

ÜRETİM MÜHENDİSLİĞİ DESTEK EĞİTİMİ PROGRAMI

Doğukan Çetin¹

1. GİRİŞ

Üretim (İmalat) Mühendisliği Destek Eğitimi Programı; alanında uzman mühendisler tarafından hazırlanan, 42 saat süreli, deneyim ve bilgi birikimi aktarımı temelli bir eğitimidir. TMMOB Makina Mühendisleri Odası (MMO) tarafından ile verilen bu eğitimde; Üretim Mühendisliği, Montaj Mühendisliği, talaşlı, talaşsız ve kaynaklı üretim, yüzey hazırlama ve boya işlemleri, takım tasarım süreçleri, geometrik boyutlandırma ve izin verilen kusur sınırlamaları konularında mühendislik deneyimleri ve üretimle ilgili anahtar noktalar paylaşılır.

2. KİMLER ÜRETİM MÜHENDİSLİĞİ DESTEK EĞİTİMİ PROGRAMINDAN YARARLANABİLİR?

İş hayatına yeni atılacak mühendisler, üretim ve montaj alanında kendini geliştirmek, temel yetkinlik ve üretilebilirlik bakış açısı kazanmak isteyen herkes bu eğitimden yararlanabilir.

3. DENEYİM VE BİLGİ BİRİKİMİ TEMELLİ EĞİTİM NEDİR?

Çalışılan bölüm bazında edinilen deneyim, günümüz iş dünyasının en önemli işe alım ölçütlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Deneyimin önemini vurgulamak için mühendislik eğitimlerinde zorunlu koşulan uygulamalı staj programlarından söz edilebilir. Üniversitelerde öğrenilen bilgiler ve kitapların bize sundukları, mühendislik süreçlerinin oluşturulması için temel birer yapıtaşı niteliğindedir ve bu kuramsal ve bilimsel öğretiler olmaksızın gerçekleşebilecek bir mühendislik süreci düşünülemez. Ancak, tüm bu mühendislik kuramsal öğretilerinin somut olarak işleme konulduğu ortak uğrak noktası ise fabrikanın kalbi olan atölyedir. İster bir otomasyon robotu, ister bir operatör tarafından yapılsın, emeğin somutlaştırılıp ürün olarak ortaya çıkartıldığı yer, bu işin mutfağı olarak görülebilecek atölyelerdir. Bu mutfak, birçok kuramsal deneyim ve bilgiyi içinde barındırır. Bu neden-

¹ Mak. Yük. Müh., ODTÜ 1976 - dogukan.cetin@nurolmakina.com.tr

le, özellikle üretim süreçleri için, atölyede yapılan çalışma ve üretimler ile kullanılan tezgâh özellikleri ve tezgâh operatörlerinin deneyimlerinin kayıt altına alınması ve bu verilerden gelecekteki çalışmalarda yararlanılması çok büyük önem taşır. Üretim sırasında yaşanan olumsuzluklardan ders çıkarılması, uygulama yöntemlerinin geliştirilerek başarılı bir üretim sürecini yakalamaya yardımcı olur. İşte bu yaşanan uygulama deneyimleri ve çıkarılan dersler, bu işlere önem veren firmaların kendi çalışanları için yazdıkları bilgi notları ve kitaplarında kayda geçirilir ve şirketin kurumsal belleğinde yer alır. Bu yaşanan uygulama deneyimlerinden elde edilen bilgiler genelde ne akademik kitaplarda geçer, ne de kurumsal öğretim yapan öğretmenler tarafından öğrencilere aktarılır. Bu eksikliğin giderilmesine yardımcı olmak amacıyla hazırlanan Üretim Mühendisliği Destek Eğitimi Programında, okul eğitiminde verilen kurumsal bilgiler mühendislik süreçlerinin anahtar noktaları ile birleştirilerek, üretim ve montaj konusundaki deneyimlerin aktarımının hedeflendiği bir sunum yapılmaktadır. Yaşanılan olayların incelenip irdelenmesi üzerine yapılan çalışmalara göre hazırlanan örnekler bu eğitiminin fark yaratan noktalarındandır.

4. BİLGİ BİRİKİMİ TEMELLİ EĞİTİMİN FARKLARI NELERDİR?

Bilgiye ulaşmanın giderek kolaylaştığı günümüzde, bizlerde merak duygusu uyandıran birçok konunun yanıtı parmaklarımızın ucundadır. Gelişen yapay zekâ araçları ile bilgiye ulaşması yalnızca kolay olmakla kalmayıp bu araçlar ile düzenlenmiş ve hatta sunum yapılabilecek duruma bile getirilebilmektedir. Buna karşın, kurumsal kaynaklarda yer almayan, deneyimlerden ve yaşanmış olaylardan yola çıkılarak derlenen birçok kurumsal bilgi birikimi temelli bir eğitimin ne kadar farklı ve kazançlı bir bilgi kaynağı olduğunu kestirmek hiç de zor olmasa gerek. Buna dayanarak, üretim konusunda çalışacakların Üretim Mühendisliği Destek Eğitimi Programında yer almasının onlar için büyük bir kazanım olacağı düşüncesiyle katılımın arttığını görmek istiyoruz. Günümüzde üretim ve satışların önemli ölçüde yarışmacı ortamda yapılmasından dolayı şartların giderek zorlaştığını göz önüne aldığımızda, bu tür bir destek eğitiminin çok büyük katkısı olacaktır.

5. ÜRETİM MÜHENDİSLİĞİ DESTEK EĞİTİMİ PROGRAMININ ÇIKTILARI NELERDİR?

Bu programda "iş parçası bağlama", "NC kod ayrıntıları",

"K faktörü", "kalıp seçimi", "lazer kesim toleransları", "kaynaklanabilirlik ve kaynak sembolleri", "metaller için yüzey hazırlığı ve boya", "teknik resim okuma", "özel takımlar" "tasarım yöntemleri", "montaj süreçlerinde belgelendirme", "yalın üretim teknikleri", "geometrik ölçülendirme temelleri ve sembolleri" konularında anahtar bilgiler verilmektedir. Şimdi bu eğitim konularının içeriklerine yakından bakalım.

5.1 Talaşlı Üretim Eğitimi

Talaşlı üretim eğitimi, eğitmenlerin sektörde karşılaştığı sorunlar yaşadıkları deneyimler ve gerek duyulan bilgiler ışığında hazırlanmıştır.

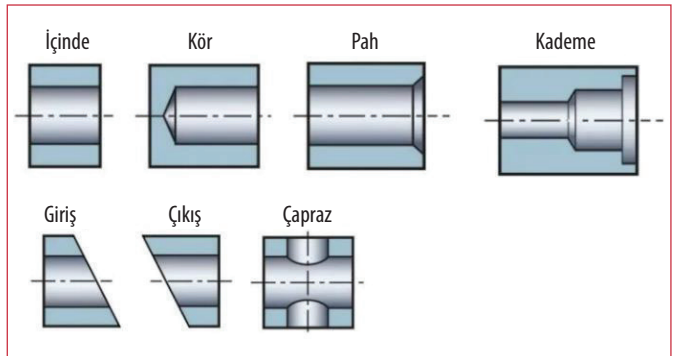
Eğitimin temelinde, talaş kaldırma yöntemleri ve parça geometrisine uygun tezgâh, işe ve iş parçasına uygun kesici takım seçimi ve iş parçasının tezgâha bağlanma yöntemleri ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

Talaş kaldırma yöntemleri:

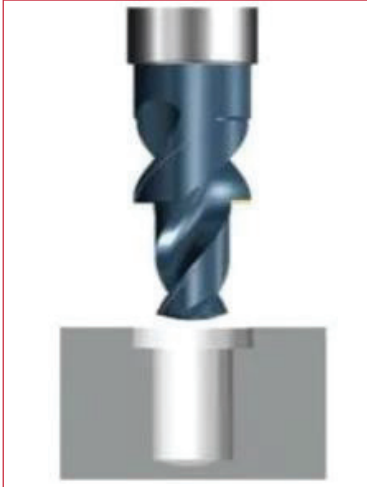
1. Torna
2. Freze
3. Delik Delme
4. Planyalama/ Vargelleme
5. Taşlama
6. Broşlama
7. Honlama / Lepleme

Destek eğitiminde, makina ve parça üretiminde sıklıkla karşımıza çıkan torna, freze ve delik delme işlemleri ve bu işlemlere ilişkin değişkenler (kesme hızı, kesme kuvveti, gerekli motor gücü gibi) açıklanmıştır.

Delik delme işlemi için delinecek delik tipine uygun matkap seçimi, özel kesici takımlar ve gagalama gibi takım hareketleri açıklanmıştır.

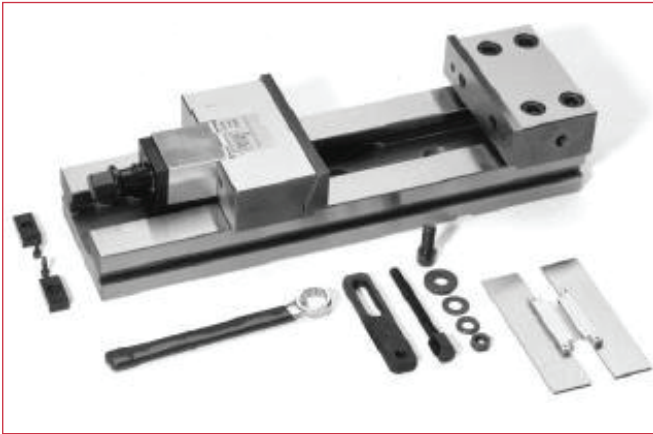


Şekil 1. Özel Delik Delme Şekilleri [1]



Şekil 2. Özel Takım Örneği [1]

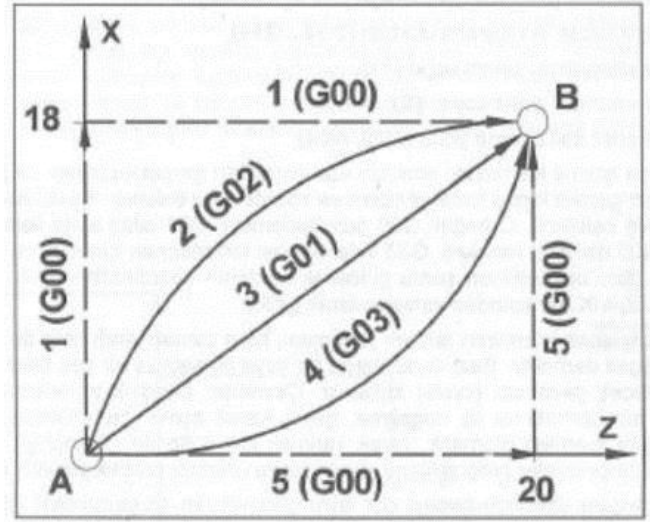
Kesici takımlar için yüzey kalitesini belirleyen etmenler, işleme sonunda elde edilecek izin verilen kusur sınırları içindeki ölçüler ve takım aşınmasının/kırılmasının önüne geçmek için uygulanması önerilen yöntemler incelenmiştir.



Şekil 3. Mengene



Şekil 4. Talaşlı Üretim Pabucu



1.Yol	N10 G00X18 N15 G00 Z20	A'dan B'ye hızlı hareket, önce X eksenini boyunca, sonra Z'ye paralel hareket
2. Yol	N10 G02 X 18 Z20 R65 F0.3	Saat ibresi yönünde, 65 mm yarıçaplı ve 9.3 mm/dev ilerleme oranında dairesel hareket
3. Yol	N10 G00 X 18 Z 20 (N10 G01 X 18 Z20 F0.3)	A'dan B'ye bir doğru boyunca hızlı hareket. (Veya 0.3 mm/dev ilerlemesi ile hareket)
4. Yol	N10 G03 X 18 Z20 R65 F0.3	Saat ibresine ters yönde, 65 mm yarıçaplı ve 0.3 mm/dev ilerleme oranında dairesel hareket
5. Yol	N10 G00 Z20 N15 G00 X 18	A'dan B'ye hızlı hareket, önce Z eksenini boyunca sonra X'e paralel hareket

Şekil 5. Şekil 5. Takım Yolu G Kodu Açıklamaları

İş parçası bağlama yöntemleri, deneyime dayanan örnekler ile açıklanmış ve farklı bağlama yöntemleri kıyaslanmıştır.

İş parçasına uygun kesici takım malzemesi seçimi, kesici takım malzemelerinin kıyaslanması ve bir işlem için adım adım kesici takım seçim aşamaları, önerilen kesme değişkenlerinin belirlenmesi süreci örnekler ile açıklanmıştır.

Bir talaşlı üretim tezgâhı için tezgâh koordinatları ve eksenlere göre parça yerleşiminin nasıl yapılması gerektiği örnek uygulama planları üzerinden açıklanmıştır.

Tezgâhlara aktarılan G kodları için temel kod okuma yeteneği katılımcılara aktarılmaktadır.

All
Doğru malzemeyi

P Çelik

M Stainless Steel

K Cast Iron

N Non-Ferrous Metals

S Superalloys and Titanium

H Hard Material

Standart Dönüştürme

Malzemeyi Seçin

ISO	Grup	Malzeme Adı	Standart	Durum	Sertlik
P	7	300M; 4340M; K44220	AISI/SAE	Su verilmiş ve temperlenmiş	275 HB
P	7	4340; 4340 H; 9850; G43400; G98500; H43400; K23028	AISI/SAE	Su verilmiş ve temperlenmiş	275 HB
P	7	4340; G43400	AISI/SAE	Su verilmiş ve temperlenmiş	275 HB
P	7	4340; G43400; 4337; G43370	AISI/SAE	Su verilmiş ve temperlenmiş	275 HB
P	12	434; S43400	AISI/SAE	Su verilmiş ve temperlenmiş	200 HB

Şekil 6. Takım Seçim Ekranı [1]

5.2 Talaşsız Üretim Eğitimi

Talaşsız üretim eğitimindeki kesim yöntemleri, aşındırma (abrazyon) ve sıcak kesim yöntemleri olarak iki ayrı başlıkta incelenmiştir.

5.2.1 Sıcak Kesim

Üretim sektöründe en yaygın kullanılan sıcak kesim yöntemleri şunlardır:

1. Lazer kesim
2. Plazma kesim
3. Oksijen kesim

Bu yöntemle, kullanılan malzeme kalınlıkları, ısıdan etkilenen bölge, kesim hızı ve yüzey niteliğine bağlı olarak karşılaştırılmıştır. Eğitimin devamında bir lazer kesim sürecinde elde edilebilecek geometrilerin sınırları ve bu işlemin sonraki işlemlere (talaşlı üretim, büküm, gibi) etkileri anlatılmıştır. Lazer kesim işlemi sonucunda izin verilebilecek kusur sınırlarını etkileyen unsurlar olan; kenar yuvarlatma yarıçapı, kalınlığa göre açılacak en küçük



$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_p - R_d) \cdot 9800}$$

Büküm Kuvveti

Tezgah seçim aşamasında büküm kuvveti etkin rol oynamaktadır.

Tezgah, yatak, balta seçimleri, aslında birer öngörüler zindir.

- P : Bükme Kuvveti (ton)
 B : Sac Uzunluğu (mm)
 R_m : Malzemenin Çekme Gerilmesi (Mpa)
 t : Sac Kalınlığı (mm)
 W : Yatak Genişliği
 R_p : Balta yarıçapı (mm)
 R_d : Kalıp yönlendirme mili yarıçapı olacak şekilde

Şekil 8. Büküm Kuvveti ve Terimleri

delik çapı, en az geçit genişliği, kabul edilebilir delik sınır değerleri ı, kesim yüzeyi pürüzlülüğü ve parça doğruluğu ayrıntılarıyla aktarılmıştır. Tezgâhtan elde edilen deneysel sonuçlar ve üretilebilirlik değerleri gözden geçirilerek,

Lazer kesim toleranslarını etkileyen faktörler

Malzeme	Kesme gazı	Tabaka kalınlığı [mm]					
		...4	5...8	10...12	15...18	20	25
Yapı çeliği	Oksijen O ₂	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Pasa ve asitle dayanıklı çelik	Azot N ₂	0,8	1,2	2,0	3,0	4,0	5,0
Alüminyum	Basınçlı hava ⁽¹⁾	0,8	1,5	2,5	4,0	—	—
Yapı çeliği	Hava	0,8	1,5	—	—	—	—

Şekil 7. Lazer Kesim Kenar Yuvarlatma Değeri

KAYNAK YÖNTEM TESTİ ONAYI (WPQR)
(Welding Procedure Qualification Record)

Test Parçası

- İmalatta kullanılacak kaynak yöntemi ve kaynaklı bağlantı, standart bir test parçasıyla temsil edilir.
- İmalat/bağlantı geometrik gereklilikleri, bu standartta verilen standart test parçasıyla temsil edilemeyecektir, EN ISO 15613 standardının uygulanması gerekir.

Şekil 11. Kaynak Yöntem Test Onayı

Kaydı (WPS – Welding Procedure Specification) belgelerin nasıl oluşturulduğu ve hangi bilgileri içerdiği aktarılmıştır. Kaynakçı testi için (WQT – Welder Qualification Test) izlenmesi gereken adımlar örnek üzerinden anlatılmıştır. Böylelikle, kaynak yöntemi ve kaynakçı yeterlilik testinden başlayarak, kaynak işleminin nasıl yapıldığı değerlendirileceği süreci, ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

KAYNAK POZİSYONLARI

Şekil 12. Kaynak Pozisyonları

Eğitimin son kısmında ise kaynak hatalarının kök sebepleri ve bu hataların nasıl önlenmesi gerektiği bilgileri verilmiştir. Yapılan kaynakların tahribatlı ve tahribatsız kontrol yöntemleri görseller üzerinden açıklanmıştır.

5.4 Yüzey Hazırlama ve Boya İşlemleri

Bu konu aşağıdaki başlıklarda incelenmiştir:

1. Yüzey bilimi, metal yüzeyler üzerinde yapılan işlemler, yüzeyleri kaplama-boya yöntemleri, korozyon nedir, korozyonu önleme yöntemleri nelerdir?
2. Yöntem seçiminde göz önüne alınacak ölçütler, kapla-

KAPLAMA VE BOYA TEKNOLOJİLERİ
KAPLAMA TEKNOLOJİLERİ

Kaplama nedir?

Metal veya alaşımlarının yüzeyini korozyona karşı dayanıklı hale getirmek, işlevine göre yalıtkanlık-iletkenlik-sertlik vb özellikler kazandırmak ve estetik bir görüntü vermek için başvurulan yöntemlerden birisidir.

GENEL KAPLAMA AKIŞI

Yüzey Temizliği (Mekanik/Kimyasal) → Aşılama → Yağ alma Durulama → Aşındırma Yüzey aktifleme Durulama → Kaplama Durulama → Kurutma Kontrol

Şekil 13. Kaplama Teknolojileri

KAPLAMA VE BOYA TEKNOLOJİLERİ
BOYA TEKNOLOJİLERİ

Boya, herhangi bir nesneye renk vermek veya koruma amaçlı olarak uygulanan kaplamaya denir. Boya hemen hemen tüm malzemelere uygulanabilir. En çok kullanıldığı alanlar sanat, tasarım, endüstriyel kaplamalar, ulaşım (şerit çizgileri) ve korumadır (su veya hava temasını kesme amacıyla).

GENEL BOYA PROSES AKIŞI

Yüzey Temizliği (Mekanik/Kimyasal) → Maskeleme Aşılama → Astar Boya uygulaması Küreleşme → Zımpara → Son kat boya uygulaması → Kurutma Kontrol

Şekil 14. Boya Teknolojileri

ma ve boya işlemlerinin niteliği, bu işlemlerde karşılaşılan kusur ve sorunlar.

3. Tasarım ve üretim sırasında oluşan kusurların boya ve yüzey hazırlama işlemlerine etkileri.
4. Kaplama-Boya ve yüzey hazırlık işlemleri sırasında ve sonrasında yapılacak kalite kontrol adımları.

Eğitimin bu kısmında sektörde sıklıkla kullanılan yöntem ve işlemler ele alınmış, genel hatları ile kaplama, boya ve yüzey hazırlık işlemlerinin hangi şartlar altında gerçekleştirileceği, dikkat edilmesi gereken konular ve yüzey hazırlık işlemlerinin kaplama, boya işlemlerine etkisi incelenmiştir.

Yüzey hazırlık işlemlerinden ve kaplama, boya kusurlarından örnekler verilmiş ve hangi standartlara göre uygulama ve denetim yapılması gerektiği belirtilmiştir. Örnekler aşağıdaki gibidir.

5.5 Üretilen Parçaların Birleştirilmesi ve Belgelendirilmesi Eğitimi

Montajlı üretim ve bu işlemlerin belgelendirilmesi eğitimi temelde 8 bölümden oluşur. Bunlar; montajlı üretimin

YüzeY temizleme çeşitleri

Elektrikli Aletler ile temizleme

- Dönel Tel Fırçalar
- Darbe aletleri
- İğneli Kazıyıcı
- Döner Kazıyıcılar
- Piston Kazıyıcılar
- Öğütücüler ve Zımpara Cihazları
- Diskli Zımpara Cihazları

Elektrikli alette temizleme için yazılı standartlar:

- SSPC-SP 3
- SSPC-SP 11
- SSPC-SP 15
- ISO 8501-1 (St 3 veya St 2)

Elektrikli alet ile temizleme için görsel rehberler ve standartlar:

- SSPC-VIS 3
- ISO 8501-1 (St 3 veya St 2)



Döner tel fırça ile aşırı çalışma, kaplama adezyonu için zayıf bir profil çizen 'cılalı' bir yüzeye neden olabilir.



İğne Tabancası 'çekiçle dövülmüş' formda bir yüzey pürüzlülüğü yaratır



"Keskin" uç örneği

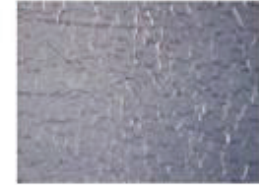
Şekil 15. YüzeY Temizleme Aygıtları

Kaplama Hataları

Dökülmeler, Sarkmalar, Perdeler, Buruşmalar

Aşağıdakiler sebep olabilir:

- KaplamaY çok kalın uygulamak
- Çok fazla ya da yanlış inceltici kullanımı
- Pot ömrünün sonunda kaplamanın uygulanması
- Raf ömrü geçmiş kaplama



Devamsızlık, Atlama, Holiday, Kaçırılan Alan

Substratın ya da önceki materyal kaplamanın çıplak kalan alanı

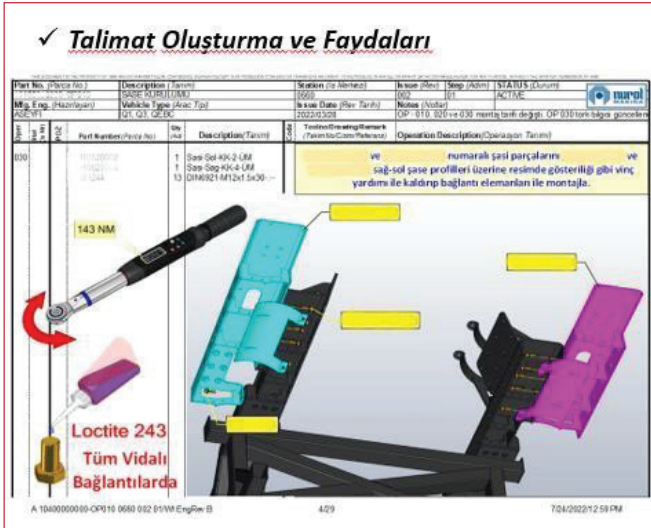
Aşağıdakilerden kaynaklanabilir:

- Zayıf uygulama tekniği
- Şerit kaplaması eksikliği
- Denetim eksikliği ya da zayıf denetim

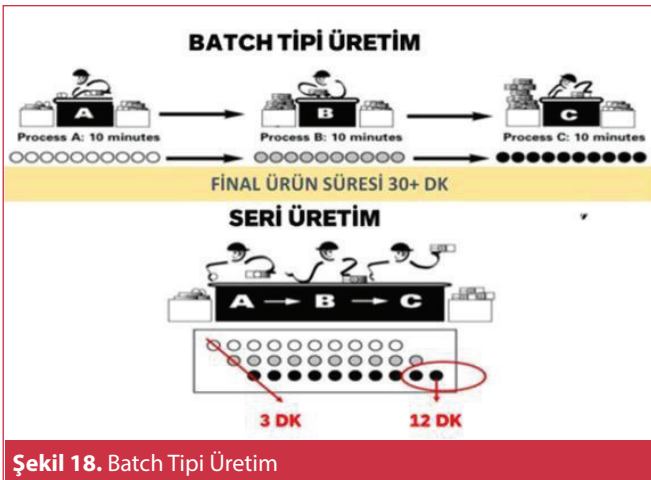


Şekil 16. Kaplama Kusurları

temelinden başlayarak sanayii devrimlerini, günümüzdeki durumu ve geleceğe bakış şeklinde bir eğitimi kapsa-



Şekil 17. Talimat Örneği

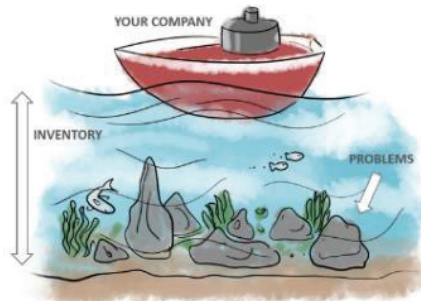


Şekil 18. Batch Tipi Üretim

✓ Yalın Üretim Teknikleri

Yalın Üretim, ürün ve hizmet yaratma sürecini israflardan arındırıp sadeleştirerek sunulan değeri mükemmelleştirmek ve bu yolla firma karlılığını arttırmak amacıyla taşıyan kavram, sistem ve teknikler bütünüdür.

- JIT (Just in Time)
- Tek Parçalı Akış
- Kanban
- Kaizen
- SMED
- Jidoka ve Görsel Yönetim
- Heijunka
- Genchi Genbutsu
- Standartlaşma



Şekil 19. Yalın Üretim Teknikleri

maktadır. 8 temel başlık şunlardır:

1. Üretime başlarken
2. Üretim sistemleri
3. Montaj işlemleri
4. Üretim Malzeme Listesi (MBOM – Manufacturing Bill of Material) hazırlanması ve yararları
5. Montaj Yöntemi
6. Sistem testleri ve testlerin doğrulanması
7. Yalın Üretim Teknikleri
8. Üretimin Geleceği

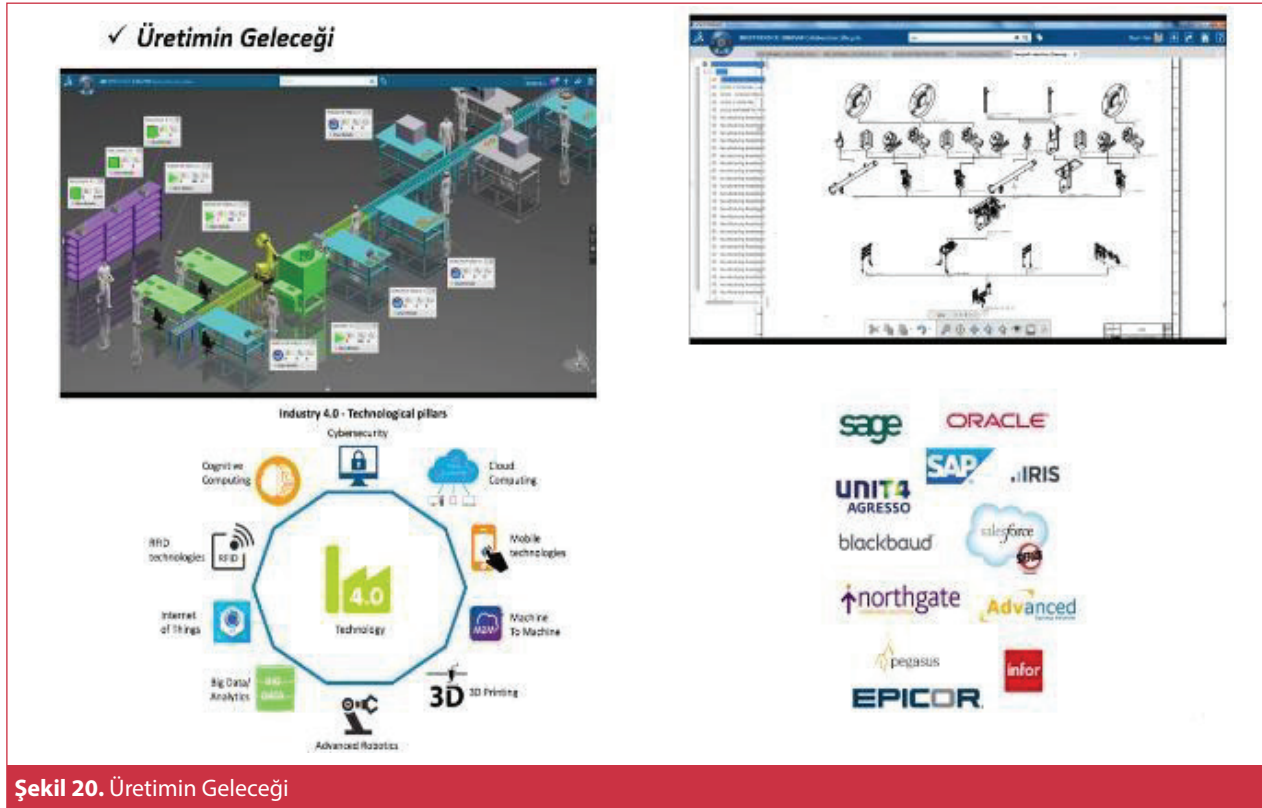
Bu başlıkların içerikleri; teknik, işlemsel ve belgelendirme yönünden değişiklikler göstermektedir. Bu yüzden, Mühendislik Malzeme Listesi (EBOM – Engineering Bill of Material), Üretim Malzeme Listesi (MBOM – Manufacturing Bill of Material) ve benzeri yöntem, belge ve işlemlerle ilgili ayrıntılı bilgiler aktarılırken, doğrulama ve montaj yöntemlerinde kullanılan el aletlerinden, montaj teknolojilerine, montaj teknolojilerinden, mekanik bağlayıcılara kadar çeşitli bilgiler katılımcılara sunulmuştur.

Yönerge oluşturma yöntemleriyle, bunların içermesi gereken bilgiler aktarılarak doğru belgelendirme teknikleri, örnekler gösterilerek katılımcılara aktarılmıştır.

Başta montaj olmak üzere üretim hatlarında sık kullanılan ve önemli olan yalın üretim tekniklerinin aktarıldığı bölümde ise fabrika verimliliği artırılırken, maliyet kazançlarının sağlanması da hedeflenmiştir. İlgili eğitimler üzerinde uygulama örnekleri de paylaşılmaktadır. Tüm yöntemlere ek olarak sorun çözme ve kök neden belirleme eğitimleri de içeriğe konulmuştur.

İlgili kısımlar ile etkinlik artışı hedeflenmiştir

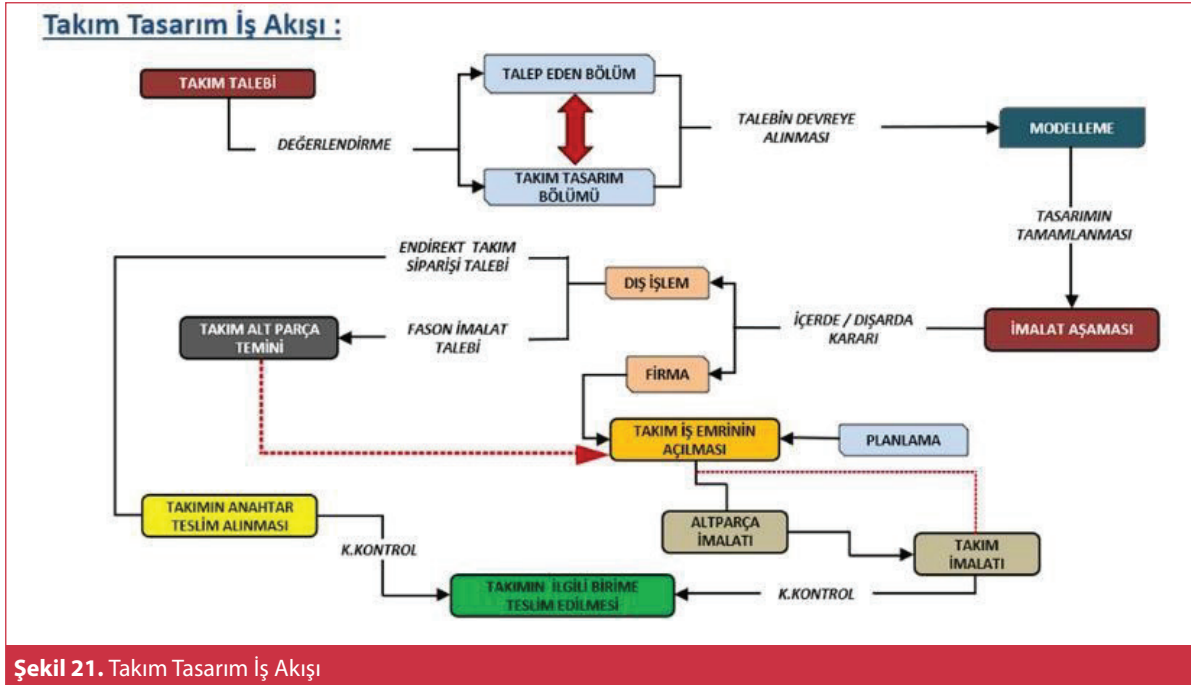
Üretimin geleceğinde yer alan yatırımlar, teknolojik atılımlar, hayatımıza yeni giren programların kullanımı, bunların yararları ve geleceğe hazırlık konularında önemli bilgiler aktarılmıştır. Hızlı gelişen teknoloji de çağı yakalamak amacıyla, ilgili yeni programlar hakkında bilgilendirme yapılmış, gelecekte programlar üzerinde daha rahat çalışma olanak ve fırsatlarının yaratılabilmesi hedeflenmiştir.

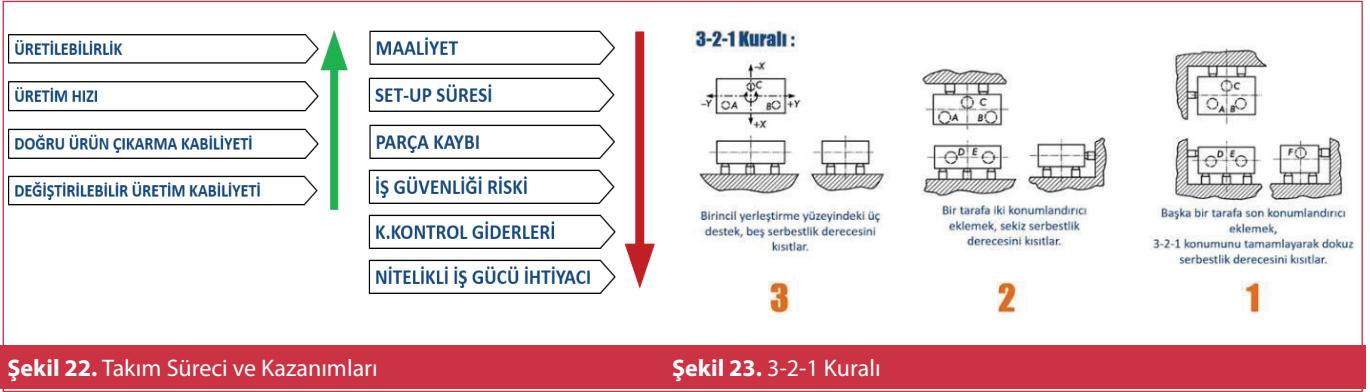


5.6 Takım Tasarımı

Takım tasarım eğitiminde temelde özel takım olarak nitelendirilen yardımcı donanım aşağıda belirtilen başlıklar altında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Her sektörün kendi dinamiklerine göre örnekleri verilmiş ve süreçleri anlatılarak zenginleştirilmiştir.

1. Özel Takım nedir ve neden kullanılır?
2. Takımlandırma mantığı
3. Takım tipleri
4. Takım tasarım süreçleri
5. Takımların Nitelikleri
6. Takım teknik veri paketi ve içeriği





“Takım” denildiğinde günlük hayatımızda yaygın olarak kullandığımız pense, tornavida, İngiliz anahtarı gibi aletler gelir. Fakat bu eğitim kapsamında anlatılan “takım” kavramı daha özel bir nitelik taşımaktadır. Bu yüzden biz burada yalnız takım demek yerine başına özel deyişini de eklemekte yarar gördük. Böylece, bir işletmenin üretim çalışmalarına aşağıdaki gibi etkiler gösteren özel tasarımı olan, üretim sorunları için çözümler üretebilen yardımcı bir donanımı tanımlamak istedik.

Şekil 21, 22 ve 23'te, üretimin teknik gereksinimlerini sağlayan bir takımın tasarlanabilmesi için gereken temel takımlandırma ilkeleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. En yaygın olarak kullanılan 3-2-1 kuralı özelinde tasarım örnekleri de verilmiştir.

Bu eğitim çalışmasında, özel bir takım gereksiniminin doğuşundan, nitelikli ve istenen şekilde üretilip sağlanmasına kadar geçirdiği süreçler anlatılmıştır. Takım gereksinimi nedeniyle yapılan takım isteğinde, tasarımcıya aktarılacak veriler, tasarlanacak takımın tipi ve fiykir, şablon, aparat, master gibi özellikleri, seçim için nasıl karar verileceği, takım seçeneklerinin ve tiplerinin kıyaslanması konuları katılımcılarla birlikte irdelenmektedir.

Bu eğitim kapsamında özellikle savunma sanayi alanında uygulanan işlevsel çalışmalar ve çalışmalar sırasında elde edilen deneyimler göz önünde bulundurularak örneklemeler yapılmıştır. Hem takım tipleri hem de alt tipleri bu çerçevede ele alınmıştır.

Bir ürünün ortaya çıkarılmasında nasıl ki o ürünün tasarımı süreçleri (kavramsal ve son tasarım, ilk örnek gibi) büyük önem taşıyorsa, takım tasarımı da o denli önemli bir süreçtir. Bu sürecin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için süreç akışları genel hatları ile anlatılmıştır.

Süreç akışları her işletmenin iş yapış biçimine göre değiş-

kenlikler göstermektedir. Bu eğitim kapsamında deneyim aktarımı ile savunma sanayi alanında takım tasarım süreçleri örneklendirilmiş ve ayrıntılandırılmıştır.

Bir özel takımın tasarım ve üretim süreçleri kadar nitelik süreçleri de büyük önem taşımaktadır. Bu noktada ilk doğrulama ve dönemsel denetim süreçleri hakkında bilgilendirmeler yapılmış ve süreçlerin aşamaları katılımcılara aktarılmıştır.

Bir takımın tasarım süreçleri sadece 3D modellemeden oluşmayıp buna ek olarak teknik resim, E-BOM, hazır ürün katalogları, takım kullanım yönergeleri, üretime yardımcı DXF formatındaki çizim verilerini de kapsamaktadır. Tüm bunlar Teknik Veri Paketi (TVP) olarak adlandırılmaktadır. TVP'nin üretime aktarım süreçleri ve üretim sırasında eşgüdümün sağlanması için gerekli anahtar noktalar anlatılmıştır.



5.7 Geometrik Boyutlandırma ve Toleranslandırma:

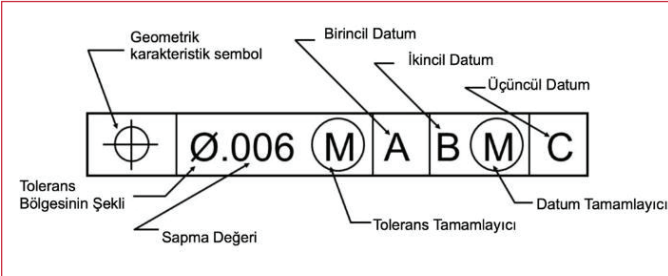
Kısaca GD&T olarak da adlandıracağımız iki gün süren eğitimimiz süresince katılımcılarımıza öncelikle mühendislik teknik resimlerinin genel yapısıyla ilgili bilgi verilmektedir. Ürün geliştirme aşamalarından olan ön tasarım

aşaması ve ayrıntılı tasarım aşamaları tamamlandıktan sonra ilk ürün, prototip ürün veya seri ürün kısmına geçilebilmesi için parçaların üretilmesi gerekmektedir. Ürünü oluşturan parçalar genellikle farklı üreticiler tarafından üretilerek montaj aşamasında bir araya getirilirler. Tasarım aşamasından sonra teknik resmi oluşturacak teknik personel, ilk önce parçalar arası etkileşime göre referans noktaları belirlemektedir. Doğru belirlenmiş datumlar ve takip eden tolerans birikim analizlerinden sonra parça üzerindeki ölçülere toleranslar verilir. Tolerans birikim analizleri ile nerede hassas ve nerede kaba tolerans verilebileceği açıkça görülür. Sonrasında parçanın üretilmesi için Geometrik Ölçüsel Tolerans (GD&T – Geometrical Dimensional Tolerances) sembolleri kullanılarak parçanın tüm gereksinimleri teknik resimlerle üretim bölümüne veya üretimi yapacak olan firmaya aktarılır.

Peki, neden GD&T sembolleri kullanmak gerekmektedir? En açık ve eğitimlerde de kullandığımız örneklerden bir tanesi uçak üretim sürecidir. Çünkü binlerce parça ve alt montajdan oluşan ürün sadece hava aracını üretecek

olan ülkede değil aynı zamanda birçok farklı ülkede alt yükleniciler tarafından üretilen parçaların ve alt montajların bir araya gelmesiyle oluşur. Teknik resim üzerinde öyle bir etkin sistem kullanılmalıdır ki üretilen bu parçalar montaj alanına geldiklerinde sorunsuzca birleştirilebilsinler. Bu gerçekleştirilemezse, parçaların yeniden üretildikleri ülkelere düzeltilme amacıyla gönderilmeleri veya hurdaya çıkarılmaları çok ciddi parasal yüklere neden olacaktır. Aynı zamanda da takvime uyulamayacağı için hem parasal hem hukuksal yaptırım ve cezalara yol açacak, hem de saygınlık ve güven kayıpları oluşturabilecektir. Sonuç olarak GD&T sembolleri kullanılarak, GD&T standartlarına göre oluşturulmuş resimlerde, parçaların montaj alanında sorunsuz bir şekilde birleştirilebilmesinin güvence altına alınması hedeflenmiştir.

Alanında uzman ve uzun yıllar savunma ve havacılık sanayi alanında tasarım bölümlerinde çalışan mühendislerce verilen bu eğitimde GD&T sembolleri anlatılırken ilk önce montaj senaryosu, bu senaryonun parça montajlarında yaratacağı çeşitli birleştirme durumları ve sonuçta hangi sembole bu durumların üretim ve parça doğrulama bölümlerindeki teknik arkadaşlara aktarılacağı gerçekçi bir bakış açısı ile anlatılmıştır. Bunun yanında sektörden örnekler ile de eğitimlerde deneyim paylaşımı yapılmıştır. Bu durum katılımcılarımızın konuları ezberleme yerine kalıcı bir şekilde mantık olarak öğrenmelerini sağlamıştır. Aynı zamanda da soyut tanımlar ve kavramlar somut örnekler ile anlatıldığı için katılımcılarımız tarafından kavranmaları kolaylaştırılmıştır.



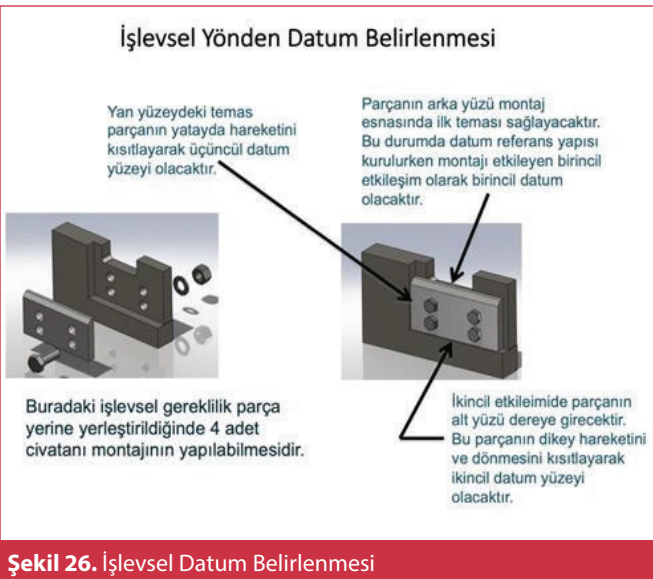
Şekil 25. Geometrik Tolerans Örneği

6. SONUÇ

Üretim mühendisliği destek eğitimi programı kapsamında farklı mühendislik disiplinlerinde deneyim kazanmış mühendisler, uzmanlık alanlarına ilişkin kuramsal bilgileri deneyimleri doğrultusunda birleştirmişlerdir. Bu bileşimin ürünü olarak ortaya deneyimler üzerine temellenen örnekler üzerinden aktarılan bir eğitim çalışması çıkmıştır. Bir mühendislik kariyerinin her alanında gereksinim duyulan bilgi birikimleri, yaygın üretim yetkinlikleri doğrultusunda, kolayca anlaşılabilir bir formatın katılımcılara kazandırılması amaçlanmıştır. Özetle 42 saatlik bu eğitim, üretim aşamalarının birçok temel konularını karşılayarak katılımcıları yetkin hale getirmektedir.

KAYNAKÇA

1. <https://www.sandvik.coromant.com/tr-tr/knowledge/drilling>



Şekil 26. İşlevsel Datum Belirlenmesi