalarında aralarında olduğu bir nesting(yerleştime) çalışması gerçekleştirdik.

Nesting, parçaların bir ham malzeme plakası içerisinde en uygun pozisyonlarda yerleştirilmesidir. Çalışmada hedeflenen scrap (hurda) oranının minimum seviyede tutulmasıdır.

Kullanılan ham malzeme AMS4202 standardına göre 7475 cinsi alüminyum T7351 kondisyonunda ısıl işlem görmüş plate malzemedir.

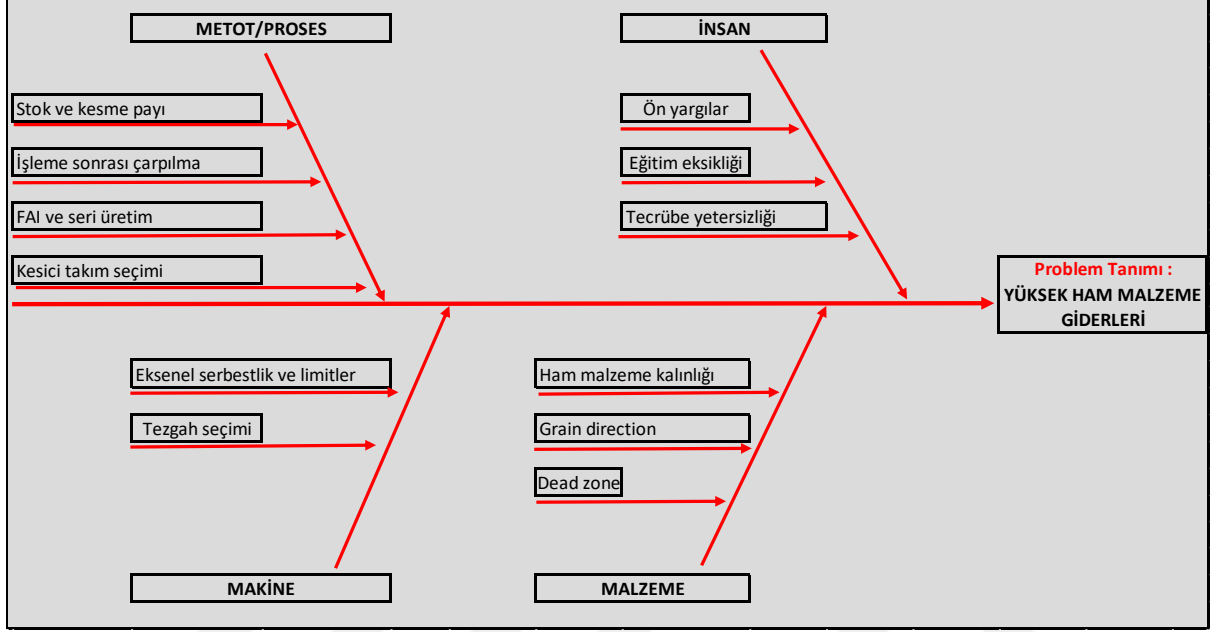
7XXX serisi alüminyum alaşımlar havacılık sektöründe en yaygın kullanılan serilerin başında gelmektedir. Kimyasal yapı kodu 5.7Zn - 2.2Mg - 1.6Cu - 0.22Cr. 7XXX serisi yüksek dayanımlı; fakat korozyona karşı düşük direnç gösteren bir seridir. Isıl işlem uygulanarak sertleştirilebilirler.

Tablo 8.1: 7475 Seri Alüminyum Elementleri.

Elements	Min	Max
Silicon	--	0.10
Iron	--	0.12
Copper	1.2	1.9
Manganese	--	0.06
Magnesium	1.9	2.6
Chromium	0.18	0.25
Titanium	--	0.06
Zinc	5.2	6.2
Other Elements, each	--	0.05
Other Elements, total	--	0.15
Aluminum	remainder	

8.1. Balık Kılçık Diyagramı ile Sebep –Sonuç ilişkisi

Öncelikle diyagramın baş kısmına problem tanımlandı. Potansiyel nedenler olarak İNSAN, METOT/PROSES, MAKİNE ve MALZEME kategorileri belirlendi. Her bir kategori altında problemin olası sebepleri maddeler halinde şekil 8.1. 'de gösterildiği gibi detaylandırılarak kök nedenler belirlendi.



Şekil 8.1: Yüksek Ham Malzeme Giderleri Sebep-Sonuç İlişkisi Gösterir Balık Kılçık Diyagramı.

8.2. Ham Malzeme İyileştirmesi

Ham malzeme iyileştirmesinde dikkatle incelenmesi gereken konular,

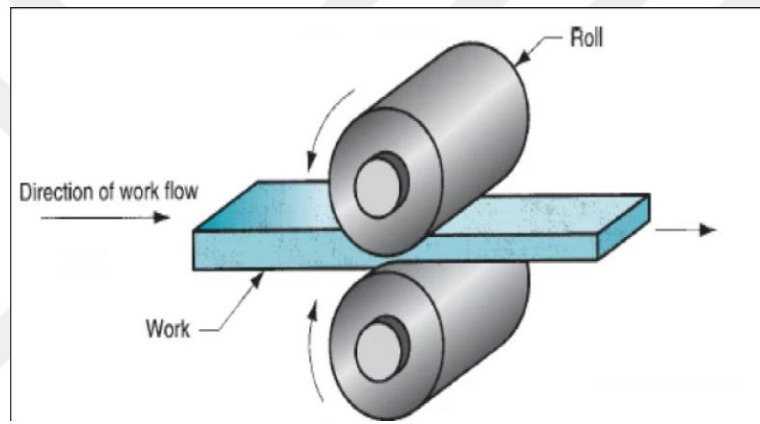
1. Grain direction
2. Ham malzeme kalınlığı
3. Parçaların aylık ve yıllık ihtiyaçları
4. Dead zone bölgesinin kaldırılması
5. Parçalarda çarpılmanın ön görülmesi
6. Precut planlamalarının yapılması
7. Plaka içerisindeki parçaların gideceği firmaların optimize edilmesi
8. Precut içerisindeki parçaların herhangi birinin geometrik revizyona uğraması
9. FAI(First article inspection) adımı bozulan parçaların yerine ihtiyaçların karşılanması
10. Kesme için kullanılacak takım tipi, kesme payı ve uygun tezgâh seçimi
11. Parçaları fikstüre bağlanabilmesi için verilen stok payları

12. Bölümler arası koordinasyon ve deneme üretimlerinin yapılması

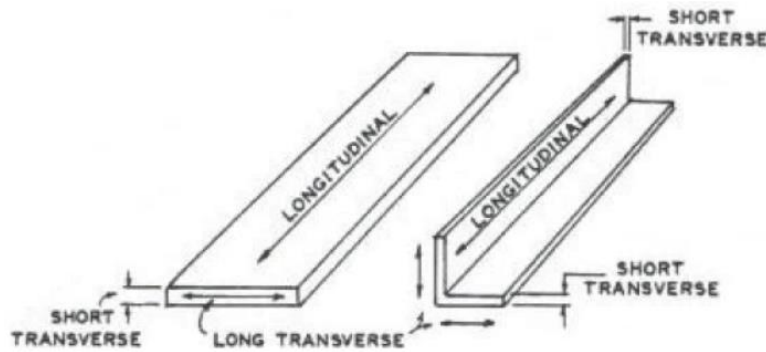
13. İyileştirmenin hesaplanması ve hayata geçirilmesi

8.2.1. Grain Direction

Metal malzemenin üretildiği yön grain direction olarak tanımlanır. Ham malzeme üretilirken tanecik yapıları hadde yönünde şekillenir. Tanecikler hadde yönünde uzar ve maksimum çekme dayanımı verir. Özellikle yük taşıyıcı parçalar için maksimum çekme dayanımı isteyen ölçü hadde yönünde verilir ve ham malzeme stoğu buna göre kesilir. Bu bakımdan grain direction en önemli konuların başında gelir. Tasarımcı parçanın grain direction bilgisini 3D model ya da teknik resimde belirtir. Bu yönü dikkate alarak parçaları nesting etmek zorundayız.



Şekil 8.2: Haddeme Prosesi.



Şekil 8.3: L, LT ve ST Yönleri.

L: Longitudinal, ham malzeme üretildiği yönü, boyu temsil eder.

LT: Long transverse, ham malzemenin uzun enini temsil eder.

ST: Short transverse, ham malzemenin kısa enidir. Malzeme kalınlığını temsil eder.

8.2.2. Ham Malzeme Kalınlığı

Plate malzemelerin kalınlığı arttıkça çekme dayanımı düşer. Bunun nedeni ısıtılma işlem sırasında kalınlık arttıkça ısının malzemenin iç bölgesine eşit yayılmaması sonucu homojen bir sertlik elde edilememesi riskidir. AMS4202 ham malzeme standardına göre kalınlığa bağlı dayanım değişimi tablo 8.2’ de görüldüğü gibidir.

Tablo 8.2: Ham Malzeme Kalınlığına Bağlı Minimum Çekme Dayanımı Özellikleri

Nominal Thickness Inches	Specimen Orientation	Tensile Strength ksi	Yield Strength at 0.2% Offset ksi	Elongation in 2 Inches or 4D %
0.250 to 1.500, excl	Longitudinal	71.0	60.0	10
	Long-Trans	71.0	60.0	9
1.500	Longitudinal	71.0	60.0	10
	Long-Trans	71.0	60.0	9
	Short-Trans	67.0	56.0	4
Over 1.500 to 2.000, incl	Longitudinal	70.0	58.0	10
	Long-Trans	70.0	58.0	8
	Short-Trans	66.0	54.0	4
Over 2.000 to 2.500, incl	Longitudinal	69.0	57.0	10
	Long-Trans	69.0	57.0	8
	Short-Trans	65.0	53.0	4
Over 2.500 to 3.000, incl	Longitudinal	68.0	56.0	10
	Long-Trans	68.0	56.0	8
	Short-Trans	65.0	53.0	3
Over 3.000 to 3.500, incl	Longitudinal	65.0	53.0	10
	Long-Trans	65.0	53.0	8
	Short-Trans	64.0	51.0	3
Over 3.500 to 4.000, incl	Longitudinal	64.0	52.0	9
	Long-Trans	64.0	52.0	7
	Short-Trans	63.0	50.0	3

8.2.3. Parçaların Yıllık İhtiyaçları

Plaka içerisinde aylık ya da yıllık farklı ihtiyaçlara sahip parçaları koyamayız. Farz edelim ki plaka da aylık ihtiyacı 4 olan 5 parça ve ihtiyacı 6 olan 1 parça var olsun. 1 plaka sipariş edildiğinde içerisinde bir parçadan her defasında 2 adet eksik üretim çıkacak ve bu üretim devam ettikçe büyük problem haline gelecektir.

8.2.4. Dead Zone Bölgesinin Kaldırılması

Havacılık spekleri incelendiğinde ham malzemedeki kaldırılması gereken minimum stok detayları verilmektedir. Bunun sebebi ham malzeme üzerinde korozyona uğramış ve çatlak riski oluşturan bölgeler var ise bu bölgelerin temizlenmesidir. Malzemenin alüminyum, çelik ve titanyum olmasına göre her bir yüzeyden kaldırılması gereken minimum stok değişkenlik gösterir. Alüminyum malzemeler için bu ölçü 2-3 mm olarak değişmektedir. Çalışmamızda bu ölçü 3 mm olarak alınacaktır. Bu durumda detay parçanın ölçülerine her üç eksen x, y ve z’ de minimum 3’ er mm eklenerek stok belirlenecektir.

8.2.5. Parçalarda Çarpılma Riski

Üretici firmalar çoğu kez geçmiş tecrübelerine binaen ham malzemenin talaşlı imalat sırasında nasıl hareketler sergileneceğini tahmin edebilir; fakat bu %100 mümkün değildir. Frame parçaları yay gibi davranış sergileyebilmektedir. Bu parçaların kulaklarının dışa açması, içe kapanması ya da burulması şeklinde gerçekleşebilir.

8.2.6. Precut Planlamalarının Hazırlanması

Aynı plaka içerisinde farklı parçalar çıkması sebebiyle ilk kesim işlemi için bir planlama hazırlanmalıdır. Bu planlama içerisindeki her bir parça için numaralandırma ya da kodlama yapılmalıdır ki detay parçalar üretilirken kesilmiş stokları sistem üzerinden otomatik olarak çağırabilelim ve sonrasında ilgili üreticilere ulaştıralım.

8.2.7. Plakaya Yerleştirilen Parçaların Üretileceği Firmaların Seçimi

Üretici firmalar seçilirken bir çok kriter göz önünde bulundurulur ve şartlar değiştikçe tedarikçi firma seçimleri de güncellenebilir. Kaynak seçiminde bakılan kriterleri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz:

- Etkin maliyet ile en iyi fiyat teklifi almak
- Firma tezgâh kabiliyetlerinin yeterliliği
- Kalifiye personel istihdamı
- Havacılık sektörü sertifikasyonlarının bulundurulması
- Firmanın sağlayabildiği kapasite yeterliliği
- Şirketin gelecek vizyonu
- Yatırım ve büyüme planları
- Siparişlerin teslimatı için verilen üretim süreleri

Yukarıda verilmiş olan kriterler zaman içerisinde değişebilmesi ihtimali nesting yapılan parçalarında farklı firmalara gidebilme ihtimalini doğurur. Başlangıçta plaka içerisindeki tüm parçalar tek bir kaynaktan üretiliyorken ilerleyen süreçlerde parçalar farklı firmalara dağılır. Bu nedenle yapılan yerleştirme işlemi gelecekte yaşanabilecek problemleri çözebilecek uygunlukta olmalıdır. Bunu da her bir parçayı ihtiyaç halinde ayrı stoklar halinde farklı firmalara iletebilecek şekilde bir kesim planı ile çözüyoruz.

8.2.8. Parçalara Revizyon Değişikliği Gelmesi Durumu

Gelen revizyonlar geometriyi değiştirmedeği takdirde nesting çalışmamızı etkilemeyecektir; fakat bazı durumlarda da parçanın geometrik ölçülerini değiştirebilir ve bu durumda mevcut plakadan üretilmeye uygun olmayabilir. Bu tarz durumlarda çalışmayı güncellemek kaçınılmaz olacaktır.

8.2.9. FAI Adımında Parça Hurda Riski

FAI(First article inspection), üretici firmaların seri üretime geçmeden önde 1 adet üretim yaparak ilk parçayı kalite kontrol sürecinden başarılı bir şekilde geçirmesini dokümante eden bir sistemdir. Üreticiler her zaman ilk üretimlerinde başarılı olamayabilirler. Bu durumda tekrar üretim yapılması ihtiyacı doğar. Plaka içindeki bir parçanın diğer parçalardan hariç tekrar üretiminin yapılabilmesi demek yeni bir plaka siparişinin geçilmesi ve diğer parçaların ilk üretimlerinin başarılı olması sonucunda plakadan arta kalan stokların fazla stok tutulmasına sebebiyet vermesi ve aynı zamanda maliyetlerin artması demektir. Bu gibi durumlarda artan stoklar aynı malzemeyi kullanan alternatif parçaların üretiminde kullanılarak bu problem çözülmeye çalışılabilir.

8.2.10. Precut Kesim İçin Takım Ve Tezgâh Seçimi

Mevcut işletmede kesim için iki adet seçeneğimiz mevcuttur. Birinci seçenek kesici takım ile tezgâhta kesim yapılmasıdır. Bu durumda güvenli kesim için yeterli olacak minimum takım çapını hesaplarken aşağıdaki formülasyon kullanılacaktır.

$$D = \text{Stok kalınlığı} / 5 \quad (8.1)$$

D takım çapını temsil eder. 100 mm bir stok kalınlığı için minimum 20 mm çapında takım seçilmelidir. Bu durumda nesting yapılırken iki stok arasından 20 mm çapında takım geçileceği düşünülerek uygun kesme mesafesi verilmelidir.

İkinci seçeneğimiz ise su jetinde kesme işlemi yapılmasıdır. Bu tezgâh 3-4 mm kesme payı ile çok daha az hurda vererek kesim yapılabilir; fakat kesim süresi ve maliyeti fazla olduğundan tercih edilmemiştir.

8.2.11. Üretim İçin Yeterli Stok Payı Verilmesi

Parçalar tezgaha çoğunlukla bir fikstür yardımı ile bağlanır. Fikstür, parçayı tezgâh tablasına bağlamak için kullanılan yardımcı bir alettir. Parçaları fikstüre bağlanabilmesi için verilen stok payları dikkatlice incelenmelidir. Firmalar birden fazla bağlama yöntemi ile parçayı tezgâha bağlayabilir. Bu yöntemler aşağıdakilerden biri olabilir:

Uygun yöntem seçildikten sonra üretici firma ile stok uygunluğu değerlendirilir ve çalışmanın başında uygun ölçüler üzerinde anlaşılarak yola devam edilir.

8.2.12. Bölümler Arası Koordinasyon ve Deneme Üretimi Yapılması

Yapılan bu çalışma birçok farklı disiplinin koordineli çalışmasını gerekli kılar. Tedarik zinciri, imalat mühendisliği, program yönetimi, üretim planlama ve iş aktarım birimleri ortak kararlar alarak çalışmanın hayata doğru süreçlerle geçirilmesini sağlar.

8.2.13. İyileştirme Hesabı ve Hayata Geçirilmesi

İyileştirme hesapları yapılırken mevcut üretim şartlarında kullanılan malzemenin hacmi ile iyileştirme sonrası kullanılan malzeme hacmi arasındaki fark bulunur ve malzemenin yoğunluğu ile kütle hesabına geçilir. Daha sonrasında malzemenin birim kg fiyatı bulunup yıllık ihtiyaç ile çarpıldığında elde edilecek tasarruf miktarı sayısal olarak bulunur. Kullanılacak formülasyonlar aşağıda tariflenmiştir.

X= Stok başlangıç hacmi

Y= İyileştirme sonrası stok hacmi

Tasarruf edilen hacim;

$$V = (X - Y) \quad (8.2)$$

Yoğunluk = Kütle / Hacim

$$d = (m / V) \quad (8.3)$$

Gerçekleşen iyileştirmenin maddi karşılığı

$$Z = (m \times \text{malzeme birim fiyatı}) \quad (8.4)$$

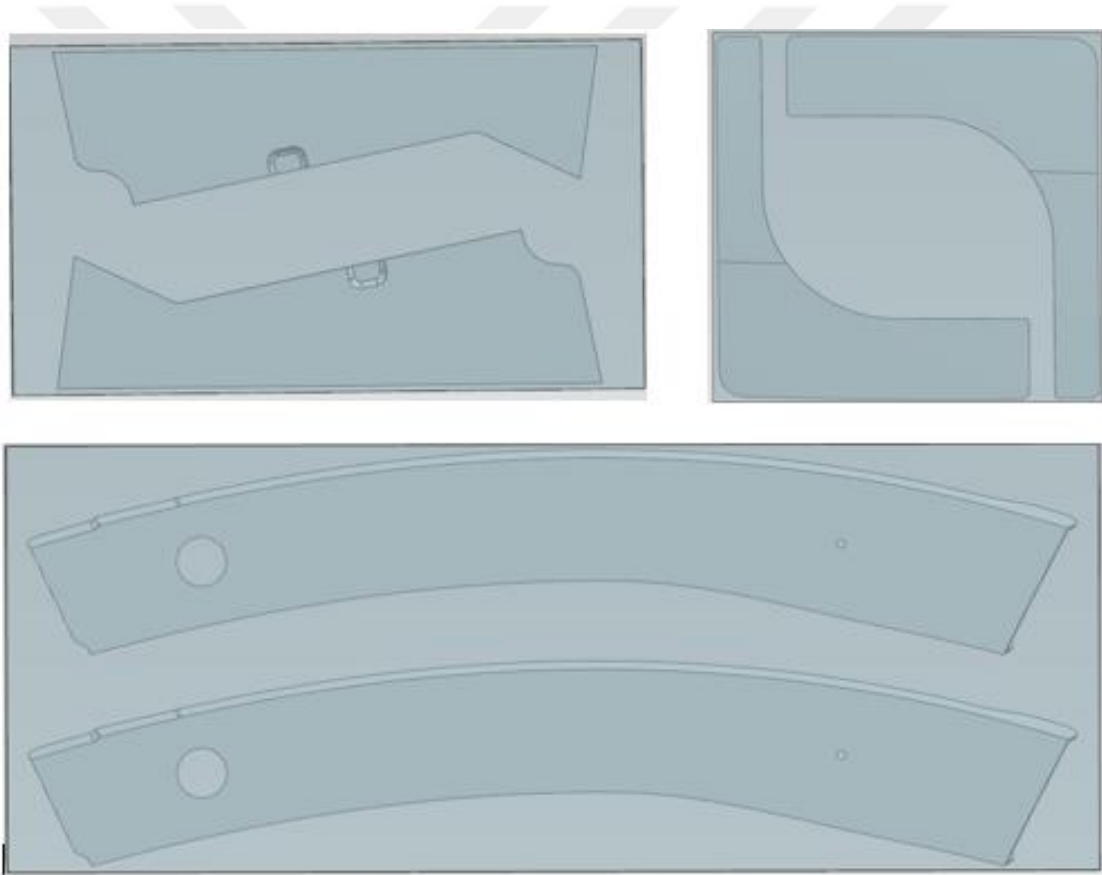
Tüm bu hesaplar sonrası üretici firma ve şirket içi disiplinlerle koordinasyon sağlanarak ham malzeme iyileştirmesi hayata geçirilir. Mevcut üretim planları nesting çalışması ışığında güncellenir ve ham malzeme tedarik süreçleri başlar.

8.3. Nesting Nedir ?

Nesting kelime anlamı olarak iç içe koyma , yerleştirme olarak tanımlanabilir. İmalat süreçlerinde ki karşılığı ise birden fazla parçayı aynı ham malzeme stoku içerisinde etkin ve verimli yerleştirme ile ham malzeme tasarrufu sağlamaktır.

Bu tür çalışmalarda plate bir ham malzemenin çekme dayanımı kalınlık arttıkça azalacağından yerleştirilecek parçaların kalınlıkları ile stok kalınlığı uyumlu olmalıdır. Diğer başlıca önemli husus ise hadde yönünün doğru tayin edilmesidir. Bu hususlara dikkat edilmediği takdirde yük taşıyacak parçaların dayanımlarında azalma meydana gelecektir ve uçuş güvenliği için risk teşkil edecektir.

Şekil 8.4' te farklı tiplerdeki nesting örnekleri verilmiştir.



Şekil 8.4: Nesting Çalışması Örnekleri






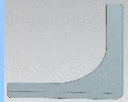




8.4. Nesting Çalışmasına Giriş

Proje başında aşağıdaki parçalara her bir parçanın 48" x 144" (w x l) plakadan çıkabilecek adetleri göz önünde bulundurularak iş alınmıştır. Standard bir plakadan (48" x 144") üretilmesi ön görülen parça adetleri tablo 8.3' te görülmektedir.

Nesting çalışmamızda aşağıdaki parçaları ve bunlara ilave parçaları da ekleyerek farklı kombinasyonlarda bir araya getirerek minimum stok ile yerleşim hedeflenmiştir.

Çalışmamızda 1,5" , 1,75" ve 2,0" (inch) olmak üzere 3 tip plaka kullanılacaktır. Daha sonrasında yapılan toplam tasarruf hesaplanacaktır.











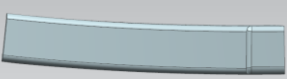

Tablo 8.3: 48" x 144" Standard Plakadan Çıkan Parça Adetleri

PARTNO	3D MODEL	PART NAME	DIMENSION / GRAIN DIRECTION (")			48"144 " STOCK SIZE QTY
			T	W	L	
A-1		FRAME	1,50	34,0	113,0	2
A-2		FRAME	1,50	6,0	32,0	32
A-3		FRAME	1,50	6,0	32,0	32
B-1		FRAME	1,75	37,0	117,0	2
B-2		FITTING	1,75	12,0	16,0	60
B-3		FITTING	1,75	12,0	16,0	60
B-4		FITTING	1,75	12,0	16,0	56
B-5		FITTING	1,75	12,0	16,0	56
C-1		FRAME	2,00	33,0	109,0	2
C-2		FRAME	2,00	11,0	57,0	12

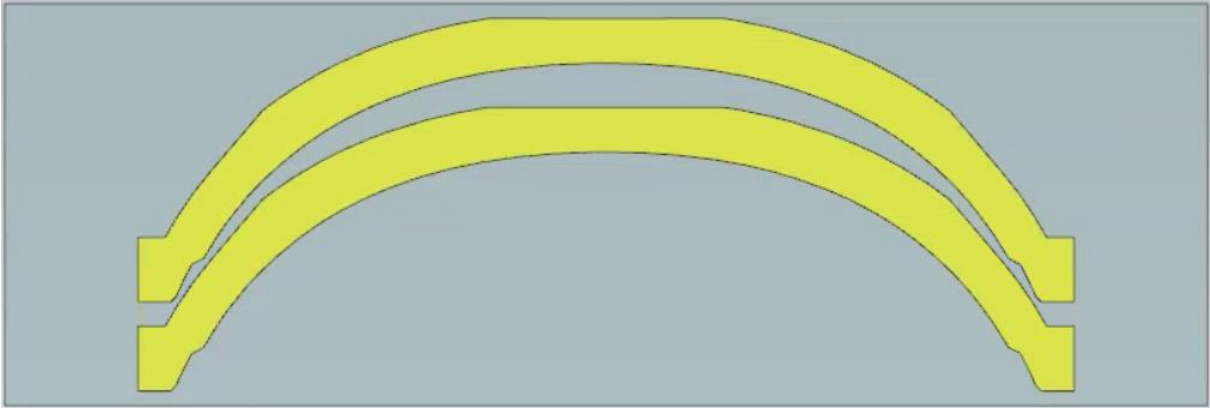
8.4.1. 1,5" Plakada Yapılan Stok İyileştirme Çalışması

Çalışmamızda kullanılacak parçalara dair bilgiler tablo 8.4' te verilmiştir.

Tablo 8.4: 1,5" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılacak Parça Detayları

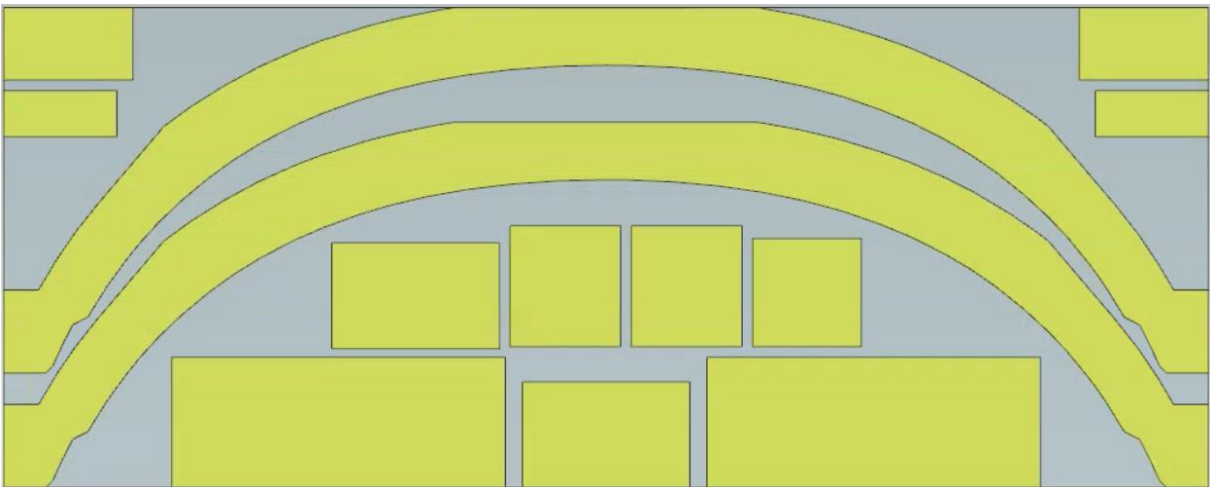
PARTNO	3D MODEL	PART NAME	DIMENSION (INCH)		
			T	W	L
A-1		FRAME	1,5	34,0	113,0
A-2		FRAME	1,5	6,0	32,0
A-3		FRAME	1,5	6,0	32,0
A-4		SIDE POST	1,5	5,0	17,0
A-5		SIDE POST	1,5	5,0	17,0
A-6		FRAME	1,5	6,0	11,0
A-7		FRAME	1,5	6,0	11,0
A-8		COMBINER	1,5	4,0	12,0
A-9		COMBINER	1,5	4,0	12,0
A-10		SIDE POST	1,5	2,5	11,0
A-11		SIDE POST	1,5	2,5	11,0
A-12		SUPPORT	1,5	5,0	12,0

Mevcut durumda 48" x 144" standart ölçülerde bir plaka içerisinde 2 adet frame parçası çıkıyor ve plakanın %77' si hurda malzeme olarak kalıyor. Çalışmamızda parçanın alt kısmında ve diğer bölgelerde kalan alanları verimli bir şekilde kullanmayı hedefledik. Öncelikle plaka boyutlarını optimum olacak şekilde küçülttük ve boş alanlara uygun parçaları yerleştirerek minimum hurda malzeme elde etmeye çalıştık.



Şekil 8.5: İyileştirme Öncesi 1,5'' x 48'' x 144'' Plakada İki Adet Frame İçin Kullanılan Stok

Yapılan yerleştirme çalışması sonucunda 48" x 144" plaka yerine 43,5" x 112" plaka kullanıldı. İlk adım olarak plaka küçültülerek hacim olarak %30 iyileştirildi. 2. adım olarak boyutsal olarak uygun olan parçalar boş alanlara grain direction yönleri dikkate alınarak yerleştirildi. Son haliyle plakadan 2 adet parça yerine toplamda 24 adet parça çıkmaktadır. Önceki durumda bu ilave 22 parça için ayrı ham malzeme alınıyordu ve yeni çalışma ile bu malzemelerden de tasarruf edildi. Yapılan bu yerleştirme ile yeni plakada %35' lik bir alan hurda malzeme olarak kalmaktadır.





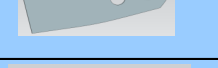

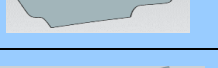
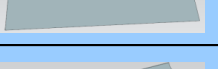
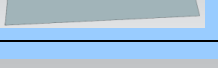
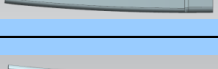
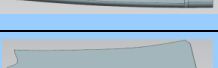



Şekil 8.6: 1,5'' Plaka Nesting Çalışması Sonrası Stok Kullanımı ve Parçaların Yerleşimi

8.4.1.1. Yapılan İyileştirmenin Hesaplanması

Tablo 8.5' te her bir parçanın imalatı için kullanılan birim hacim hesaplanmıştır. Çalışmamızda kullanılan parçaların üretimi için gerekli birim hacimler toplandığında başlangıçta ki toplam stok hacmi bulunur. Alaşımli alüminyum ham malzeme için yoğunluk $2,81 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır. Hacim ve yoğunluk bilindiği için kütle bilgisine rahatlıkla geçiş yapılabilir ve tasarruf miktarımızı hesaplarız.

Tablo 8.5: 1,5" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılan Parçaların Üretimi İçin Gerekli Ham Malzemelerin Birim Hacimlerini Gösterir Tablo

PARTNO	3D MODEL	DIMENSION (INCH)			QUANTITY (CURRENT SITUATION)	VOLUME PER PC (cm ^3) (CURRENT SITUATION)	QUANTITY (43 X 112" PLATE)	TOTAL VOLUME (cm ^3)
		T	W	L				
A-1		1,5	48,0	144,0	2	84951	2	169901
A-2		1,5	48,0	144,0	32	5309	2	10619
A-3		1,5	48,0	144,0	32	5309	2	10619
A-4		1,5	5,0	17,0	1	2089	2	4179
A-5		1,5	5,0	17,0	1	2089	2	4179
A-6		1,5	6,0	11,0	1	1622	2	3245
A-7		1,5	6,0	11,0	1	1622	2	3245
A-8		1,5	4,0	12,0	1	1180	2	2360
A-9		1,5	4,0	12,0	1	1180	2	2360
A-10		1,5	2,5	11,0	1	676	2	1352
A-11		1,5	2,5	11,0	1	676	2	1352
A-12		1,5	5,0	12,0	1	1475	2	2950

(8.2) , (8.3) ve (8.4) numaralı eşitlikler kullanılarak iyileştirme miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$X = 216358 \text{ cm}^3$$

$$Y = 1,5 \times 43 \times 112 \times 2,54^3 = 118380 \text{ cm}^3$$

$$V = X - Y = 97978 \text{ cm}^3$$

$$d = m/V \rightarrow m = d \times V$$

$$m = 2,81 \text{ g / cm}^3 \times 97978 \text{ cm}^3 / (1000) = 275,32 \text{ kg/plaka}$$

Parçaların yıllık ihtiyaçları 60 adettir. Bu durumda yılda 30 adet plaka ihtiyacımız vardır.

$$\text{Toplam iyileştirme} = 275,32 \times 30 = 8260 \text{ kg/yıl}$$

$$\text{İyileştirme yüzdesi \%} = 97978 / 216358 \times 100 = \%45$$


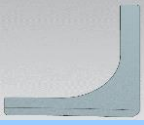
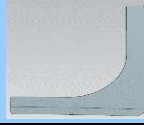
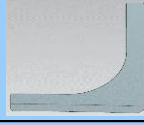





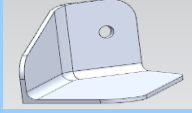
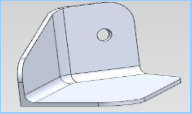
Tablo 8.6: 1,5" Plakada Sağlanan İyileştirme Miktarı Özet

PLATE	TOTAL VOLUME (cm ³) (CURRENT SITUATION)	NESTING PLATE VOLUME(cm ³)	IMPROVEMENT (cm ³)	IMPROVEMENT/YEAR (cm ³)	IMPROVEMENT/YEAR (kg)
1,5x43,5x112	216358	119757	96602	2898052	8144

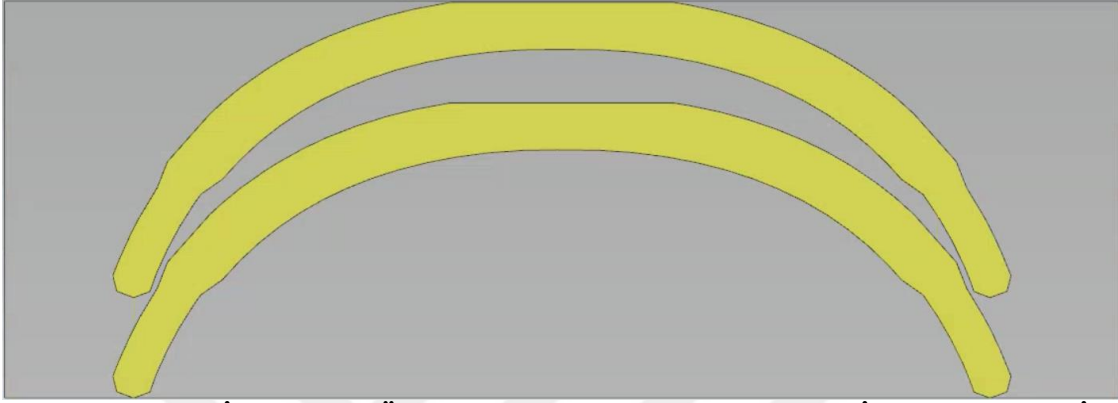
8.4.2. 1,75" Plakada Yapılan Stok İyileştirme Çalışması

Çalışmamızda kullanılacak parçalara dair bilgiler tablo 8.7' de verilmiştir.

Tablo 8.7: 1,75" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılacak Parça Detayları

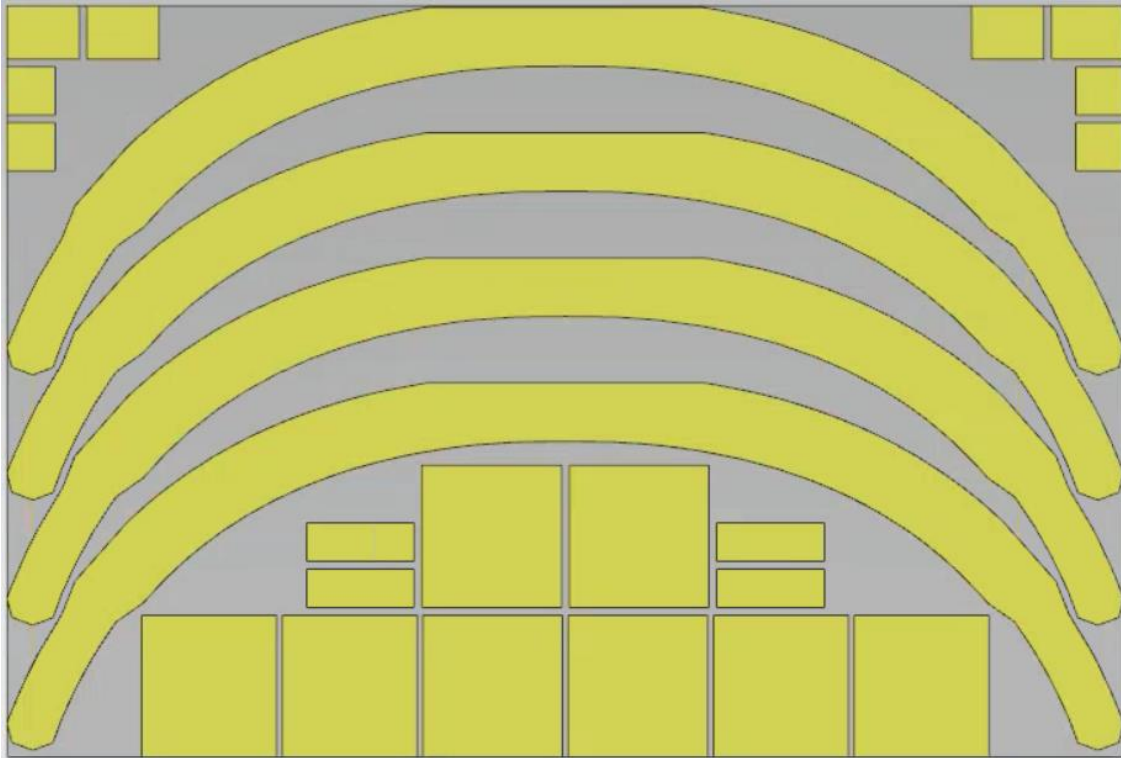
PARTNO	3D MODEL	PART NAME	DIMENSION (INCH)		
			T	W	L
B-1		FRAME	1,5	37,0	117,0
B-2		FITTING	1,5	12,0	16,0
B-3		FITTING	1,5	12,0	16,0
B-4		FITTING	1,5	12,0	16,0
B-5		FITTING	1,5	12,0	16,0
B-6		CHANNEL	1,75	2,5	12
B-7		CHANNEL	1,75	2,5	12
B-8		SIDE POST	1,75	2,5	7,5
B-9		SIDE POST	1,75	2,5	7,5
B-10		SUPPORT	1,75	2	5
B-11		SUPPORT	1,75	2	5

Mevcut durumda 48" x 144" plaka içerisinde 2 adet frame parçası çıkıyordu ve plaka hacminin %73' ü hurda malzeme olarak kalıyordu. Çalışmamızda parçanın alt kısmında ve diğer bölgelerde kalan alanları verimli bir şekilde kullanmayı hedefledik. Öncelikle plaka boyutlarını optimum olacak şekilde boy ölçüsünü küçülttük ve en ölçüsünü arttırdık. Ayrıca boş alanlara uygun parçaları yerleştirerek minimum hurda malzeme elde etmeye çalıştık. Bu çalışmada maksimum tasarrufu her bir parçayı 4' lü yerleştirerek yakaladık.



Şekil 8.8: İyileştirme Öncesi 1,75'' x 48'' x 144'' Plakada İki Adet Frame İçin Kullanılan Stok

Yapılan yerleştirme çalışması sonucunda 48" x 144" plaka yerine 78" x 116" plaka kullanıldı. Plakadan 2 adet parça yerine toplamda 44 adet parça çıkarıldı. Önceki durumda bu ilave 42 parça için ayrı ham malzemeler alınıyordu ve şuanda bu malzemelerden de tasarruf edildi.


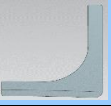






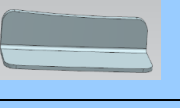
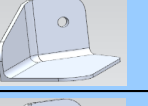
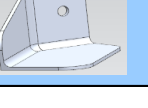


Şekil 8.9: 1,75'' Plaka Nesting Çalışması Sonrası Stok Kullanımı ve Parçaların Yerleşimi

8.4.2.1. Yapılan İyileştirmenin Hesaplanması

Tablo 8.8’ de her bir parçanın imalatı için kullanılan birim hacim hesaplanmıştır. Çalışmamızda kullanılan parçaların üretimi için gerekli birim hacimler toplandığında başlangıçta ki toplam stok hacmi bulunur. Alaşımli alüminyum ham malzeme için yoğunluk $2,81 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır. Hacim ve yoğunluk bilindiği için kütle bilgisine rahatlıkla geçiş yapılabilir ve tasarruf miktarımızı hesaplarız.

Tablo 8.8: 1,75" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılan Parçaların Üretimi İçin Gerekli Ham Malzemelerin Birim Hacimlerini Gösterir Tablo.

PARTNO	3D MODEL	DIMENSION (INCH)			QUANTITY (CURRENT SITUATION)	VOLUME PER PC (cm ^3) (CURRENT SITUATION)	QUANTITY (78X 116" PLATE)	TOTAL VOLUME (cm ^3)
		T	W	L				
B-1		1,75	48	144	2	99109	4	396436
B-2		1,75	48	144	60	3304	4	13215
B-3		1,75	48	144	60	3304	4	13215
B-4		1,75	48	144	56	3540	4	14158
B-5		1,75	48	144	56	3540	4	14158
B-6		1,75	2,5	12	1	860	4	3441
B-7		1,75	2,5	12	1	860	4	3441
B-8		1,75	2,5	7,5	1	538	4	2151
B-9		1,75	2,5	7,5	1	538	4	2151
B-10		1,75	2	5	1	287	4	1147
B-11		1,75	2	5	1	287	4	1147

(8.2) , (8.3) ve (8.4) numaralı eşitlikler kullanılarak iyileştirme miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$X = 464660 \text{ cm}^3$$

$$Y = 1,75 \times 78 \times 116 \times 2,54^3 = 259473 \text{ cm}^3$$

$$V = X - Y = 205187 \text{ cm}^3$$

$$d = m/V \rightarrow m = d \times V$$

$$m = 2,81 \text{ g / cm}^3 \times 205187 \text{ cm}^3 / (1000) = 576,6 \text{ kg/plaka}$$

Parçaların yıllık ihtiyaçları 60 adettir. Bu durumda yılda 15 adet plaka ihtiyacımız vardır.

$$\text{Toplam iyileştirme} = 576,6 \times 15 = 8649 \text{ kg/yıl}$$

$$\text{İyileştirme yüzdesi \%} = 205187/464660 \times 100 = \%44$$


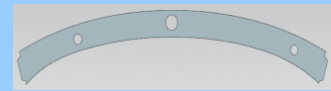


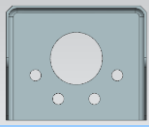

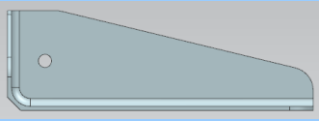
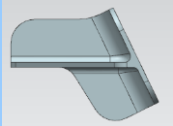
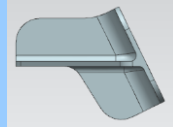
Tablo 8.9: 1,75" Plakada Sağlanan İyileştirme Miktarı Özet.

PLATE	TOTAL VOLUME (cm ³) (CURRENT SITUATION)	NESTING PLATE VOLUME(cm ³)	IMPROVEMENT (cm ³)	IMPROVEMENT /YEAR (cm ³)	IMPROVEMENT /YEAR (kg)
1,75 x 78 x 116	464660	259473	205187	3077810	8649

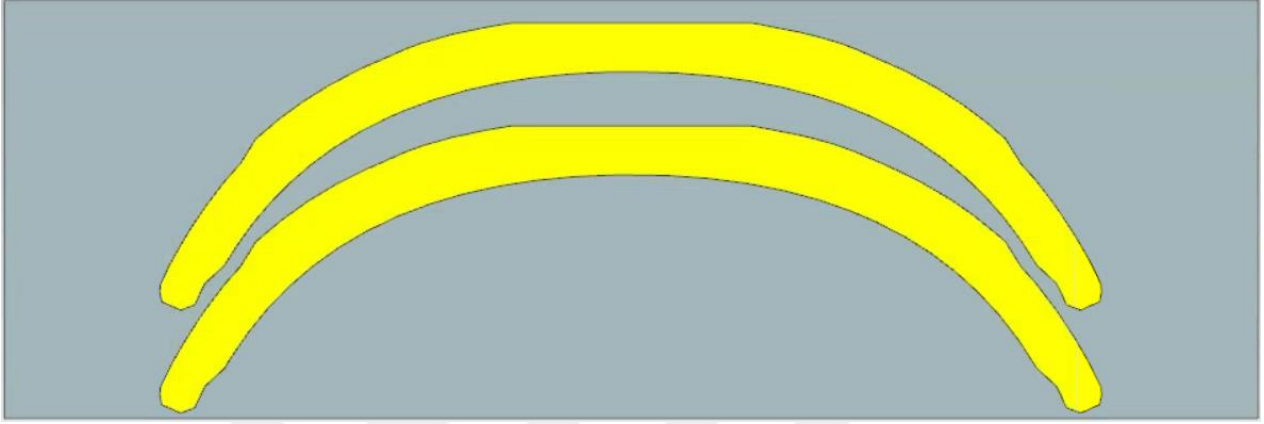
8.4.3. 2" Plakada Yapılan Stok İyileştirme Çalışması

Çalışmamızda kullanılacak parçalara dair bilgiler tablo 8.10' da verilmiştir.

Tablo 8.10: 2" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılacak Parça Detayları.

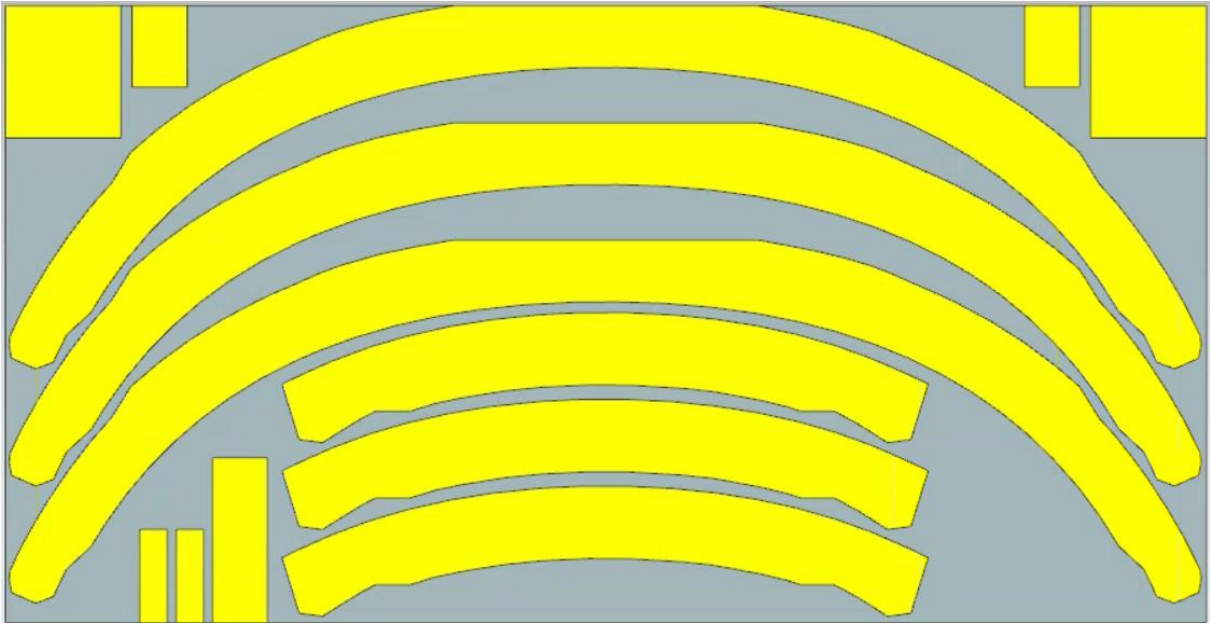
PARTNO	3D MODEL	PART NAME	DIMENSION (INCH)		
			T	W	L
C-1		FRAME	2	33	109
C-2		FRAME	2	11	57
C-3		INTERCOSTAL	2	4	12
C-4		INTERCOSTAL	2	4	12
C-5		FITTING	2	5	4
C-6		SUPPORT	2	2	6,5
C-7		SUPPORT	2	2	6,5
C-8		CLIP	2	2,15	2,5
C-9		CLIP	2	2,15	2,5

Mevcut durumda 48" x 144" plaka içerisinde 2 adet frame parçası çıkıyordu ve standart plakanın %77 hurda malzeme olarak kalıyor. Çalışmamızda parçanın alt kısmında ve diğer bölgelerde kalan alanları verimli bir şekilde kullanmayı hedefledik. Öncelikle plaka boyutlarını optimum olacak şekilde boy ölçüsünü küçülttük ve en ölçüsünü arttırdık. Ayrıca boş alanlara uygun parçaları yerleştirerek minimum hurda malzeme elde etmeye çalıştık. Bu çalışmada maksimum tasarrufu her bir parçayı 3' lü yerleştirerek yakaladık.



Şekil 8.10: İyileştirme Öncesi 2'' x 48'' x 144'' Plakada İki Adet Frame İçin Kullanılan Stok.

Yapılan yerleştirme çalışması sonucunda 48" x 144" plaka yerine 56" x 109" plaka kullanıldı. Plakadan 2 adet parça yerine toplamda 27 adet parça çıkarıldı. Önceki durumda bu ilave 25 parça için ayrı ham malzeme alınıyordu ve şuanda bu malzemelerden de tasarruf edildi. Yapılan bu yerleştirme ile yeni plakada %36' lık bir alan hurda malzeme olarak kalmaktadır.





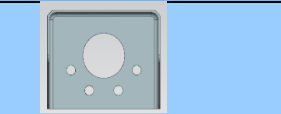


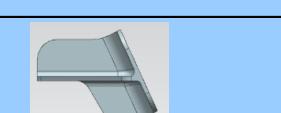



Şekil 8.11: 2'' Plaka Nesting Çalışması Sonrası Stok Kullanımı ve Parçaların Yerleşimi.

8.4.3.1. Yapılan İyileştirmenin Hesaplanması

Tablo 8.11’ de her bir parçanın imalatı için kullanılan birim hacim hesaplanmıştır. Çalışmamızda kullanılan parçaların üretimi için gerekli birim hacimler toplandığında başlangıçta ki toplam stok hacmi bulunur. Alaşımli alüminyum ham malzeme için yoğunluk $2,81 \text{ g/cm}^3$ olarak alınmıştır. Hacim ve yoğunluk bilindiği için kütle bilgisine rahatlıkla geçiş yapılabilir ve tasarruf miktarımızı hesaplarız.

Tablo 8.11: 2" Plaka Nesting Çalışmasında Kullanılan Parçaların Üretimi İçin Gerekli Ham Malzemelerin Birim Hacimlerini Gösterir Tablo.

PARTNO	3D MODEL	DIMENSION (INCH)			QUANTITY (CURRENT SITUATION)	VOLUME PER PC (cm ³) (CURRENT SITUATION)	QUANTITY (56X 109" PLATE)	TOTAL VOLUME (cm ³)
		T	W	L				
C-1		2	48	144	2	113267	3	339802
C-2		2	48	144	12	18878	3	56634
C-3		2	4	12	1	1573	3	4719
C-4		2	4	12	1	1573	3	4719
C-5		2	5	4	1	655	3	1966
C-6		2	2	6,5	1	426	3	1278
C-7		2	2	6,5	1	426	3	1278
C-8		2	2,15	2,5	1	176	3	528
C-9		2	2,15	2,5	1	176	3	528

(8.2) , (8.3) ve (8.4) numaralı eşitlikler kullanılarak iyileştirme miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$X = 411455 \text{ cm}^3$$

$$Y = 2 \times 56 \times 109 \times 2,54^3 = 200053 \text{ cm}^3$$

$$V = X - Y = 211401 \text{ cm}^3$$

$$d = m/V \rightarrow m = d \times V$$

$$m = 2,81 \text{ g / cm}^3 \times 211401 \text{ cm}^3 / (1000) = 594 \text{ kg/plaka}$$

Parçaların yıllık ihtiyaçları 60 adettir. Bu durumda yılda 20 adet plaka ihtiyacımız vardır.

$$\text{Toplam iyileştirme} = 594 \times 20 = 11881 \text{ kg/yıl}$$

$$\text{İyileştirme yüzdesi \%} = 211401/411455 \times 100 = \%51,4$$

Tablo 8.12: 2" Plakada Sağlanan İyileştirme Miktarı Özet.

PLATE	TOTAL VOLUME (cm ^3) (CURRENT SITUATION)	NESTING PLATE VOLUME(cm ^3)	IMPROVEMENT (cm ^3)	IMPROVEMENT/ YEAR (cm ^3)	IMPROVEMENT/ YEAR (kg)
2 x 56 x 109	411455	200053	211401	4228026	11881

9. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Sonuçlar kapasite ve ham malzeme iyileştirme çalışmaları olmak üzere iki ana başlık altında anlatılmıştır.

İlk başlık altında NC imalat optimizasyon çalışmalarının tezgah kapasitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. İkinci ana başlık altında ise nesting çalışmaları ile sağlanan ham malzeme iyileştirme sonuçları paylaşılmıştır.

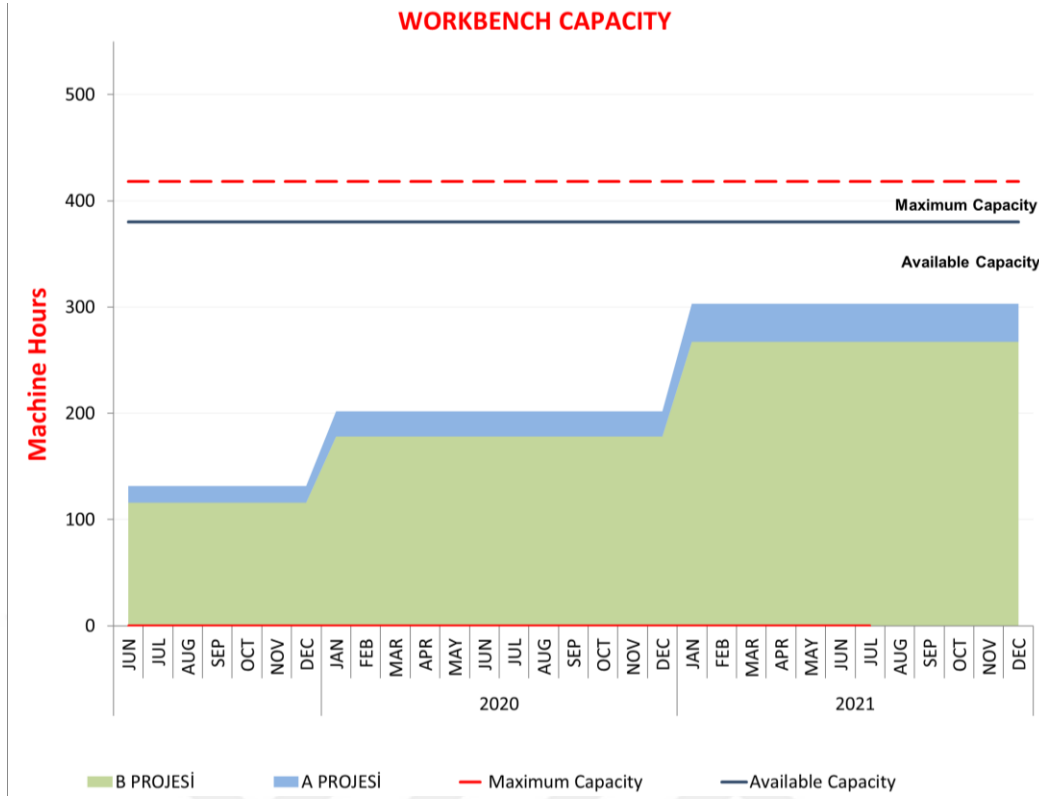
9.1. Kapasite ve Nc İmalat Süre Optimizasyon Çalışma Sonuçları

Çalışma başında belirtilen üretici firma imalat süreleri NC program ve imalat yöntemleri optimizasyonu sonrasında iyileşmiştir. İyileştirme sonucu, saat ve yüzde karşılığı olarak tablo 8.13' te sunulmuştur.

Tablo 8.13: Optimizasyon Çalışmaları Öncesi ve Sonrası A ve B Projelerine Ait Parçaların İmalat Süreleri.

Proje Kodu	Parça Kodu	İmalat Süresi (dk)	İmalat Süresi(saat)	Optimizasyon Sonrası İmalat Süresi (dk)	Optimizasyon Sonrası İmalat Süresi (saat)	İmalat Süresinde İyileşme (%)
B	B-1	124	2,1	45	0,8	63,7
B	B-2	124	2,1	45	0,8	63,7
B	B-3	70	1,2	40	0,7	42,9
B	B-4	70	1,2	40	0,7	42,9
A	A-1	300	5,0	135	2,3	55,0
A	A-2	300	5,0	135	2,3	55,0
A	A-3	330	5,5	115	1,9	65,2
A	A-4	330	5,5	115	1,9	65,2
A	A-5	276	4,6	105	1,8	62,0
A	A-6	276	4,6	105	1,8	62,0
A	A-7	462	7,7	203	3,4	56,1
A	A-8	462	7,7	203	3,4	56,1
A	A-9	271	4,5	105	1,8	61,3
A	A-10	271	4,5	105	1,8	61,3
A	A-11	200	3,3	92	1,5	54,0
A	A-12	200	3,3	92	1,5	54,0

Yeni imalat süreleri ile kapasite çalışması güncellenerek şekil 8.12' de verilmiş olan grafikte sunulmuştur. 2019 yılı için 314 saat yük ön görülürken optimizasyon sonrası yük 131 saat olarak gerçekleşmiştir. Daha önce 2020 ve 2021 ihtiyaçlarını karşılamak için 2. tezgâh yatırımı gerekirken, güncel imalat metotları ile tezgah kapasitesi yeterli konuma gelmiştir.



Şekil 8.12: Optimizasyon Çalışmaları Sonrası Ön Görülen Tezga Kapasitesi.

9.2. Ham Malzeme İyileştirme Çalışmaları Sonuç

Ham malzeme maliyetleri bir işletmenin giderlerini oluşturan ana kalemlerin başında gelmektedir. Havacılık sanayisinde ki yüksek standart gereksinimlerini de göz önüne alınca daha da önemli hale gelmektedir.

Ülkemiz havacılık sektöründe ham malzeme tedarikini iç kaynaklarla sağlayamadığı için bu noktada dışa bağımlıdır. Kârlılığını yüksek tutmak isteyen bir işletme kaynaklarını en verimli şekilde kullanmanın yolunu bulmalıdır.

Tablo 8.14' te verilen özet çalışmamızda görüleceği üzere doğru stok ve yerleştirme çalışmaları ile bir yılda ön görülen tasarruf 28 ton 673 kg olarak gerçekleşmektedir.

Tablo 8.14: Nesting Çalışması Sonrası Toplam İyileştirme Miktarı.

PLATE	TOTAL VOLUME (cm ³) (CURRENT SITUATION)	NESTING PLATE VOLUME(cm ³)	IMPROVEMENT (cm ³)	IMPROVEMENT/YEAR (cm ³)	IMPROVEMENT/YEAR (kg)
1,5x 44,5 x 112	216358	119757	96602	2898052	8144
1,75 x 78 x 116	464660	259473	205187	3077810	8649
2 x 56 x 109	411455	200053	211401	4228026	11881
				TOTAL	28673

Ham malzeme ile hurda malzeme arasında 1 / 7 gibi bir orandan bahsedebiliriz. Bu oranı şöyle açıklayabiliriz; ham malzemeyi alırken 1 kg için \$7 öderken hurda olarak kalan 1kg talaşı

ancak \$1 gibi bir miktara satabiliriz. Yani ürüne dönüştüremediğimiz her bir kg talaş ham malzeme, işletme için bir maliyet oluşturur.

Başka bir açıdan bakarsak bir detay parça üretimi için ne kadar büyük stok bağlarsak tezgahta o kadar fazla talaş kaldırılması gerekeceği için imalat süresi, takım maliyeti ve dolayısıyla işçilik maliyetleri de artacaktır.

Tüm bu bakış açıları ve bilinç ile minimum stok ve yüksek verimlilik ile çalışmak her zaman hedef olmalıdır.



9.3. Çalışmanın Kısıtları , Gelecek Araştırma Konuları ve Öneriler

Çalışmada seçilen tezgahın sürekli çalışabilir devri 12000 devir/dk ile limitli olduğundan daha yüksek devirlere çıkılamamıştır. Kullanılan takım tutucu ve tezgah torku da kısıtlayıcı olmuştur. İşletmenin tezgah magazininde kesici takım çeşitliliği ve bu takımların teknolojik kabiliyetleri limitli olduğu için kesme parametreleri seçimi sınırlandırılmıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda daha kabiliyetli HSM (high speed machine) tezgahlar ile yüksek devir ve ilerlemelerle NC imalat süreleri daha da aşağıya çekilebilir. Kesici takım maliyetleri teknolojiye göre değişkenlik göstermektedir. Yüksek teknolojlili kesiciler ile daha fazla a_p , talaş derinliğine girilerek imalat süreleri daha da iyileştirilebilir.

Bir başka öneri ise tezgah üzerinde çekiç testinin yapılmasıdır. Çekiç testi, tezgahın optimum kesme parametrelerini tespit edebilmek için yapılan bir uygulamadır. Test, kesici takım ve tutucu bir bütün olarak değerlendirilerek tezgah üzerinde ivme ölçer, darbeli çekiç, veri toplama aparatı ve düzenleyici yazılım (CutPro) kullanılarak uygulanır. Çalışma ile kararlılık grafikleri elde edilir.

İşletmeler verimli ham malzeme kullanımını nesting çalışmaları ile desteklemelidirler. İmalat yöntemlerini günümüz teknolojisi ile güncel tutmalı ve optimum kesme şartlarını yakalamayı hedeflemelidirler.

KAYNAKLAR

Adalı M.R., Kiraz A., (2017), “ Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması: Büyük Ölçekli Bir Traktör İşletmesinde Uygulama”, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,Sayı:2, Nisan.

Akgeyik, T., (1998), “Stratejik üretim yönetimi”, 53–54, Sistem Yayıncılık.

Alauddin M., El Baradie M.A., Hashmi M.S.J., (1996) “Optimization of Surface Finish in End Milling Inconel 718”, Journal of Materials Processing Technology 56, 54-65.

Ali R.A., Mia M., Khan A.M., Chen W., Gupta M.K., Pruncu C.I., (2019), “Multi-Response Optimization of Face Milling Performance Considering Tool Path Strategies in Machining of Al-2024”, Materials, 12, 1013.

Baskar N., Asokan P., Saravanan R., Prabhakaran G., (2005), “Optimization of Machining Parameters for Milling Operations Using Non-conventional Methods”, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25: 1078–1088.

Baykasoğlu, A., ve Dereli, T., (2001), “Çevik (Tepkisel) Üretim”, Otomasyon Dergisi, ss 132-136.

Bharadwaj N.,Shashank S., Harish M., Garre P., (2015), “A Review On Lean Manufacturing to Aerospace Industry”, International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 4, ISSN 2091-2730.

Ceryan O., Koren Y., (2009), “Manufacturing Capacity Planning Strategies”, Science Direct, Volume 58, Issue 1, Pages 403-406.

Chaudhary A., Verma J.K., (2018), “Optimization of Machining Parameters Affecting Metal Removal Rate Of Aluminium Alloy 6082 in Dry End Milling Operation on Vmc”, International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 05 Issue: 06.

Corrado C., Matthey J., (1997), “Capacity Utilization”, Journal of Economic Perspectives, Volume 11, Number 1, Winter 1997, Pages 151–167.

Dave Y., Sohani N., (2012), “ Single Minute Exchange of Dies: Literature Review”, International Journal of Lean Thinking, Volume 3, Issue 2.

Deepak S.S.K., (2012), “Applications of Different Optimization Methods for Metal Cutting Operation-A Review”, Research Journal of Engineering Sciences, Vol.1(3), 52-58.

Dennis P., (2014), “ A Plain-Language Guide to the World’s Most Powerful Production System”, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group.

Elmaghraby S., (2003), “Manufacturing Capacity and its Measurement: A Critical Evaluation”, Science Direct, Volume 18, Issue 7, Pages 615-627.

Etçioğlu E., (2009), “Kapasite Planlamasının Simülasyon Tekniği İle Optimizasyonu ve Bir İmalat İşletmesi Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

Gökçe İ., (2006) “ Mevcut Üretim Sürecinin Yalın Üretim Yaklaşımıyla Yeniden Yapılandırılması ve Bir Uygulama “, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi

Gökşen Y., (2003), “Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 5, Sayı:4

Groover M.P., (2010), “Fundamentals of Modern Manufacturing”, 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc.

Hertzberg M., Jacobs A., Trevathan J., (1974), “The Utilization of Manufacturing Capacity, 1965-73”, Survey of Current Business, 54(7): 47-57.

Horne M., (2006), “System and Method for Allocating the Supply of Critical Material Components and Manufacturing Capacity”, United States Patent, US 7,058,587 B1.

Kannan S., Baskar N., Suresh Kumar B., Varatharajulu M., (2016), “Optimization of Face Milling Parameters for Material Removal Rate and Surface Roughness on Inconel 718 using Response Surface Methodology and Genetic Algorithm”, Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities Vol. 6, No. 9, pp. 1198-1211.

Keyte B., Locher D., (2014), “Value Stream Mapping for Administrative and Office Processes”, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group.

Kilpatrick J., (2003), “Lean Principles”, Utah Manufacturing Extension Partnership.

Kumar E.A., (2017), “Optimization of Process Parameters in Machining of Ohns Steel on Vertical Milling Machine Using Taguchi Technique”, International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 6 Issue 08.

Lebel L., (1993),“ Production Capacity Utilization in The Southern Logging Industry”, Master of Science, Virginia Polytechnic Institute and State University.

Ming Chang H., Huang C., Chen Torng C., (2013), “Lean Production Implement Model for Aerospace Manufacturing Suppliers”, International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 4, No. 2.

Monden. Y., (2011), “An Integrated Approach to Just-In-Time”, Fourth Edition, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group.

Morin N. J., (2003), “NAICS and The 2002 Historical Revision of Industrial Production, Capacity, And Capacity Utilization”, Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington, DC.

Ortiz C.A., Park M.R., (2018), “Applying Visual Management to the Factory”, CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group.

Özçelik F., (2013), “Yalın Performans Ölçüleri ve Yalın Üretim Uygulayan İşletmelerin Muhasebe Bölümlerinde Bir Araştırma”, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, Sayı:10, 1307-9832.

Raju M.V., Gedela S.K., (2016), “Experimental Investigation of Machining Parameters of CNC Milling for Aluminum Alloys 6063 and A380”, International Journal of Engineering and Management Research, Volume-6, Issue-1, Page Number: 185-197.

Ramamoorthy S., (2003), “Lean Six-Sigma Applications In Aircraft Assembly”, Master of Science, University of Madras, India.

Robinson H., Packard H., (1998), “ Using Poka-Yoke Techniques for Early Defect Detection”, Microsoft Testing Talks.

Segersten C., (1994), “Can Lean Manufacturing Change The Aerospace Defence Industry”, Air War College Air University.

Singh J., (2009), “Kaizen Philosophy: A Review of Literature Kaizen Philosophy”, The Icfai University Press.

Soleymani Yazdı M.R., Khorram A., (2010), “Modeling and Optimization of Milling Process by using RSM and ANN Methods”, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol.2, No.5.

Sundar R., Balaji A.N., SatheeshKumar R.M., (2014), “A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques”, Science Direct, 97 (2014) 1875 – 1885.

Szmelter A., (2012), “ Jidoka As An Example of Kaizen Techniques of Minimizing the Logistics Costs of Mass Production Companies”, No:46, p. 149-158.

Venkatesh J., (2005) “An Introduction to Total Productive Maintenance(TPM)”, The Plant Maintenance Resource Center.

Web 1, (2001), <https://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Sayfalar/EksperEgitimSunumlari.php>, (Erişim Tarihi: 05.01.2020).

Witte J.D., (1996), “Using Static Capacity Modeling Techniques İn Semiconductor Manufacturing”, IEEE/SEMI 1996 Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, Cambridge, USA, 1078-8743.

Womack J.P., Jones D.T. ve Roos D., (1990), “Dünyayı değiştiren makine”, OSD Yayını, Panel Matbaacılık.

Yalın düşün, kaliteli üret, Biz Bize, MESS Yayını, 22, 9, (Ocak-2002).

Yurci M.E., (2010), “Talaşsız Şekil Verme”, 8. Baskı, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi.

Zerenler M., İraz R. (2006), “Japon Yönetim Anlayışı ve Şirket Ağları (Keiretsu) Analizi”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16, 757-776.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Ankara’ da doğdum. Lisans öğrenimimi 2013 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde tamamladım. 2013 – 2016 yılları arası eğitim sebebiyle Avustralya’ da yaşadım. 2016 yılı son çeyrek itibari ile iş hayatıma Yıldız Holding bünyesinde üretim mühendisi olarak başladım. 2018 yılından itibaren TUSAŞ HAVACILIK şirketinde imalat mühendisi olarak kariyerime devam etmekteyim.



EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

GÜL E., SEZEN B., (2020), “Havacılık Sektöründe Yalın Üretim Uygulamaları İle Tedarikçi Firma Verimliliğinin Artırılması”, Ankara II. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, ISBN-978-625-7914-23-9



2020	HAVACILIK SEKTÖRÜNDE YALIN ÜRETİM UYGULAMALARI İLE TEDARİKÇİ FIRMA VERİMLİLİĞİNİN ARTIRILMASI	GÜL
------	---	-----