ENDÜSTRI 4.0 VE DÖKÜM SEKTÖRÜNDE, 6N + 1K ?

Yaylalı Günay

ÖZET:

Dünya kaynaklarının azalması, enerji üretim yapısının değişimi ve ürünlerden beklentilerin artması, üretim sistemlerinde dünyada farklı yaklaşımlara yol açmaktadır. Maliyet rekabeti, sürekli yenilik beklentileri, sayısal bir yapının getirdiği avantajlar klasik üretim sistemlerinde radikal değişikliklere neden olmaktadır. Sadece robotların çalıştığı üretim tesislerinde yaşanılan birçok problem nedeni ile "makina ve insan"'ın yeni üretim anlayışında beraberce çalışmalarının verimi arttırdığı gözlenilmektedir.

Sayısal dünyanın olanakları ile makinalar insanlarla ve makinalar kendi aralarında haberleşerek ürünlerin kavramsal olarak yaratılmasından, son kullanıcısının eline ulaşması süreci 21.yüzyıl sanayi evrimi veya sanayide rönesans veya kısaca Endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır.

Döküm sektörü, otomotiv ve enerji üretimi gibi ana pazarlarında yapısal değişiklikler nedeni ile kapasite kaybederken, gerek yeni pazarlar kazanma ve rekabetciliğini arttırma yönünden yeniden yapılanmalıdır.

Klasik üretim tarzının ve kişi yeteneğinin ön planda olduğu döküm sektöründe sadece dökümcülerin akıllanması artık rekabet için yetmemekte, siber sayısal dünyada, fabrikaların da akıllanmaları gerekmektedir.

Tebliğde, akıllı üretim esaslarına göre döküm tesislerinde Endüstri 4.0 anlayışının hangi alanlarda ve nasıl uygulanabileceği, ne gibi yapısal değişikliklerden geçilmesi gerektiği, dünya döküm tesislerinde uygulama örnekleri ve Türkiye'deki çalışmalar anlatılmaktadır.

Anahtar sözcükler: Endüstri 4.0, akıllı döküm fabrikaları, makina ve insan ara yüzü, döküm sektörü

ABSTRACT:

Diminishing world resources, change in the structure of energy production and increased expectations from products are forcing a transformation in the world manufacturing systems. Aided with the advantages provided by the digital world, competition in costs and continuous novelity expectations, are all causing radical changes in the classical manufacturing systems. Due to the many misfailures experienced with the intensive use of plain robotic systems, it has now being considered that co-operation of "Man" and "Machines" will be more productive in the new manufacturing systems.

The new reality of creation of products from concept to the end product with information exchange of machines among themselves and also machines with humans via the support of digital world capabilities, is now named as the 21st Century Industry Revolution or "Renaissance of the Industry" or simply Industry 4.0.

Foundry industry, losing capacity and markets with the structural changes in the best customers as automotive and energy requires to be restructured to gain access to the new markets and retain their competitiveness.

In an industrial sector as the foundry business where classical production systems dominate and depend mostly on human capabilities, production facilities have to be smartly designed and operated as well as the foundrymen being smarter.

In the presentation, application possibilities of Industry 4.0 in foundries, structural changes that will be required, examples from world foundries adopting Industry 4.0 and applications in Turkey are being detailed.

Key Words: Industry 4.0, smart foundries, man-machine interface, foundry sector

GİRİŞ

Ülkeler ve toplumlar arasındaki ilişkilerinin gelişimine parallel, dünyadaki yaşam biçimi ve iş yapma şekilleri süratle değişmektedir. Seri üretim bandları, tek fabrika=tek üretim, ucuz işcilikli ülkelerde üretim evrelerinden geçilip, üretimi akıllandıracak sistemlere hızla geçiş yaşanılmaktadır.Bu geçişte, geçmişte insanı dışlayan otomasyon yerine, insan ve makinaların beraberce akıllıca çalışması ve birbirleri ile konuşması esas hedef olarak seçilmektedir. Tüm bu değişimin yanında, dünya enerji ve doğal kaynaklarının azalması, pahalılanması, ekolojinin önemi, tüm insanların refaha koşmak istemesi ile toplam maliyet ana itici güçler olmaktadır.Değişime en çok direnen 10 000 yıllık geçmişi olan ve klasik üretim tarzı ile kişi yeteneğinin ön planda olduğu döküm sektörü, klasik pazarlarında son 10 yılda görülen ve gelecek 10-20 yıl içinde yaşanacağı bugünden gözlenen gelişimlere ayak uydurabilmek için çalışanlar, tesisler ve süreçler olarak akıllanmalıdır.

Eski iş dünyası: Büyük balık, küçük balığı yutar

Bugünkü iş dünyası: Hızlı olan, yavaş olanı yutar

Müşteri, teslimatcı, ekoloji, girdiler, enerji, çalışanlar, üretim süreçleri, finans, kaynaklar gibi birçok değişkeni içeren döküm sektörünün sayısal dünyaya, 6N + 1K'nın **"NELERLE", "NEDEN", "NASIL", "NE KADAR",**

“NE”, “NEREDEN” ve “KİM İLE” sorularını cevaplayarak, değişen pazar yapısında rekabetciliğini koruyabilmesi için farklı üretim sistemleri, yönetim, ölçüm, takip, tasarım, müşteri ilşkileri yöntemleri kullanması gerekecektir.

Endüstri 4.0, Akıllı Fabrikalar, Makina-Operatör İşbirliği gibi yeni işletme yönetim sistemleri bu konuda sanayi tesisleri için bir cözüm yolu olmaktadır.

Değişen iş yapış şekillerinin hakim olacağı bir dünyada üretim sektörünün geleceği klasik yapıdan çok farklı olacaktır

Alternatif malzemeler, hafifleme, ekoloji, tüketici eğilimleri, elektrikli araçlar vs., gibi döküm sektörünün pazarlarında yaşanan ve gittikce temposunu arttıracak değişimler nedeni ile sektör rekabet gücünü arttırmak ve farklı yapılar oluşturmak zorundadır.

Türk döküm sektörünün ise, ana pazarlarındaki rakiplerinin üretim süreçlerinde önemli iyileştirmeler yapmaları sonucu rekabet güçlerini arttırmalarından, pazardaki yerini kaybetmemek için çalışma sekillerini gözden geçirmek mecburiyetindedir.

FABRIKALAŞMANIN TARİHSEL GELIŞİMİ

1) USTA/ÇIRAK: El emeği ile tek tek üretim

2) ATELYELEŞME: Atelye tipi, bir usta ve çırakları ile basit alet ve makinalarla siparişe göre veya raf malı üretim

3) FABRİKALAŞMA: Her tip ürünün aynı veya yanyana üretim hatlarında üretimi (Aynı fabrikada buzdolabı, çamaşır makinası, fırın vs üretilmesi)

4) TEK ÜRÜN/TEK FABRİKA: Maliyetleri düşürmek ve artan talebi karşılamak için her ürün için tek fabrika (Buzdolabı fabrikası, çamasır makinası fabrıkası vs)

4) **‘GO EAST’ AKIMI**: Sanayileşme ile refahı artan toplumda üretim maliyetlerinin artması ve insanların fabrikalar yerine artan servis hizmetlerinde çalışmayı tercih etmesi ile, üretim fabrikalarının daha düşük maliyetli ülkelere taşınması (Çin, Malezya, Tayland, Meksika).

5) EVE DÖNÜŞ: Batı toplumlarında, robotlaşma, sanal zeka, bulut teknolojisi, simulasyon, sayısal ikiz teknolojileri geliştirilip, iş hayatında kullanılmaya başlanıldı.Buna uzak ülkelerde yapılan üretimin a) Kalite problemleri b) Maliyetinin artmaya başlaması c) Teknolojik, politik, çevre, insan hakları sıkıntıları eklenince, sanayileşmiş batı ülkelerinde, düşük maliyetli ülkelerle artık maliyet açısından rekabet edebilecek, robotik, sayısal, makina-insan işbirliği ile yüksek verimde çalışan üretim tesisleri kurulmaya başland.

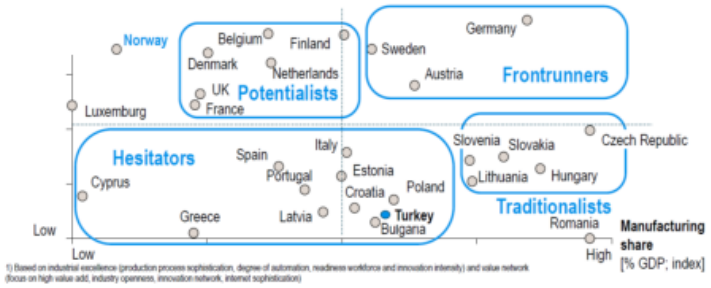
Bu süreçe de ‘4.0’ adı verildi. (Sanayi 4.0, Endüstri 4.0, Döküm 4.0)

TÜRKİYE’NİN SANAYİDEKİ YERİ:

Türk sanayinde sayısal dönüşüme ve atılıma isteksizlik sebebi olarak. a) Yatırım maliyetinin yüksekliği b) Yatırım geri dönüşümünün belirsizliği c) Kalifiye çalişan yetersizliği d) Tesislerindeki teknoloji alt yapısının yetersizliği e) Sayısallaşma için yerel tedarikçi eksikliği gibi nedenler ileri sürülmektedir.

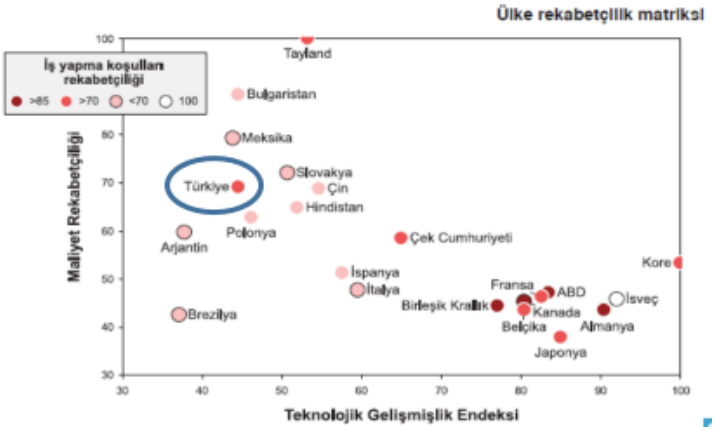
Sanayileşme içinde olan çeşitli ülkelerde yapılan araştırmaya göre, Türkiye, sayısallaşma atılımını yapıp yapmamada tereddüt geçirenler arasında. (Şekil 1). Türkiye’nin rekabet gücü değerlendirilmesi ise Şekil 2’de verilmektedir.

Çeşitli ülkeler için yapılmış, Endüstri 4.0’a Hazır Olma Endeksi. Türkiye, tereddüt geçirenler arasında. Türk sanayinin digital olgunluk seviyesi Endüstri 2.0-3.0 arasında. (Roland Berger Business Readiness, Tusiad raporu)



Şekil 1: Türkiye ve Endüstri 4.0

Türkiye’nin rekabet gücü. Değerlendirme Türkiye’nin maliyette rekabetçi, fakat teknolojik olarak çoğu ülkenin gerisinde olduğunu göstermektedir. (AT.Keartney raporu)
Türkiye’nin endüstrisinin önemli bir kısmını güncellemede geçikmesi ve sanayinin sayısal dünyada gelişmeleri geriden takip etmesi bu sonuçları doğurmaktadır.



Şekil 2: Türkiye ve Rekabet Gücü

ENDÜSTRİ/DÖKÜM 4.0’IN DÖKÜM SEKTÖRÜNE NE YARARLARI OLACAK?

1) Diğer endüstrilere göre düşük olan işletme verimliliğinin arttırılmasına katkı,
2) Alternatif malzemelere karşı çıkma imkanı. Yeni iş ve pazar olanakları ile rekabet gücünün artması,

3) İç ve dış döküm sakatlarının, süreçlerin sapmadan otomasyon ile kontrolu sayesinde azalması, daha dar tolerans limitleri ile çalışma
4) Arızaların önceden anlaşılması ve vaktinde tedbir alınması, (Ön Alıcı bakım)
5) Ürünün kavramdan-pazara geçen süresinin kısaltılması
6) Tesislerden daha yüksek verim alınması ile, kapasite yatırım gereğinin azalması,
7) İş kazalarının önlenilmesi ve azalması,
8) Fiyatların yüksekliğinden, döküm ürünlerin sakat ve güvenilirsizliğinden şikayet eden müşterilerin ne demek istediklerini daha iyi anlama,
9) Müşteri ile görüşürken, üretilen ürünün daha güç ve inançla savunulması.

AKILLI FABRIKALARDA VE ENDÜSTRİ 4.0'DE GÖRÜLECEK ANA DEĞIŞIMLER:

1) **Fabrika sizinle konuşmaya başlıyor**

2) Makina-İnsan arayüzü oluşuyor,

3) **Kişiler süreçlerle konuşmayı öğreniyor,**

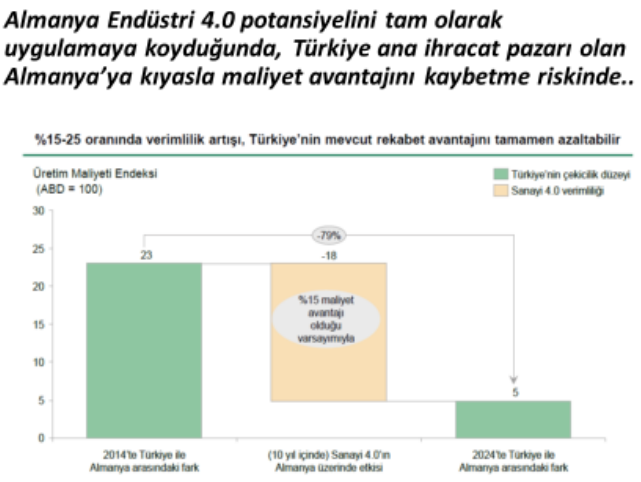
4**) Döküm parça ile her etapta diyalog başlıyor.**

5) Ana felsefelerden biri: **"Arıza yapmadan, fire oluşmadan, verim düşmeden müdahele et"**

ENDÜSTRI 4.0 = VERİ ANALİZİDİR

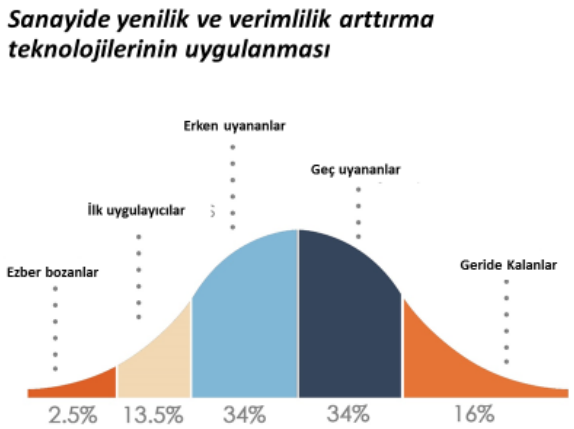
Veri artık değer olmaktadır.. 21.yüzyılın hammaddesinin 'veri' olduğu yavaş yavaş kabul edilmektedir. Veriyi anlamlı bir kullanıma çevirenler ise rekabet gücü sağlamaktadır. Endüstri/Döküm 4.0 hangi seviyede uygulanırsa uygulansın, toplanan verilerin analiz edilip, değerlendirilmemesi ve bunlara dayanarak iyileştirmeler yapılmaması halinde, bir "VERİ MEZARLIĞINA" dönüşüp, harcanmış olan emekler boşa gidecektir.

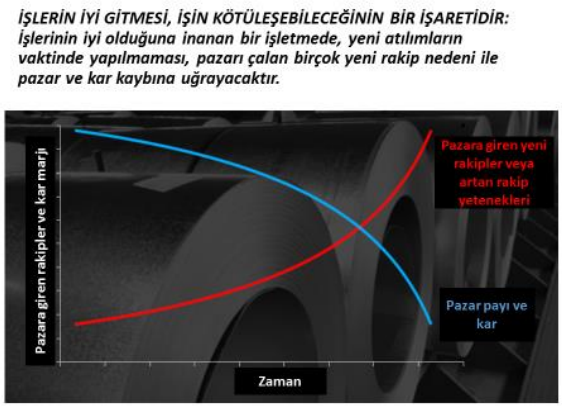
Endüstri 4.0 uygulamalarını tesislerinde kullanmaya başlayanları, diğer rakiplerine göre fark yaratacağı görülmektedir. (Şekil 3)



Şekil 3 : Almanya, Endüstri 4.0 ile rekabet gücünü arttırmaktadır.

Gerekli atılımları vaktinde yapamayan işletmeler veya sanayiler, ya rakip firmalar/ülkelere işlerini kaybetmekte veya alternatif üretim metodları/malzemeler öne geçmektedir. (Şekil: 4). Döküm sektöründe sayılaşma ve Endüstri 4.0 uygulamalarının etkileri Şekil 5 'de özetlenmektedir.





Şekil 4: Doğru zamanda rekabetcilik için yapılan atılımların etkisi

Bugün ve Endüstri 4.0 uygulaması sonrası

Döküm tesisleri mevcut üretim sistemleri	Endüstri 4.0, sayısal ikizler ve sayısallaşma ile beklenenler
Seri üretim	Esnek üretim
Uzun serili üretim	Üründen ürüne kısa sürede geçiş
ÜP ile oluşan ara stoklar ve bitmiş stoklar	Talebe göre anlık üretim
Ana hedef= Ürün	Ana hedef = Ürün uygunluğu
Maliyet bazlı çalışma	ROCE bazlı çalışma (Özsermayenin geri getirisi ne kadar?)
Ağır ve yorucu üretim şartları	Esnek, rahat ve tehlikesiz üretim şartları

Şekil 5: Döküm tesislerinde sayısallaşma ve Endüstri 4.0 uygulamalarının, klasik uygulamalara göre farkları

Akıllı tesislerde, klasik ERP (Kaynakların planlanması) yerine FRP (Tüm kaynakların planlanması) sistemi kullanılmaktadır.

ENDÜSTRI 4.0'IN KISA TANIMI

1) Kavramdan satış sonrası hizmete kadar geçen süreçlerin aralıksız, birbiri ile bağlı olarak ve değişen şartlara hemen uyabilecek şekilde yönetimi

2) Birbirine otomasyon ve sayısal ilişkiler ile bağlı, en etkin şekilde akan üretim sistemi

3) Görselleştirme, sayısallaştırma, kaydetme ve süreçleri eldeki datalarla optimum hale getirme

Bu hedeflere ulaşmak için kullanılan yöntemler ise:

1) Makinaların sayısal sisteme uyumu

2) Tüm sistemin sensörlerle birbirine bağlı olması

3) Tüm datanın aynı yerde toplanılması

4) Datanın değerlendirilip, sonuçlandırılması için sayısal zeka,

5) Güçlü ve etkin internet-bulut bağı,

6) Önleyici ve koruyucu bakım sistemi

7) Üretim planlama, ham, yardımcı malzeme ve yedek parçaların yönetimi, süreçlerin akışı, sevkiyat işlemlerinin tek data sisteminde toplanılıp, yönetilmesi

8) Bir önceki sonuçlardan öğrenerek, kendi performansını düzenleyen makinalar

9) Süreçlerden ve sonuçlardan sapma halinde, operator ile direkt veya uzaktan kumanda ile temas

10) Süreçlerin her etabına ve datalara anında giriş ve müdahele olanağının olması

11) Dataların incelenmek ve kullanmak için ilgili kişilere sürekli açık olması

MEVCUT MAKINA YÖNETIM VE KONTROL SISTEMI İLE ENDÜSTRİ 4.0 UYGULANAN TESİS KARŞILAŞTIRMASI:

A) MEVCUT TESİS

Alışılmış olan mevcut üretim sistemlerinde, sistemde robotlar veya otomatik çalışan makinalar olmasına rağmen, bu otomasyon sisteminde, her robot/makina kendi içinde el ile öğretilerek veya programlanarak çalışma şekilleri tespit edilmekte, iki saykıl arası birbirini bekleme süreleri oluşmaktadır. Ayrıca, her makina/robotun ayrı ayrı kumanda, ayar sistemleri bulunmaktadır.

Süreçlerde tespit edilmiş çalışma aralığının aşılması veya bu değerleri aşacak şekilde bir eğilim oluşması halinde, mevcut sistemlerde operator olayı görüp, müdahele etmektedir. Genelde, bu müdahelede geç kalınmakta veya ancak üretim yapıldıktan sonra verilerin incelenmesi sonuçu sapmalar oluştuğu anlaşılmaktadır. Bu hatalara göre yapılan üretim, ya sakat olmakta, ya da 2.ci kalite olarak üzerinde ek işlem yapılarak satılmaktadır. Her iki şıkta da, maliyetler gereksiz şekilde artmaktadır.

B) ENDÜSTRI 4.0 UYGULANAN TESİS

Tüm makinalar ve robotlar bir bütün sistem anlayışı ile programlanmakta, makinalar ve saykıl aralarında bekleme süreleri en aza indirilmektedir.Tüm makina ve robotlar tek bir merkezden yönetilmekte ve datalar aynı merkezde toplanılmaktadır.

Koruyucu ve önleyici bakım önceden tespit edilip, malzemeleri temin süresine bağlı olarak hazır edilmekte, bakımı yapacak dahili ve harici ekip vaktinde hazır olmakta, üretim, sevkiyat programına uygun hareket edilmektedir.Makinalardaki üretim verimliliği, ürün kalite seviyesi, sapmaların miktarı, makina yükleme oranı, maliyetlerden sapmalar gibi bir çok husus kayda geçirilip, ürün etkilenmeden haberdar olunup tedbir alınabilmektedir. Endüstri 4.0 sistemini uygulayan üretim tesislerinde teslimatcıdan müşteriye kadar data bağlantısı olmasının yanında, üretim tesisinin tüm safhaları data transferi yolu ile gerek merkezi gerekse uzaktan ulaşım ile izlenebilmektedir. Bu izlemede insan müdahelesine gerek kalmadan birçok problem, akış aksaması, arıza ve kalite sorunu sisteme öğretilmiş olan bilgilere göre yönetilebilmektedir. (Şekil 6)

Endüstri 4.0 sistemlerinde tüm üretim, kalite, bakım, verimlilik, stoklar vs gibi tüm süreçler, sensörler ve data girişleri sayesinde, merkezi alanlarda izlenilmekte, set edilmiş değerlere göre bazen otomatik, bazen manuel olarak müdahele edilmektedir. Sonuçta, gereksiz ve hatalı üretimler, verimsizlikler ve fireler önlenildiği için, kazanan işletme rekabet gücü olmaktadır

Otomatik olarak birbirleri ile haberleşerek çalışan bir aluminyum tesisinin bilgi kontrol merkezi (Festo AG)

Şekil 6: Endüstri 4.0 veri toplama ve değerlendirme merkezleri

C) ENDÜSTRI 4.0'IN DIĞER YAN AVANTAJLARI:

1) Çevre, atık ve karbondioksit salınımı konularında en optimum düzeye inilmesi

2) Çalışanlarda daha az stress ve aile/özel hayata daha fazla zaman ayrılabilmesi. (Evdeyken bile, tablet veya cep telefonundan bilgi alıp, talimat verebilme)

3) Kas gücüne ihtiyaç kalmadığından, tecrübeli yaşlı operatörlerden yararlanma,

4) "1" adet bile olsa üretim yapılabilmesi

5) Belli bir yaşa kadar olan eski makina ve tesislerin kademe kademe dönüştürülebilmesi nedeni ile para ve kalifiye eleman yetiştirme sorununun azalması

6) Enerji: Enerjinin anlık sarfiyatı görülmekte, kapıdan satılan malın miktarına göre her an birim enerji izlenebilmekte, sapmalara anında müdahele edilebilmekte ve %10-20 enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Uygulamaların tam ve doğru yapılması halinde, Endüstri 4.0 ile elde edilebilecek verim artışları Şekil 7 'de verilmektedir.

Verimi Etkileyenler	İyileşme
Bakım masrafları	%10-40 azalma
Makinaların duruş süresinde azalma	%30-40 iyileşme
Mühendislik ve dizayn işlemlerinde iyileşme	%30-40 süre azalması
Ürün, ham madde ve yedek parça stoklarının azaltılması	%20-50 azalma
Kalite maliyetlerinin düşmesi	%10-20
Teslimatlarda hedefe ulaşma	%85-95
Yeni ürün devreye almada iyileşme	%20-50

Şekil 7: Endüstri 4.0 ile elde edilebilecek verim artışları

ENDÜSTRİ 4.0'DA İNSAN KAYNAKLARI

-Endüstri 4.0 için kalifiye işçi ihtiyacı daha fazla olacaktır

-Hata yapmanın azaldığı iş yeri olacağından işi yürütenlerin sürekli eğitimi gerekli

-Ağır ve zor ve tekrarlayan işler için işçiye artık gerek kalmamakta

-Bilgi çalışanına daha fazla ihtiyaç olacak

-Bu tip elemanların işletme içi ve okul eğitimlerinin planlanması ve uygulanması önem kazanacak

-Forkliftler otonom sürme tekniği ile çalışacağından, şöför ihtiyacı azalacak,

-Satın alma, ambar, temel muhasebe gibi işlemlerin birçok etabı sistem tarafından yapılacağından, bu konulardaki eleman sayısı azalacak

-Arızalar, kestirimci bakımın daha etkin çalışması sonucu daha az yaşanacağından, bakım elemanı sayısı azalacak, fakat kalifikasyon artacak. Önleyici bakım ile önceden hangi parçanın ömrünün biteceği bilindiğinden ve yedeği hazır edildiğinden, bakım süresi kısalacak, aynı bakım elemanından daha fazla verim alınabilecek.

-Sendikacılığın önemi azalacağından, sendikaların bu yeni anlayış ve uygulamaya göre yapı değiştirmesi gerekmektedir

ENDÜSTRI 4.0 GELIŞMESINE AYAK UYDURMAK VE ÖNCÜLÜK ETMEK IÇIN GEREKLI OLAN EĞITIM SISTEMI

1) Endüstri 4.0 ile çalışma şekli değişeceği ve daha kalifiye elemana ihtiyaç olacağı için, gerek meslek

elemanı yetiştiren okullar, gerekse üniversitelerde öğrenci yetiştirme şekli de bu değişime ayak uydurmalıdır.

2) Teknolojik bilgi ve becerinin ötesinde, yetiştirilen elemanların, sürekli yetenek geliştirme çalışmalarına hazır olmaları, bölümler arası ilişkilerde esneklik ve yeniliklere açık olmaları gerekmekte.

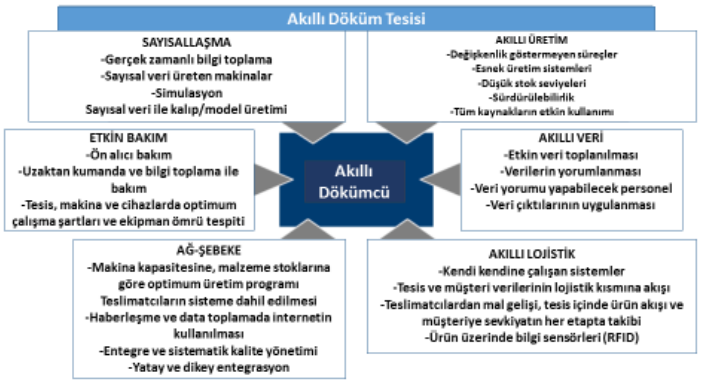
3) Bu yeni sistemde çalışacak kişilerin, lise seviyesinde çıraklık, staj gibi etkinliklerde bilgisayar, internet, data kullanımı gibi konularda eğitilmelerine başlanılmalıdır. Bu ve üniversite seviyesindeki eğitimler için eğitim kurumları ve Endüstri 4.0 sistemi kurucuları ve kullanıcıları arasında eleman yetiştirmede ortak çalışmalar yapılmalıdır.

4) Yeni elemanlar yetiştirilmesi yanında, el emeğine ihtiyacın azalması ile açığa çıkan elemanların Endüstri 4.0 sistemine göre eğitilmeleri sağlanılmalıdır.

DÖKÜM SEKTÖRÜNDE ENDÜSTRİ 4.0 HANGİ SAFHADA?

Endüstri 4.0 ile aynı felsefeleri uygulayarak, asırlar ötesi geçmişi olan döküm sanayi birçok temel süreçinin iç detayları hala tam olarak anlaşılamamış olmasına rağmen, sıvı metalin dünyasına sayısallaşmayı sokarak, rakibi olarak ortaya çıkan birçok malzeme karşısında rekabet gücünü kolaylıkla arttırabilir.

Döküm tesisleri ve üretim metodları artık herşeyin el emeği ile yapıldığı, toz, duman içinde değil. Bu şekilde kalması halinde, diğer üretim metodları ve malzemeler karşısında rekabet gücünü kaybedeceği kesin. Bu nedenle, birçok mevcut döküm tesisi ve yeni kurulan tesisler otomasyon, sayısal sistemler, tüm işlemlerin takip ve kayıt edildiği gözlem ve veri toplama olanakları ile donatılıyor. Artık döküm fabrikaları da yeni anlayışlara göre kurulmalı. Dökümcünün akıllanması yetmiyor, fabrikalarının da akıllanması gerekli. (Şekil 8)



Şekil 8 : Akıllı döküm tesisinin oluşturacak faktörler

NİÇİN YENİ BİR YAPILANMA VE ENDÜSTRİ/DÖKÜM 4.0?

Endüstri/Döküm 4.0 hamlesinin ana nedeni:

Ucuz maliyetli ülkelerden gelen dökümlerle artık rekabet edilememesi...

Diğer nedenler:

1) Yıllardır kar edilememesi
2) Teknolojide geri kalınması. Yeni teknoloji yatırımları için para olmaması,
3) Enerji fiyatlarının yükselmesi,
4) Ekolojik baskıların artması,
5) Mevcut çalışma şartlarında çalışacak eleman bulma zorluğu,
6) Mevcut tesislerin düşük işletme verimliliği ve düşük kapasiteleri,
7) Mevcut karmaşık iş akışı sistemi,
8) İş kazası riskleri,
9) Eski tesisin yüksek bakım masrafı
10) Yeteneklerini kaybetmiş makinalarla, artan kalite beklentilerinin artık karşılanamaması,

ÇÖZÜM: Tüm bu problemleri çözecek, akıllı sistemlerle çalışacak ve yönetilecek bir döküm tesisi kurulması...

ENDÜSTRI 4.0 ÖRNEK DÖKÜM TESISINDE NASIL ÇALIŞIYOR:

a) Tüm dataları topluyor
b) Dataları değerlendiriyor, karşılaştırıyor
c) Bu datalarla sürecin gidişatını optimum değerlere göre düzenliyor
d) Bu bilgileri internet aracılığı ile ana belleğe, tesis yöneticilerine gönderiyor
e) Tüm süreçlerin esnek, enerji dahil tüm kaynakların verimli olarak kullanıldığı, acil ve etkin olduğu şartlarda sistemi sürdürüyor,
f) Operatörler ve makina/robotlar beraberce çalışıyorlar. Robot ve makinalar tozlu, tehlikeli, hassas ve tekrar eden işleri yapıyorlar, operatörler ise daha fazla düşünce, karar ve kalite katkısı gerektiren işleri yapıyorlar.

ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARINDAN ÖRNEKLER:

A) DEMİR BAZLI METALLER

1) ERİTME; TRETMAN; DÖKÜM:

a) Kimyasal ve metalurjik süreç sapmalarının asgariye indirilmesi ve kontrol altına alınması

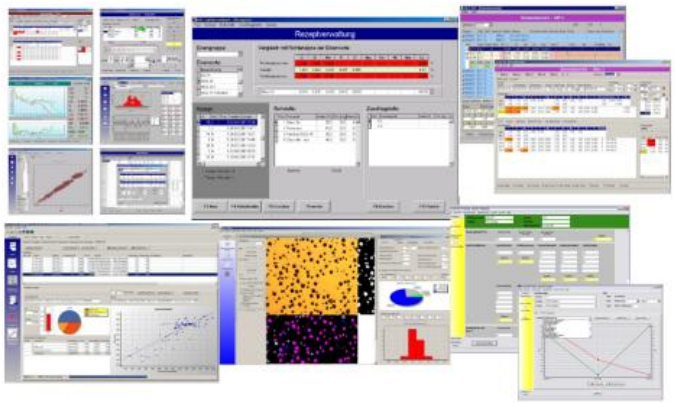
b) Döküm işleminde çalkalanma ve metalin oksitlenmesinin önlenmesi ve sakata yol açmadan başta önlenilmesi,
c) Metalurjik özelliklerin çekinti boşluklarına etkisinin, bu özellikleri sıvı metalde limitler dahilinde kontrol edip, ikaz sisteminin geliştirilmesi ile önlenilmesi,
d) Pota veya döküm ocağında sürekli kimyasal ve metalurjik özellikleri analiz edebilecek sistemler ile, sıvı metalde dökümden önce tam metalurjik kontrol,
e) Birçok oksitlenme, ısı kaybı, enerji kullanımı artışı, zaman ve işciliğe neden olan ara pota transferi işleminin kaldırılaraki sürekli metal akışının sağlanılması,
f) Ocak şarj sistemi, refrakterler, ocak ömrü, delinme riskinin önceden tespiti
g) Etkin metalurjik kontrolla, malzemedeki alt-üst limitlerin daraltılması ile mekanik, metalurjik özelliklerde daha etkin sonuç alınması. Firmada garantili olarak elde edilebilecek metalurjik ve mekanik alt limitlerin toplanan verilerle tespit edilerek, müşterilere garanti verilebilmesi,
h) Sayısal ikiz çalışmaları ile, analiz, soğuma şartları, aşılama, ve üretim özelliklerinin simulasyonla değiştirilerek özelliklerin tehlikesiz limitlerinin ve en düşük maliyetlerin tespiti

Şarj hazırlamadan, kalıba döküme kadar olan süreçte, metalin hazırlanması, kontrolu, metalurjik şartların yerine getirilmesi, arıza/bakım konularının oluşmadan tespiti ve bunların Wi-Fi üzerinden işletme yönetimi ve üretici firma ile paylaşılması, metal hazırlama sürecinde birçok işletme sürprizini ortadan kaldıracaktır.

Endüksiyon ocağı üreticileri, eritme sürecinde veri toplamak üzere, sistemlerine birçok sensör eklenmektedir. Bu verilerin kullanımı ile, arızalar, eritme süreci, enerji kullanımı, kullanım süresi bitmeye yaklaşan ekipmanların ikazı, metal kontrolu, gelen analize ve metal ağırlığına göre ocağa eklenen ek katkı malzemeleri kayda girmekte, ay sonunda açık verilmesi, maliyet kontrolu, döküm, şarj hazırlama bölümleri ile iletişim ve verilerin kaydedilmesi işlemleri yapılarak, işletme verimi arttırılmaktadır.

Metal eritme, tretman, kontrol ve döküm kısmında yapılan her işlem neticeleri Wi-Fi aracılığı ile merkezi bir veri toplama ünitesinde toplanıp, değerlendiriliyor. Uygunluğu halinde, Müşteri Kalite Belgesine aktarılıyor.(Reçete, şarj hazırlama, ocak doldurma sırası, eritme, tretman, aşılama, analiz, termal analiz, döküm, pota aşılama, küreselleşme kontrolu) (Şekil 9 ,10, 11)

Ocak şarj hesapları ve optimizasyonu, çıkan metalin termal, kimyasal analizi, mikro yapılar, sıcaklık, işletme verimleri, kum laboratuar sonuçları, mekanik testler, ölçü kontrol ve kum kontrol neticeleri gibi tüm datalar grafiksel ve istatistik olarak kontrol edilebilmekte, sapmalar ikaz edilmekte.



Şekil 9 : Döküm süreçinde toplanan çok sayıda very, değerlendirmek için ana analiz merkezine aktarılıyor.

Sıvı metalin kontrolu ve verilerin toplanılmasında, termal analiz, kimyasal analiz, mikroyapı kontrolu, sıcaklık kontrolu, aşılama, potaların taşınması gibi tüm işlemlerin çıktıları WiFi vasıtası ile ana veri toplama ünitesine aktarılmakta, bu ünitede set edilmiş kontrol alt-üst limitlerinin aşılması halinde ikaz verilmekte, düzeltilmemesi ve spesifikasyon limitlerinin dışına çıkılması halinde üretim durdurulmaktadır. (ÖLÇ; LİMİTLERLE KARŞILAŞTIR; İKAZ ET; ÖĞREN ve DÜZELT)

Şekil 10 : Sıvı metal verilerinin değerlendirmek için toplanıldığı sistemler

Eritme ocaklarına yüklenecek şarj ve katkı malzemesinin, hazırlanmış olan reçetelere göre, insansız sistemler ile ocaklara yüklenilmesi, takibi ve uygun olarak hazırlandığı sensörlerce, ana data merkezine aktarılıp, maliyet, kalite ve uygunluk analizi yapılabilmekte, sürprizler yaşanması önlenebilmektedir.

Şekil 11: Reçetelere göre şarj hazırlayıp, verilerini merkezi sisteme aktaran şarj sistemleri

Tüm şarj kovalarında bulunan RFID (Radio Frequency Identification) ekranları ile o kovada hangi şarjın olduğu, içindekiler, hangi ocağa gideceği belirtiliyor. Bu RFID'lerin şarj sırasında RF 640A seyyar cihazı ile okutulması ile a) hatalı şarj önleniyor b) bilgi merkezi sisteme iletiliyor c) kovanın boş olduğu bilgisi şarj holune aktarılıyor. Recetelere göre hazırlanan kova şarjlarındaki bilgi, ocaklara yüklemede very merkezine aktarıldığından, şarj holundeki malzeme miktarı, kullanılan malzeme miktarı takip edilip, ay sonunda açık verilmesi önlenilmekte. Ocak ve eritme bölümü sıcaklıklarına dayanıklı RFID (Simatic RF680T) ekranları zedelenmesin diye, bir çelik muhafaza içinde korunuyor. (Şekil 12)

Şekil 12 : Şarj kovalarındaki malzemeyi RFID sensörleri ile izleyen sistem

"Metalurjik kontrol çevrim ağı", döküm tesislerinde Endüstri 4.0'ın önemli bir ayağıdır..Döküm ürün kalitesinin temel direği, sıvı metalin metalurjisinin avuç içinde tutulabilmesine bağlıdır. Değişkenlerin, bilinçli bir şekilde yukarı aşağıya oynatılması ile kontrol sağlanılması metalurjistin işidir. Ona, en çok yardımcı olacak olan ise, tüm verilerin istenilen zamanlarda ve doğrulukta ilgili cihazlar ve sensörlerce ölçülüp, veri bankasındaki limitlere uygunluklarının veya sapmalarının ilgililere iletilmesidir.

Termal analiz demir ve demirdışı metallerin eritilmesi ve dökümünde**, "metalurjik spektrometre"**dir. Bu sisteme, sıvı metal ile ilgili tüm çevre birimleri intranet vasıtası ile bağlayarak, sıvı metalin "hijeni" 'ni kayıt altına almak **"Akıllı Metal"** 'e geçişi sağlayacaktır. Termal analiz cihazına bağlanabilecek yan birimler: a) Spektrometre, b) C/S analiz cihazı c) Sıcaklık ölçümü d) Termal analiz cihazı e) Çil testi data girişi f) Şarj hesapları ve fiili yapılan şarjlar g) Mikro yapı, mekanik özellikler gibi control araçlarıdır.

2) KALIP, MODEL VE ÜRETİM SÜRECİ

Benzer makina-süreç-insan ilişkisi otomatik kum kalıplama hatlarında da uygulanmaktadır. Ocaktan ihtiyaca ve dökülen parçanın metalurjisine göre sıvı metalin tam zamanında talep edilmesi, kum tesisi ile sürekli bağlantı ve kalıplanan parçanı özellikjlerine ve miktarına göre uygun özelliklerde kum istenilmesi, döküm işlemi ile aşılamanın parçanın özelliklerine göre yapılması, tel tretman sistemi ile haberleşerek, analizin farklılıklarına göre tel ile katkıların yapılarak metalurjik ve kimyasal özelliklerin sağlanılması, Endüstri 4.0'ın döküm tesislerinde ilk uygulamalarından bazılarıdır.

DÖKÜM ÜRETİMİ İŞ AKIŞI:

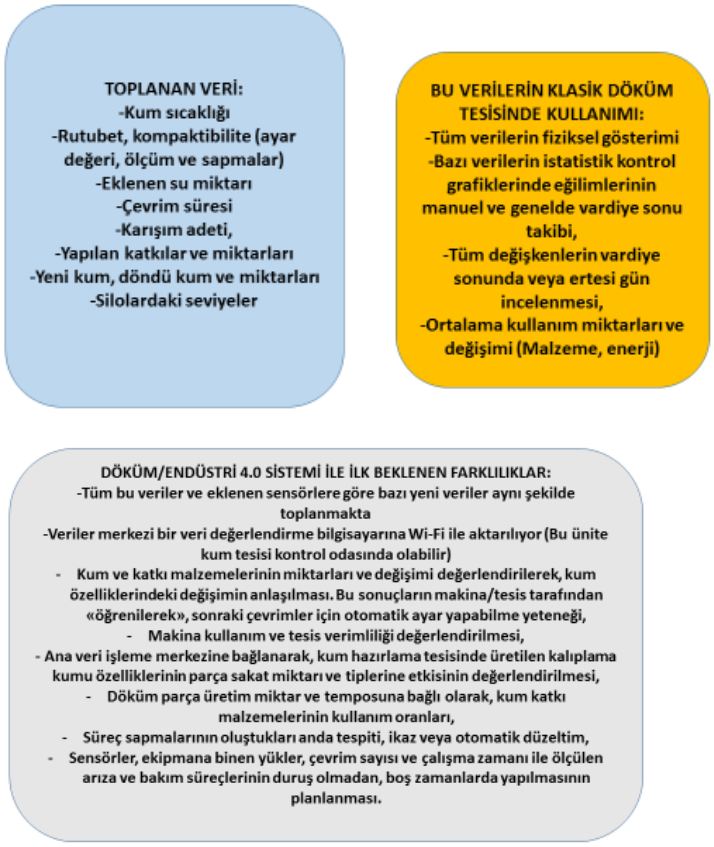
Bu süreçlerin her adımında yeterli sensörler kullanılarak, veri toplanıp, aktarılıp, tam zamanlı değerlendirilerek, «Döküm» üretimi daha verimli, daha cazip, daha vazgeçilmez ve diğer malzeme ve üretim metodlarına göre daha rekabetci hale getirilebilir. Bu çalışmaya da 'Döküm/Endüstri 4.0' adı verilmektedir. (Şekil 13)

a) Model/kalıpların periyodik ölçüsel kontrolu. Kalıp/baskı/derece sayılarının veri toplama/değerlendirme merkezine kaydı ve ölçü kontrol gerektirecek adetlere ulaştığında ikaz verilmesi
b) YB, AB ve kokil dökümde kalıpların termal parametrelerinin takibi, kaydı ve kontrol limitlerine göre ikaz verilmesi,
c) Operatörlerin süreçlere acil durumlar hariç, rastgele el ile müdahele etmelerinin önlenmesi ve bu müdaheleye gerek olmayacak şekilde, süreç bilgisi ve durumunun paylaşılması,
d) Her etapta parça üretim araçlarının izlenebilmesi ve bilginin kaydedilmesi,
e) Çalışma parametrelerinin kontrol limitlerini aşması halinde, operatör ikazı veya otomatik ayarlama,
f) Tüm üretim ve kontrol makinalarının bakım seviyelerinin, işletme verimlerinin ve performanslarının üretime ara verilmeye neden olacak ürün kalite ve maliyetini etkilemesinin önlenilmesi,
g) Döküm ürünlerinin kalitesini, maliyetini, üretimin işletme verimini ve ekolojiyi iyileştirecek yeni teknoloji, üretim sistemlerini ve makinalarının gelişimini dünyada sürekli izleyerek, yerine göre hemen denemeye alınması

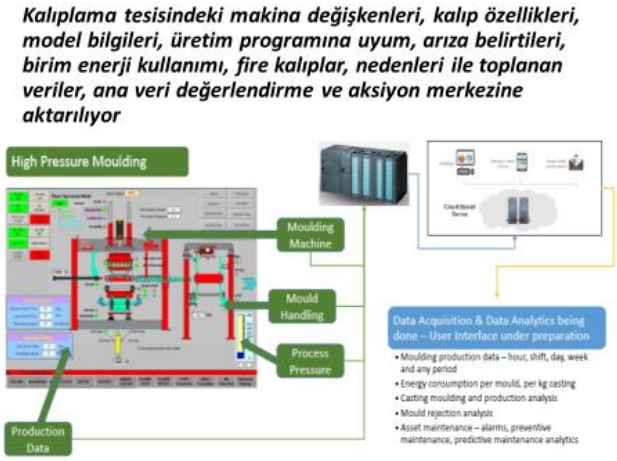
h) Süreç içinde maliyet oluşumunun canlı izlenilmesi. Tespit edilmiş standard maliyetlerin dışına sapma olasılığı halinde ikaz sisteminin devreye girmesi,
i) Makina ve yazılım üreticileri ile sürekli ilişkide bulunularak, çalışma verimini, ikaz sistemlerini, kontrol yeteneklerinin iyileştirilmesi için örnek çalışma,
j) Kum hazırlama sisteminin dökülen parçaya göre otomatik olarak kum parametrelerini ayarlayabilmesi, alt/üst sınırlar içinde tutabilmesi ve verilerin merkezi değerlendirme ünitesine aktarılması. Bu verilerin, kalıp, ocak, maça vs bölümlerinden gelen bilgilerle birleşip, sakat sebeplerinin değerlendirilmesinde kullanılması,
k) Ürün ve model/kalıp dizaynında sayısal ikiz sisteminin her parçada kullanılması.

Şekil 13 : Kalıplama, kum hazırlama, maça ve tamamlama bölümlerinde veri toplama, transferi ve değerlendirilmesi.

Kum ile kalıplama yapan döküm tesislerinde, kum kalitesinin ve kalıplama hatlarına istenilen özelliklerde kum beslenilmesi, kritik süreçlerden birisidir. Bu süreçte gerek işletmeden, gerekse laboratuarlardan veri toplanıp değerlendirilmesi, tesisin verimli çalıştırılması için gereklerden birisidir. (Şekil 14)



Şekil 14 : Döküm tesisinde verilerin toplanılması ve değerlendirmesine Kum Hazırlama Tesisi için bir örnek



Şekil 15 : Kalıplama tesislerinde veri toplanılması

Kalıplama kumu hazırlama tesisinde ana cihazlar ve yan cihazlar arasında kalıplama hattından gelen miktar ve kalıplanan parçanın karakteritiklerine uygun kum

üretimi, bakım ve kalite haberleşme sistemdeki sensor ve PLC'ler vasıtası ile yapılabilmekte, arızalar ve bakım ihtiyacı önceden ikaz edilmekte, kum kalite sapmaları verilen programa göre sistem tarafından düzeltilmektedir. (Şekil 15)

Yaş kum kalıplama sistemleri kendi içlerinde senkronize çalışmalarının ötesinde a)kum, maça, metal bölümleri ile b) üretim planlama, kalıphane ile c) merkezi veri toplama sistemi d) bakım bölümleri ile veri transferi ve paylaşımında bulunmalıdır. Ana özellik makina çalışması, bakım parametreleri, döküm parça ölçülerinin değişkenliği, kalite ve sakatı etkileyen değişkenler, vs., gibi birçok verinin izlenilmesi, limitlere göre durumları, sapmalara müdahele ve verinin toplanıp iletilmesi yeteneğidir. (Şekil 16)

Şekil 16 : Kalıplama ve kum hazırlama tesislerinden veri toplanılması

DÖKÜM TESİSLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 UYGULAMALARINDAN ÖRNEKLER:

B) DEMİR DIŞI METALLER

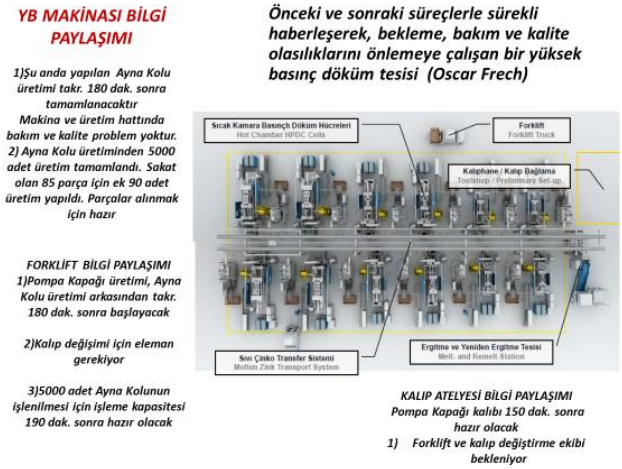
Birçok aluminyum yüksek basınç ve kokil döküm makinası üretici firma, parçaların üretim sürecindeki döküm ocağı, döküm sistemi, yüksek basınç presi yağlayıcı, parça alıcı, çapak alıcı, ütüleme cihazı, transport bandları, X-Ray ünitesi,, otomatik ölçü kontrol gibi aluminyum parçanın üretiminde kullanılan tüm ekipman merkezi bir 'HÜCRE YÖNETİM SİSTEMİ' ne bağlayarak, ürün ile ilgili birçok veriyi toplayan sistemler geliştirmişlerdir. Üretim ile ilgili, toplanan bilgilerin dışında üretim planlarına, sıvı metal ocakları, gaz giderme, modifikasyon, termal analiz sistemleri ile haberleşme, sevkiyat, bakım, yedekler vs., gibi birçok verinin aynı merkezde toplanması ile, üretim verimliliği, maliyetler, sakatlar, vaktinde teslimat, asgari stoklar, vs., gibi hususlar kontrol altında tutulabilmektedir.

Yüksek basınçlı dökümde Endüstri 4.0'ın sonuçları:

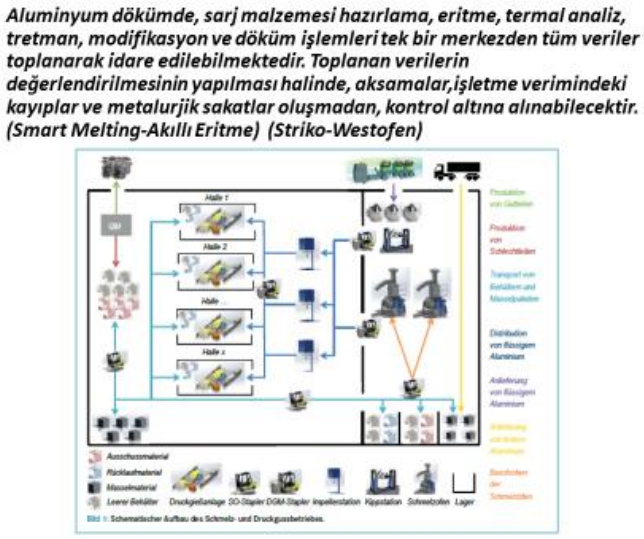
- Süreçlerin kontrolu ve değişkenliklerin azaltılması
- Ürünlerin izlenebilirliği
- Süreçlerin takip ve kayıt edilebilmesi
- Kaynakların etkin kullanımı
- Üretim ve bakım planlamanın etkin uygulanabilmesi. Sürpriz duruşlar yerine, planlı duruşlar. Değerlendirmede, ana tema verimliliktir.
- Ürün kalitesinin önceden planlanabilmesi

Bir çok döküm makinası, eritme ocağı, taşlama ve işleme tezgahı olan ve sürekli bir iş akışına göre düzenlenmiş ve Endüstri 4.0 anlayışına göre yapılanmış bir aluminyum yüksek basınç döküm tesisinde, makinalar birbirleri ile, kalıp atelyesi ile, parça/kalıp/sıvı metal taşıyan forkliftle, işleme/taşlama bölümleri ile ve üretim yönetim merkezi (MRP) ile sürekli olarak internet/bulut üzerinden haberleşerek, bekleme kayıplarını azaltabilmektedirler. Şekil 17)

Yüksek basınç döküm tezgahları, kokil döküm tezgahları, alçak basınç döküm tezgahları ve eritme ve döküm ocakları, parça trim presleri dahil çevre ekipmanlarının çalışma tempoları, işletme verimleri, bakım periyotları, ürün kaliteleri, ve ürün temel maliyetlerinin kontrol altında tutulabilmesi, döküm tesislerinde Endüstri 4.0'ın ilk uygulamalarından bazılarıdır. (Şekil 18)
- Robot kullanımları ile süreçler basitleştirilmekte, güvenli hale gelmekte, tüm veriler sensörlerle ölçülüp, veri bankasına aktarılmaktadır.
- Bakım gerekleri metal soğuması, kalıp soğuması gibi kaliteyi etkileyecek sürpriz arıza ve duruşlar yerine, önceden görülmekte, yedekler vaktinde temin edilip, duruş programı önceden yapılabilmektedir. Yüksek basınç döküm sistemlerinde, hem kendi içlerinde, hem de parçaya uygulanacak yan operasyonlarda tam otomasyon, veri toplanılması, önalıcı bakım, kalite izlenilmesi gibi birçok konuda Döküm 4.0 sistemlerine uyum sağlayabilmektedir.



Şekil 17 : Bir YB üretim merkezinde, makinaların birbiri ile, forklift, kalıp atelyesi, işleme atelyesi, veri toplama merkezi, planlama bölümü ile haberleşerek üretimin optimum şartlarda yapılmasının canlandırılması



Şekil 18: YB Dökümde veri toplama alanları

Döküm süreçlerinin çeşitli evrelerinde, işi basitleştirmek, hassaslastırmak, tekrarlanabilirliğini sağlamak için değişik yeteneklerde robotlar kullanılmakta. Bu işlemlerin tüm çıktıları, ana veri bankasında toplanmakta. Sistemin olanakları dahilinde, birçok sapma, tehlike, değişiklik ikazları otomatik yapılabilmesine ve tesis durdurulabilmesine rağmen, toplanan verilerin, operatörler tarafından ürün kalitesi, tesis OEE'si, bakım gerekliği, maliyet sapmaları açısından incelenip, yorum ve işlem yapılması gerekmektedir.

YB Aluminyum döküm tesislerinde, üretim makinalarından verilerin toplanılması, sensör teknolojilerinin çok gelişmiş olması nedeni ile kolay olmaktadır. Bu veriler intranet/ethernet ile merkezi veri toplama bölümüne aktarılmaktadır. (Şekil 19, 20)

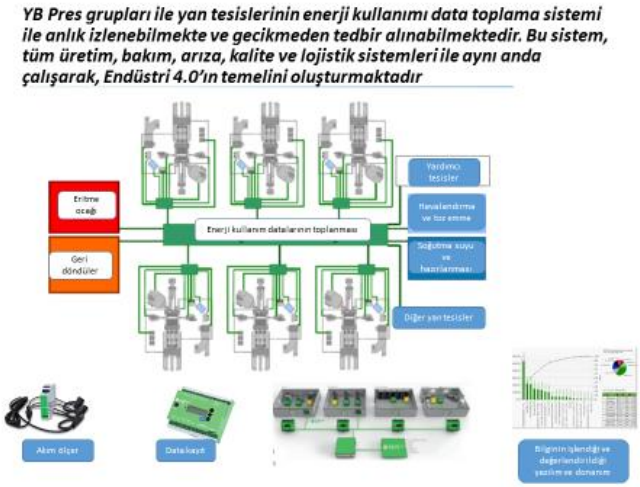
Makinalardan veriler, ölçülmek ve izlenilmek istenilen değişkenlerin bölgelerine konulan çeşitli sensörler vasıtası ile toplanılmaktadır. (Şekil 21)

Bu veriler değerlendirilip, ilgililere akttarılmadığı ve aksiyon alınmadığı taktirde, yapılmış olan çalışma ve yatırımların bir faydası olmayacaktır.

Şekil 19 : YB Döküm makinalarının işletme, bakım, planlama, kalite işlevlerinin sayısal takibi ve veri toplanılması

Endüstri 4.0'ın tam uygulanması ile:

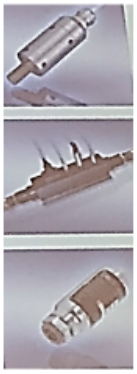
- Bilginin geç gelmesi, hazır olmama, maden/kalıp bekleme, bir sonraki sürece ürünün geç veya eksik gelmesi gibi hususlar
- a) önlenilmekte
- b) önceden haber alındığı için bir sonraki süreçte gerekli tedbir alınmakta
- c) maliyet artışları önlenmekte
- d) aksayan işlemler nedeni ile kalite problemleri yaşanması azalmakta
- e) gecikecek sevkiyat için tedbir alınmakta, gerekiyorsa müşteriye sürpriz olmayacak şekilde önceden bilgi verilmektedir.
- Genelde, toplamda %10-20 maliyet tasarrufu sağlanabilmektedir.



Şekil 20 : YB döküm tesislerinde üretim, bakım, kalite verilerinin toplanarak, süreç yönetimi

Yüksek basınç döküm tezgahlarında, Endüstri 4.0 veri transferi ve değerlendirmesinde kullanılan sensörlerden örnekler

- *Hidrolik basınç sensörü*
- *Kalıp doluş sensörü*
- *Makina gruplarının hareket sensörü*
- *Yağlayıcı akış sensörü*
- *Hava rutubet sensörü*
- *Hava basınç sensörü*
- *Hava miktar sensörü*
- *Soğutma suyu sıcaklık ve akış sensörleri*
- *Kalıp içi gaz miktarı sensörü*
- *Vakum sensörü*
- *Kalıp ve baskı silindirinde metal akış sensörü*
- *Kalıp içinde ve yollukta metal akış sensörü*
- *Kalıp içinde basınç sensörü*
- *Kalıp sıcaklıkları*
- *Döküm fırınındaki sıcaklık*
- *Döküm fırınındaki metal seviyesi*
- *Piston hızı, faz 1, faz 2*
- *Sıkıştırma kuvveti, basıncı*
- *V.b. gibi*



Şekil 21 : Üretim ve kontrol ünitelerinde veri toplayıp, ana veri merkezine bilgi aktaran çok sayıda çeşidi olan sensörlerden bazıları

ENDÜSTRİ 4.0 ve BAKIM

Akıllı ve Ön Alıcı bakım Endüstri 4.0'ın uygulamalarından en önemlilerinden biridir:
a) Cihaz/makinaların durumlarının sürekli izlenilmesi,
b) Önleyici/ön alıcı bakım
c) Yedek parça stok maliyetinde azalma,
d) Ustaların kendi kanaatlerine göre değil, verilerle yönetilen işlemler,
e) Gerekli olan bakım, üretim, kalite bilgilerini toplayıp ileten sensörler,
f) Duruşların azalması,
g) Makina veya süreç aralarındaki stokların önlenilmesi
h) Makina, malzeme ve insan verimliliğinin artması,
i) Esnek ve kısa serili, üretim olanağı,
j) Değişik üretici firmaların makina ve sistemlerinin tek very toplama sistemine bağlanabilmesi,
AKILLI BAKIM ve ENDÜSTRİ 4.0'ın ana kollarıdır. (Şekil 24)

ENDÜSTRİ 4.0 ve BAKIM

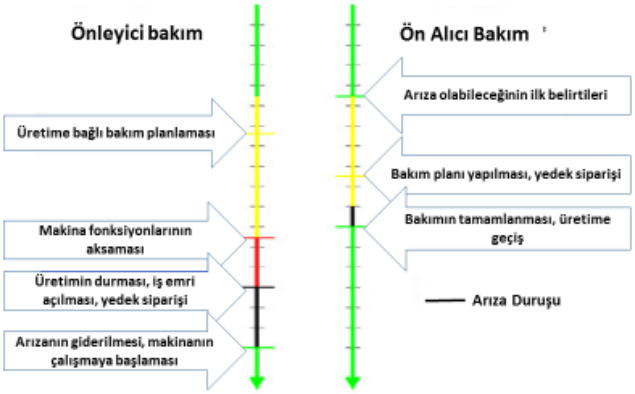
Bakım Evreleri	Açıklama	Döküm tesislerinde kullanım	Etkisi
Arıza Bakımı	Arıza olduğunda tamir	%35	OEE %50 altı
Periyodik Planlı Bakım	Programlı aralıklarla bakım	%40	OEE %50-70
Kestirimci Bakım	Hata oluşabilecek alanlarda önceden bakım	%20	OEE % 75-90
Önleyici/Önalıcı Bakım	Sensörler ve ölçüm araçları vasıtası ile makinanın güvenli çalışma süresinin tespiti, yedeğin hazırlanması ve kırılma olmadan değiştirilmesi	%5	OEE %90 üstü

Şekil 22 : Endüstri 4.0 ve bakım evreleri

ÖNLEYICI/ÖNALICI BAKIM SÜRECI:

1) Makinalar üzerine kuruluşta takılmış olan sensörler veya daha sonra ölçümü istenen konu ile ilgili olarak takılan seyyar sensörler, Wi-Fi ile ana bilgi toplama ünitesine bağlanmakta,
2) Sensörler, tesis çalışırken sürekli veri aktarılmakta,
3) Bu veriler uzaktan takip edilmekte ve daha önceden tespit edilmiş alt-üst kontrol limitleri içinde kalıp kalmadıkları kontrol edilmekte,
4) Biriken veri hazinesi ile tehlikeli alt/üst kontrol limitleri ile eyleme geçme limitleri yeniden hesaplanıp, kullanılmakta,
5) Gelen verilerin eyleme geçme limitlerine yaklaşması halinde, ilgili kişilerin tabletlerine durum ikazı şeklinde iletilmekte, ilgili bu verilere göre eylem şekline karar vermekte ve bakım planlanmakta,
6) Bakım süreci tespit edilerek, üretim programı düzenlenmekte. Yedekler temin edildikten sonra, üretim süresi kaybedilmeden bakım yapılmakta. (Şekil 23). Bu işlemler ve veri ölçüp, aktarmak için, ekipmanlarda da değişiklik yapılması gerekmektedir. (Şekil 24)

Birçok işletmede uygulanan 'Önleyici Bakım' yerine, Endüstri 4.0 veri toplama, transferi ve değerlendirmesi ile çalışan 'Ön Alıcı Bakım' uygulanması arıza duruşlarında önemli iyileştirmeler sağlayarak, işletme verimini arttırmaktadır



Şekil 23 : Önleyici ve bir Endüstri 4.0 uygulaması olan Ön Alıcı bakımın karşılaştırılması

Endüstri 4.0 sisteminin etkin çalışabilmesi için, cihaz ve makinaların çalışma durumları hakkında bilgileri toplayabilecek sensor, valf grupları, elektronik sistemler olmalıdır.
Kontrol ettiği ünitenin durumu hakkında veri toplayıp ana değerlendirme merkezine ileten Servo Oransal Valfler (Basınç, akış mikatarı, sıcaklık, pozisyon, işlem sayısı, kaçaklar, aşınma durumu) (Eaton-FX)

Şekil 24 : Üretim makinalarından veri toplayabilmek için bireysel ünitelerdeki değişim

ENDÜSTRİ 4.0 ve KALİTE SİSTEMLERİ

Makinalar set edilmiş alt-üst kalite parametrelerinden SPC kurallarına göre sapmaya başlamadan ve alt-üst kontrol limitlerini geçmeden önce big data vasıtası ile ilgili kişileri ikaz etmektedir (i-pad, veya telefon mesajı).

Alt üst limitlerin geçilmesi halinde, üretim durdurulmakta, ilgili kişilere bilgi aktarılmaktadır.

Ayrıca, bir önceki makina veya sürece, kendi süreç ve üretiminde kalite nedeni ile duruş yaşandığından üretimlerini durdurarak veya başka bir üretime geçerek gereksiz ara stoklar oluşmaması için ikaz mesajı gönderilmektedir.

Ek olarak, gene bir sonraki sürece veya makinaya kalite nedeni ile üretimi durdurduğunu, ürün gönderemeyeceğini operatöre gerek olmadan mesaj ile iletmektedir. (Şekil 25)

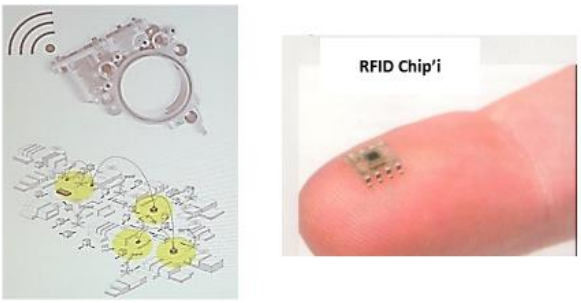
Üretim, kalite, simulasyon dataları tek merkezde toplanıp, üründe oluşmuş kalite değerleri belgeleniyor

Şekil 25 : Kalite verilerinin toplanılması da Endüstri 4.0 sisteminin bir parçasıdır

Sayısallaşmış bazı kalite temini örnekleri: a) Sertlik ölçümünün sayılaştırılıp, verinin data merkezine aktarılarak, değerlendirilmesi, b) Kendi kendine fokuslanıp, fotoğraf çekip, görüntü aktaran, mikroyapı analizi yapan, yüzdeleri hesaplayan ve sırası ile 9 numuneye bakıp, veriyi merkezi sisteme ileten akıllı metalurjik mikroskop, c) Normal x-Ray kontrolunda görülemeyecrek hatalar tomografi cihazında 3 boyutlu koordinatları ve ebadları insan kontroluna gerek olmadan ADR (Automatic Defect Recognition-Otomatik hata tespit sistemi) ile tespit edilebiliyor. Veriler, merkezi sisteme aktarılarak ürün sertifikasyonuna işlenebiliyor. Tespit edilmiş kalite seviyelerin aşılması halinde gerekli ikaz yapılıyor ve üretim durduruluyor.

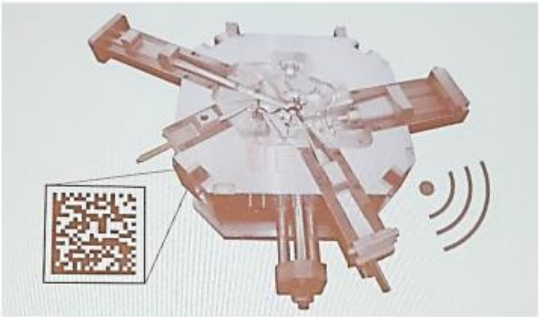
Gerek ürünlerin süreç içinde ve satıştan sonra takibi, gerekse tesiste kullanılan ekipmanın durumlarının izlenebilmesi için RFID chipleri kullanılmaktadır. Buralardan toplanan verilen değerlendiriliğ, süreçlerdeki hatalar düzeltilebilmektedir. (Şekil 26, 27)

Bugün bazı otomotiv ve elektronik parçalarda kullanıldığı gibi, yakında döküm parçalar içinde uygulanabilecek olan, parça bilgi dağarcığı, gördüğü ve bundan sonraki süreçlerde görmesi gereken işlemler, ömür, bakım bilgisi, atık kategorisi gibi bilgiler parça içine gömülü bir çipde bulunacak. Bu data tesis içinde işlemden işleme ilerleyen parça için takip kolaylığı, MRP olanağı, işlem hatası yapılmamasını ve Endüstri 4.0 için temel data girişini sağlamaktadır. Döküm sektöründe bu uygulama bazı aluminyum döküm parçalarda uygulanmaya başlamıştır.



Şekil 26 : Ürünlerin üretim esnasında ve kullanımda izlenebilmesi için döküm esnasında parça içine konan sensörler (RFID)

Kalıplar, modeler, aparatlar ve maça sandıkları üzerinde bulunan çipler (RFID- Radio Frequency Identification) vasıtası ile kalıpların nerede olduğu, bakım bilgileri, hangi makinalara bağlanacağı gibi tüm bilgiler ana bilgisayara aktarılıp, değerlendirilmekte ve hatalı bir işlem yapılması önlenilmekte. (Siemens Simatic RF680T)



Şekil 27 : Kalıpların üretimde, bakımda, stoklamada izlenilmesi için kullanılan RFID sensörleri

ENDÜSTRİ 4.0 ve İŞLEME

İşleme tesisleri de dataların birbirine aktarıldığı, kalite, verimlilik, arıza, makina yükleme bilgilerinin makinalar ve insanlar arasında paylaşıldığı sistemler geliştirerek, rekabet güçlerini arttırmaktalar.

İşleme tezgahları ana data merkezi ile üretim programı alma, bakım, arıza, kalite sapması, işleme programı yükleme, eksilen malzemeler, kesici aşınma durumu gibi bilgileri paylaşıyor

İş akışının daha sürekli olması, yapılan işin sürekliliği ve kendi kendini tekrar etmesi, çevre koşulları, sıcaklık, toz, iş emniyeti açısından güvenli ve kolay olması işleme operasyonu ve bölümlerinde Endüstri 4.0 kavramının daha kolay uygulanabilmesini sağlamaktadır.

ERP işlemleri, malzemenin vaktinde teslimi, iş akışı, kesici, kesici yağı vs gibi girdilerin otomatik sistemlere bağlanabilmesi sistemin bir avantajı.

Japonlar, işcilik maliyetlerinin artması ve en önemlisi nufuslarının artmaması nedeni ile, insansız smart fabrikalar yapıyorlar.

Birçok tezgah üreticisi, makinalarda çok değişik varyasyonlar olması ve müşteri tarafından talep edilmeleri nedeni ile kendi fabrikalarında el emeğini en aza indirecek sistemler kurmaktadırlar. (Okuma DS1-Dream Site 1; Mazak , iSMART Factory) Tezgah üreten tezgahların kombine ve hatasız çalıştırılması ile üretim eski fabrikalarına göre 2 misli artmış.

İşleme tezgahlarında takım hazırlaması ve takımların birbiri ile haberleşmesi, üretim verimliliğini arttırmakta, hataları önlemektedir. (Şekil 28)

Şekil 28 : İşleme tezgahlarında üretim, verimlilik, ürün kalitesi, bakım gibi konuların sayısal olarak izlenip, veri transferi yapan sistemler

SAYISAL İKİZ UYGULAMASI ve ENDÜSTRİ 4.0

İşletme ve şirket içindeki süreçleri, süreçler başlamadan simule edilmesi için SAYISAL İKİZ sistemi uygulanmakta.

-Ürünün sayısal ikizinin simulasyonu yolu ile**,** üretim sürecinin sayısal ikizinin yaratılıp, aksama olabilecek noktaların ekran üzerinde incelenip, tedbir alınması, kalite sistemi ve ürün kalitesinin ikizi vasıtası ile önceden incelenmesi**, maliyet sapmalarının önceden gözlenebilmesi,** ürünü üretecek makina ve techizatın çalışma şekilleri, performansları, arıza yapma olasılıklarının Sayısal İkizleri vasıtası ile önceden izlenip, üretime geçilmeden tedbir alınması mümkün olabilmektedir. Döküm sektörü, bu süreç, etkin olarak kullanarak parçanın dizaynı, çeşitli statik, dinamik, sıcaklık, korrozyon şartlarına uyumunu, dökülebilirliğini parçanın dizaynını kendi yapmakta veya yardımcı olmaktadır. Parçanın, döküm esnasında çekinti, atıklık, mekanik özellikler, metalografik yapı, sakat oluşumu gibi birçok değişkeni önceden simule ederek, kalıp/modellerini dizayn etmekte, en uygun üretim şeklini ekran üzerinde parça ve süreçin 'SAYISAL İKİZ'ni yaratarak, hata ve yüksek maliyetleri önleyebilmektedir.

ENDÜSTRI 4.0 IÇIN DÖKÜMCÜLERE YOL HARITASI

1) Strateji tespiti = Endüstri 4.0 bize gerekli mi? Şirketiniz ve sizin iş hedefiniz nedir?

2) Sektörde öncülük sağlayacak mı? = Rakipler ne yapıyor? Geride mi kalacağım? Sektörde bana yarayacak fırsatlar nedir? Uluslararası uygulamaların takibi. Daha iyi ürün yapmamızı sağlayacak mı?

3**) Hedeflerimize etkisi =** Nerelerde uygulanabilir? Uygulama nasıl olacak? Yeterli insan kaynağımız ve bilgi hazmetme kapasitemiz var mı? Müşterilerimi cezbedecek mi? Daha fazla ve yeni siparişlere almamızı sağlar mı? İnovasyon ve sayısallaşma uygulamalarımızla, rakiplere fark atabilir miyiz? Çalışanlarımızı daha etkin ve sorumlu hale getirmekle, Şirket bağlılıklarını arttırabilir miyiz? Yeni beyinler, bu teknoloji ve bilgi için bize gelirler mi?

4) Parasal katkısı olacak mı ? = Basit fizibilite yapın. Ne harcayacağım, kaç yılda geri gelecek? Daha verimli tesis kullanımı ile maliyet savurganlığımızın önüne geçecek mi? En kolay sonuç alınacak bölümler: İşleme, kalite, bakım ve ergitme bölümleridir.

5) Uygulama:

a) Planlı, kademeli, katılımı sağlayarak başlanılmalı. (Her yere hemen teknoloji yatırımları yapılmasına gerek yok. Pilot uygulamalar ile başlayın)

b) Ara ve son hedefleri tarih, insan kaynağı, finans, acil durum konularını içerecek şekilde belirleyip, takip edin. (Küçük ve hemen sonuç verecek işlemler, hevesi arttıracaktır).

c) Veri inceleme ve yorumlamada uzman olun.Sistemi yürütme yeteneğinde, verileri analiz edebilecek “veri yorumcuları” yetiştirin.

d) Sayısal İkiz (digital twin) sistemini en az birkaç alanda uygulamaya hemen alın.

e) Tesisiniz, teslimatcılarınız ve müşterilerinizde sistemi yürütecek alt yapının oluşturulması, uygulama konuları, harcamaları ve bilgi için devlet desteği verilmesi için kulis faaliyeti yapılmalı. Kuracağınız sistemi teslimatcılarınız, müşterileriniz ve çevredeki diğer paydaşlarınızla ortak kullanıp, tüm akış sisteminde sayısallaşmanın yararlarından faydalanın.

f) Tüm şirket ve tesisler her yönü ile az veya çok sayısallaşmalı, Yenilikler, yeni teknolojiler ve değişimlerin olmaması, mevcut personelin akıl ve düşünme yeteneğini geriletecektir.

NOT: Mevcut ve yeni tesislerde dönüşüm ve uygulamalar için destek veren gerek yerli, gerekse yabancı birçok yazılım, bilişim, sistem sunan firma bulunmaktadır.

Bu dönüşüm için önerilen yol haritaları Şekil 29 ve 30‘da verilmektedir.

Eski/Yeni Döküm Tesislerinde Endüstri 4.0’a geçiş için önerilen prosedür, 1 :

Eylem	Mevcut Tesis	Yeni tesis veya yeni makina
Hangi makinalardan, hangi bilgiler toplanacak	Üretim miktarı, kalite seviyesi, maliyeti en fazla etkileyen kalemler	Mümkün olan en geniş bilginin toplanabilme olanağı. Hangilerinin en kullanışlı olacağına süreç içinde karar verilmesi
Bireysel makinaların sayısallaştırılması, sensörlerle veri toplanır hale getirilmesi	En çok arıza yapan, ana ürünü üreten, takr. 10 yıllık makinalara öncelik.	Her yeni alınacak makinada veri üretme ve aktarım olanağı istenilmeli
Veri aktarımı için Wi-Fi, intranet sisteminin oluşturulması. Ana veri toplama merkezinin oluşturulması, verilerin kolay incelenebilme, yorumlamasını sağlayacak sistemin oluşturulması	Mevcut dahili haberleşme ve bilgi işlem sistemine adaptasyon. Veri toplama ve değerlendirme terminali ve odasının oluşturulması	Tüm verilerin toplandığı, işlenildiği, değerlendirilip aksiyon için ilgili bölümlere aktarıldığı bir merkez oluşturulması

Eylem	Mevcut Tesis	Yeni tesis , yeni makina
Verilerin a) bakım, b) kalite c) üretim, üretim planlama d) ana maliyet kalemlerinin değişimi gibi alt konularda incelenmesi. (Her veri ilgili bölümde toplanabilir. (Örnek: Bakım bilgilerinin Bakım Bölümünde toplanılması)	Öncelik bakım ve işletme verimine verilmeli	Maliyet, enerji, üretim, kalite ve bakım gibi şirketin performansını etkileyen her kalem kademe kademe devreye alınmalı
Verilere göre ilgili bölümlerde aksiyon planı uygulanması (Bakım planlaması, sıvı metalde reçete değişimi, üretim programı ayarlanması	Bilgilerin günlük işletme toplantısında değerlendirilmesi	Tespit edilmiş değerlerden sapmalara anlık müdahale ve ilgililerin bilgilendirilmesi
İşletme değerlendirme toplantısı için özet rapor oluşturulması	Mevcut sisteme entegrasyon	Anlık müdahale yapılıp, önlem alındığı için, sistemin günlük, haftalık performans yüzdeleri, aksiyon ve iyileştirilmesi gereken hususlarını içeren digital rapor
Tüm kaynakların planlanması sisteminin çalışıyor olması	Klasik ‘Kaynakların Planlanması’ ERP sistemi yoksa, kurulmalı	Gelişmiş ‘Tüm Kaynakların Planlanması’ FRP sistemi kullanılmalı

Şekil 29 : Döküm tesislerinde Endüstri 4.0 dönüşümü

SÜREÇ	ÖNERİLEN YOL HARİTASI
Süreçlerin ve makina gruplarının ardışık şekilde çalışacağı otomasyon	İşin en zoru ve karmaşığı. Makina üreticileri, üretim planlamacı, bakımcı, bilgi işlemçilerin beraber çalışmasını gerektiren bir süreç
Bireysel makinaların kendi içinde otomasyonu	İşin en kolayı. Birçok operasyon zaten yeni makinalarda artık standart
Makinaların sayısal eğitimi	Zor işlerden biri. Süreçlerin oluşturulması ve makina otomasyonunda Wi-Fi üzerinden haberleşmenin kullanılması; Veri toplama ve analizi; Eğitimli elemanlara ihtiyaç. Döküm sektöründe ilk uygulamalar: Katı modelleme, simulasyon ile sayısal ikiz yaratılması, ürün dizaynına katkı, hızlı model, prototip yapımı, fotografik kalıp, maça kontrolu, robotik parça taşlama
İnsan kaynakları kalitesinin yükseltilmesi	Zor işlerden biri. Sektörde çalışmayı cazip hale getirip, akıllı beyinlerin cezbedilmesi

Şekil 30 : “Akıllı Döküm” tesisi ve Endüstri/Döküm 4.0 için kilit noktalar

MEVCUT VE ESKİ DÖKÜM TESİSLERİNİN ‘AKILLI TESİSLERE’ DÖNÜŞÜM ZORLUK NEDENLERİ:

- Makinalar birbirinden bağımsız, bireysel çalışmaktadır
- Birçoğunda PLC kontrol sistemi olmasına rağmen, hepsinin programlama dili ve çıktı dataları farklı karakterdedir
- Makinaların çoğu mekanik veya yarı mekanik tipte olup, sayısal/elektronik veri oluşturulamamaktadır.
- Veriler ya oluşmamakta, ya da ‘veya, evet, hayır, açık, kapalı’ sistemleri ile çalışmakta olduklarından, yorumlanacak ve ilerisi için bilgi oluşturacak veri üretilmemektedir.
- Birbirlerinin arkasında çaluışmalarına rağmen, makinalar hem birbirleri ile hem de operatörleri ile konuşmamaktadır. Kalite durumu, bakım ihtiyacı, işletme verimi vs. gibi bir çok veri üretilmemektedir.
- Limit anahtarları veya sensörler olmasına rağmen, bunlar kontrol cihazlarına wi-fi yerinekablo ile bağlıdırlar.
- İsteyen operator parametreleri kayıtsız olarak değiştirebilir.
- Kontrol ve yönetmek için operator makinanın başında olmak zorunda.
- Kayıtlar, formlara elle yazılıyor ve “KÖK” nedenler araştırılmıyor.

Döküm parça ve döküm tesislerinin rekabetciliklerini rakiplere ve başka malzemelere kaptırmamaları için olması gereken gelecek uygulamaları özet olarak Şekil 31‘de verilmektedir.

Döküm parça ve döküm tesislerinin geçmişi, dünü, bugünü ve olması gereken geleceği

Süreç	Geçmiş (50yıl ve öncesi)	Dün (50-20 yıl)	Bugün (20 yıl-bugün)	Yarın (+ 10-15 yıl)
Model/kalıp yapımı	Ahşap veya pik, el yapımı	Ahşap, plastic, metal, mekanik işleme	CAD/CAM	Modelsiz, 3D model veya 3D maça/kalıp
Döküm parça simulasyonu	Tecrübe	Deneme-yanılma	Simulasyon	Sayısal ikiz, süreclerin 3 boyutlu simulasyonu
Sakatlar	Tecrübe	Deneme-yanılma	Tahribatsız muayene ile tespit	Tüm süreçlerin simulasyonu ile fire oluşum nedenlerinin baştan önlenilmesi
Döküm parçada mekanik, fiziksel özellikler	Tahmin, tecrübe	Parçadan numune alma	Çok çeşitli özellikler için numune alıp, raporlama	Oluşacak mekanik/fiziksel özelliklerin simulasyon yolu ile önceden tespit edilmesi
Sürec kontrolu ve yönetimi	Sıvı metal sırları, kalıp içinin bilinmemesi, tecrübe	Süreç kontrolu,	Sürecin yönetimi	Süreci oluşturan tüm değişkenlerin sürekli takibi, sapma halinde vaktinde müdahele

Şekil 31 : Döküm tesislerinin bugünü ve olması gereken gelecekleri

Sektörde, yapılacak olan iyileştirmeler, tesislerin sayısallaşması, verilerin değerlendirilip düzeltme işlemlerinin geçikmeden yapılması halinde elde edilebilecek iyileştirmeler Şekil 32 ‘de verilmektedir. Unutulmaması gereken, bu verimsizlikleri, müşterilere aktarma olanağının bulunmadığı ve döküm tesislerinin kar marjlarından karşılanacağıdır.

Döküm sektöründe maliyeti oluşturan birçok verimsizlik, akıllı sistemlerin etkin olarak uygulanması ile iyileşerek, toplamda %15 maliyet tasarrufu sağlayarak, sektörün rekabet gücünü arttıracaktır

Temel üretim izleme kalemi	Bugünkü ortalama	Akıllı sistemler sonrası beklenen ortalama	İyileşme,
Sakat, % (dahili/harici)	% 5-8	%3-5	Ort %40
Plansız arıza duruşu	%15	%5	%65
Enerji kullanımı, kws/kg	Demir 2.5 Demir dışı 6	1.7 4.5	%30 %25
Yıllık envanter çevrim sayısı	9	12	%30
Yeni ürün devreye alma süresi, ay	Demir: 3 Demir dışı: 4	2 3	%33 %25
OEE	Yarı otomatik: 65 Otomatik: 70	75 80	%15

Şekil 32 : Endüstri 4.0 veya buna yakın veri sistemleri ile döküm tesisleri rekabetciliklerini arttırabileceklerdir

Döküm sektöründe, çeşitli üretim kademelerinde mevcut yönetim ve kontrol sistemleri ile Endüstri 4.0 uygulamaları arasındaki farklar aşağıdaki şekillerde verilmektedir. (Şekil 33)

Üretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi-1

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Ham madde ve malzeme siparişi	Ambar stoklarına göre manuel veya basit bilgisayar programı ile. Genelde eleman etkisinde	Stok seviyesine göre otomatik yapılmakta, ikaz sistemi ile etkin çalışmada. Ürünün planlanması ile malzemelerin yeterlilik kontrolu ve otomatik sipariş açılması. BİLGİNİN ANA MERKEZE İLETİLMESİ ve ANALİZİ
Şarjdaki malzeme analizleri	Sisteme elle işlenilmekte	Ham madde girişlerindeki analizler esas alınarak, receteye göre hesaplanmış olması hedeflenen analizler program ile hesaplanıp, ana sisteme girilmekte
Şarj	Analog tartım ve reçeteye el ile giriş veya bir tabloya sayısal giriş. Manuel yükleme	Maliyet, stoklar ve stoklar açısından optimum şarj olarak hesaplanmakta, yükleme otomatik olarak sayısal reçeteye göre yapılmakta, farklılıklar düzeltilmekte. Kullanılan miktara göre stok düzeltilmesi. BİLGİNİN ANA MERKEZE İLETİLMESİ ve ANALİZİ

Üretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi-2

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Ocak eritme	El ve göz kontrolu ile	Tespit edilmiş enerji girdisine yaklaşılınca ve/veya aşılma eğiliminde sistem ikaz göndermekte. Sıcaklıklar ve analiz otomatik ölçülüp, katkılar otomatik yapılıp, eritme tamamlanmakta. Bilgi bir sonraki sürece aktarılmakta. Enerji kullanımı, eritme, tutma sürelerinin aşılmasında ikaz. BİLGİNİN AKTARILIP, MAKİNA, OPERATÖR ve ŞARJ MALZEMELERİ ACISINDAN İRDELENMESİ
Sıcaklık ölçme, analiz (termal, kimyasal)	El ile ölçüm ve kayıt	Robot veya hesaplama ile yapılmakta. Gerekli katkı veya düzeltmeler, pota reddi/kabulu operatör olmadan yapılmakta ve bir sonraki etaba bu bilgi aktarılıyor. TOPLANAN BİLGİNİN SEBEP/SONUÇ ACISINDAN İNCELENMESİ

Üretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi-3

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Potaya aktarma ve pota işlemleri (Aşılama, tretman)	El ile (aralarda önemli bekleme duruşları) Kayıt: Basılı bir forma el ile giriş	Döküm hattı ile koordineli pota işlemi yapılmakta. Tüm bilgi sayısal kayda geçirilmekte, farklılıklar belirtilmekte Set edilmiş alt üst limitlere göre termal analiz ile yapı kontrolu yapılmakta, katkılar değiştirilmekte. Metal kimyasal, fiziksel ve metalurjik olarak hazır bilgisi ANA MERKEZE aktarılıyor. Aluminyumda ısıtılmış manyetik kanallarla metal transferi yapılmakta. Bu işlem esnasında, metal kalitesine göre 1 veya 2 defa gaz giderme, Sr, tane inceltici katkısı, DI (density Index) ölçümü yapılmakta, metal set değerlerine uygunsa bir sonraki etaba bilgi verilmekte. İŞLEMLERİN VERİLERİNİN SEBEP/SONUÇ OLARAK İNCELENMESİ:
Döküm işlemi	El ile çalışan potalarla	Otomatik döküm hattı. Her dökülen kalıp, yapılan otomatik katkılar, metal sıcaklığı, döküm süresi, adeti kayda geçiriliyor.

Üretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi -4

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Model, kalıp bilgileri	El ile kayıt	Model ve kalıp bilgilerine göre merkezi sayısal sistem tüm makina ayarlarını yapmada ve çıktıları merkezi sisteme aktarmakta Model/Kalıplar önceden bakımları yapılmış, ısıtılmış olarak ve üretimde kullanılacak her malzeme kalıplama ünitesinin yanında üretime geçmeden önce hazır halde. Tüm model/kalıplarda RFID chip mevcut. Baskı adetleri ve lokasyonları izlenebiliyor. AKSAKLIK HALİNDE SEBEP/SONUÇ İNCELEMESİ
Kokil/Kalıp ısıtma	Manuel, formen takibi ile	Kokil/kalıp ısıtma ve soğutma tam otomatik ve vaktinde devrede. Sapmalar halinde üretimin durdurulması, ikazı yapılmakta

Üretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi -5

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Maça, Temizleme, Sevkiyat	İşlemler ve adetler el ile. Kontrol sayım ile. Ürün hazır olduğunda sayım ile sevkiyat	Döküm sonrası işlemlerde de merkezi üretim planlama sisteminin belirlemiş olduğu miktar, süre, verim değerlerine göre üretim yapılıp, neticeler gene merkezi sisteme aksamalar, arızalar, kalitesizlik düzeltmeleri ile aktarılıyor. Program müşteri ile üretim öncesi tespit edildiğinden, belirtilen ambalaj, miktar, zaman ve nakliye aracı ile sevkiyat. Dataların müşteriye ve faturalama servisine sayısal olarak aktarılması. SÜREÇ BAZINDA VERİLERİN İNCELENİP; SEBEP/SONUÇ ARAŞTIRMASI
Bakım	Arıza olduğunda tamir, değişim	ÖN ALICI BAKIM: Arıza olmadan, makinaların sensörlerinden alınan bilgiler, parçaların ekonomik ömürlerine göre tespit edilmiş yenileme süreleri, TPM ve önleyici bakım prensiplerine göre makinaların planlı şekilde durdurulup bakım yapılması. Değişecek parçaların, bu programa göre tam vaktinde temini ve değiştirilmesi. VERİLERE GÖRE GEÇİKME VE BAKIM SONRASI PERFORMANS İNCELEMESİ

Üretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi -6

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Mühendislik/Ürün sahipliği	Müşterinin verdiği resim ve şartnamelere göre üretim	Ürünün konseptinden, son şekline kadar müşteri ile beraber çalışma, geliştirme. Sayısal ikiz anlayışı ile metalurjik, mekanik, fonksiyon, kalite özelliklerinin simulasyonu. YAPILMIŞ SİMULASYONA GÖRE ÜRETİLMİŞ ÜRÜN SONUÇLARININ GERİYE DOĞRU DEĞERLENDİRİLMESİ VE İYİLEŞTİRİLMESİ
Katma değer	Sadece döküm ve ısıl işlem	Bitmiş, kullanıma hazır ürün verme
Kalite Kontrol	Tüm süreç boyunca operator gözü ile, el ile çalışan aparatlar, el aletleri ile kontrol	Sensörlü aparatlar, karşılaştırmalı dijital gözler, ürün tanıma ile operatöre ihtiyaç olmadan set edilmiş kalite değerlerinin kontrolu. Kalitenin üretim esnasında ürün bünyesine montesi. MÜŞTERİYE GİDEN ÜRÜN KALİTESİNİN PERFORMANSININ ÖLÇÜLÜP; GERİ BESLEME YAPILMASI.

Uretim yönetiminde döküm sektörü için mevcut ve Endüstri 4.0 ile üretim yönetimi -7

SÜREÇ	MEVCUT DURUM	ENDÜSTRİ 4.0 ile DEĞİŞEN YAPI
Operatörler	Yeteneklerine göre manuel üretim, takip, makina kullanımıürün sorumluluğu vs gibi birçok görevi üstlenmektedirler	Tüm süreçlerde operator müdahelesi sapmalar olması ve sistemin ikaz etmesi sonucu yapılıyor
Öğrenme	Öğrenme ve sistem iyileştirmesi operatör ve yönetimin heyecanına bağlı	Sistem öğretim miktarı arttıkça, kendi kendine öğrenerek, sapmaları en aza indirebilmekte

Şekil 33 :Sektörde mevcut ve Endüstri 4.0 ile yönetim farklılıkları

Dünya'daki mevcut ve yeni kurulan çeşitli döküm tesislerinde Endüstri/Döküm 4.0' a ilgi geniş olmasına rağmen, kısmen veya tüm resislerinde fiili uygulamaya geçmiş döküm tesisleri:

a) Kurtz-Ersa /Almanya

b) Karl Casper/Almanya

c) Kemptener Giesserei/Almanya

d) GF-Casting Solutions/ Almanya, Avusturya

e) Volkswagen/Hannover-Almanya

f) G.A.Röders GmbH/Almanya

g) Heger-Ferrit /Almanya

h) Schubert & Salzer, Feinguss, Almanya

i) Orthrander Eisenhütte, Almanya

j) Christenguss AG, İsviçre

Türkiye'de

a) Trakya Döküm (Yeni tesis, ön hazırlık)

b) CMS (Yeni tesis, ön hazırlık)

c) Parsan Dilovası (Yeni tesis, ön hazırlık)

SONUÇ:

Döküm sektörü yapısında klasik üretim tarzı hakimiyeti baskındır. Kişinin yeteneği, tecrübesi, el melekesi hala ön planda ve tercih edilmektedir.

Döküm sektörü için, Endüstri 4.0'ın döküm tesislerinde uygulanması bir hayal değildir. Benim tesisimde, bilgisayar bile yok diyen işletmeler hariç, orta ve büyük işletmelerde, bu sistem birçok alanda kolayca uygulanıp, artı sonuçlar elde edilebilecektir.

Döküm, sanal ortamda haberleşme, internet, elektronik birbiri ile hem kolay, hem zor bağdaşabilecek konular olmasına rağmen sonuç alınması gereken bir konudur.

Döküm işinde bu sistem zor diyecek anlayış ile, "elektronik-makina-insan" ortak çalışmasına girilmemesi halinde, bu işe başlamış ve yol almış birçok ülke ve rakip, bizleri geçip, pazarları ele geçireceklerdir.

Endüstri 4.0'ın ana problemi, herşeyin çok iyi planlanması ve değişik yapıda makinalar gerektirmesinden, yeni kurulacak tesislerde çok daha başarılı uygulanabilmesidir.

Mevcut tesislerde ise, iyi bir planlama ile belirli hatlar, bölgeler kademeli olarak bu sistemin avantajlarından yararlanabilmektedir.

Sistem sürekli on-line ve internete açık olduğu için makina datalarına yetkisiz giriş önlenilmeli, PC'lerden korsan programlar makina yazılımlarına bulaşmamalı, müşteriler, siparişler ve üretim bilgilerine dışarıdan korsan giriş güvenlik altına alınmalıdır.

Endüstri 4.0, manuel işlerde hata yapma oranı yüksek olan insanın yaptığı işlerin akıllı ve haberleşen makinalara bırakılarak verim arttırma çalışması olarak 21.YY sanayi sistemi olacaktır.

Sonuçta, emek yoğun ve yeni eleman bulmada zorlanan ve ürün performans beklentileri sürekli artan bir sektör olan döküm işinde de akıllı makinaların kullanılması yavaşta olsa, zaman içinde artacaktır.

Döküm tesislerinde Endüstri 4.0 uygulaması için en uygun alanlar, sırası ile:

a) İşleme tesisleri

b) Maça tesisi

c) Temizleme/taşlama/boya

d) Kalıplama/Kum grubu

e) Döküm/Aşılama/Analiz ayarlama/Tretman

f) Şarj hazırlama/Metal eritimi/Metalurjik kontrol

Özellikle Türkiye'deki ve bir çok dünya döküm tesisi klasik üretim makinaları ile 1980-90 'lı yılların teknolojisini kullanmaktadır. Bu nedenle, mevcut yan sanayici olarak çalışan döküm tesislerinde 'Endüstri 4.0' ve 'Haberleşen Akıllı Fabrikalar' kavramının uygulanması için sistem incelenerek, kademeli olarak uygulamaya geçilmeli ve yenilenecek her makina için İnsan-Makina-Verimlilik opsiyonları tesise dahil edilmelidir.

Tüm bu gelişmeler sadece makinalar ve bilgisayarlar vasıtası ile değil, bu sistemi kuracak ve işletecek insan yeteneği ve kaynağı ile yapılabileceği göz ardı edilmeden, gerekli eğitim sağlanılmalıdır.

Akıllı fabrika uygulamalarının ilk etapta başarılı olması beklenilmemeli.

Buna rağmen yılmamak gerekir.

Döküm sanayi de, üretim sektörünün yapı değiştirse bile vazgeçilemeyen bir parçası olduğundan, hem fabrikalar arasında, hem de alternatif malzemeler karşısında rekabetciliğini koruyabilmek için, Endüstri 4.0/Akıllı Fabrikalar sistemini anlayıp, üretimine dahil etmek zorundadır.

Küçük üretim alanlarında başlayarak, kademe kademe büyümek güven verici bir yöntem. 5-10 yıllık bir alanda, başarılı ve diğer firmalardan farklı bir yere gelineceği planlanmalı.

Yeni nesil ve gelecekteki genç dökümcüler, çocukluklarından beri içinde yetişmiş oldukları sayısal teknolojilere uygun işletmeler kurup, yöneteceklerdir.

Mevcut dökümcüler ise, bu yeni teknolojileri en azından anlamaya çalışmalı ve kısa sürede uygulanabilecek olanlarını geçikmeden devreye sokmaya çalışmalıdır.

Dökümün kullanım yerlerinin zaman içinde değişimi, ekoloji, insan kaynakları, maliyetler gibi birçok dış faktörün etkileri ile kuma, metal kalıba, seramiğe döküm yapmanın yerini, başka üretim teknolojileri almaktadır.

Bu değişimin hızla yaşandığı ihracat pazarlarına önemli ölçüde bağlı olan Türk döküm üreticileri de, bu değişimlerle yarışabilmek ve pazarda kalabilmek için, mevcut üretim tesislerini **"Akıllı" ve Rekabetçi"** hale getirmek zorundadırlar.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR:

1)25 Big Tech. Predictions for 2016, Business Insider Intelligence, Aralık 2015
2) Industry 4.0, Boston Consulting Group, Nisan 2015
3) Robotics Revolution, Boston Consulting Group, Nisan 2015
4) S.Günther, Was Ist Industrie 4.0 für die Giesserei, 16. Druckgusstag, Nürnberg, Ocak 2016
5) M.Tsusaka, 3 Ways for Companies to Succeed in the 4th Industrial Revolution, World Economic Forum, Davos, Ocak 2016
6) Charles Edouard Bouee, Isao Endo; Book, "LFP", Light Foot Print, R.Berger Publications
7) Man and Machine in Industry 4.0, Boston Consulting Group, Eylül 2015
8) E.Geigberger, M.Broy, Living in a Networked World, Acatech, Mrt 2015
9) Visit Industry 4.0, Fraunhofer Institut, 2013
10) A. Botthof, E.A.Hartmann, Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Springer Verlag, 2015
11) 7. Operations Effizienz-Radar, Roland Berger, Kasım 2015
12) J.Hendrik Ast, Zukunft der Arbeit, Bertelsmann Stiftung, Kasım 2015
13) P.Ittermann, Arbeiten in der Industrie 4.0, IG Metall, Haziran 2015
14) R.Glatz, New Era for the Industry, Industrie 4.0, VDMA, Eylül 2015

15) Industrie 4.0 in Practice, Industrie 4.0 Forum, VDMA, Temmuz 2015
16) Geleceğimiz Endüstri 4.0, Lodos Teknik, Robot Kongresi, Istanbul, Ekim 2015
17) Umsetzungsstrategie, Industrie 4.0, VDMA, Zwei, Nisan 2915
18) Digital Manufacturing, McKinsey, Ağustos 2015
19) Industry 4.0, Think Act, Roland Bergeer, 2015
20) M.LaWell, Industry 4.0 vs the Industrial Internet, Industry Week, Temmuz 2015
21) Dialog der Maschinen, Inndustrie 4.0, BDG, Mayıs 2015
22) Smart Foundry, Kurz Ersa, 2015
23) Zukunftsbild "Industrie 4.0", Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2014
24) COO Insights for Industry 4.0, Think Act, Roland Berger, 2014
25) German Road Map Industrie 4.0, DKE Standardization Road Map, Version 1.0, Nisan 2014
26) Die Digitale Transformation der Industrie, Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., 17 Mart 2015
27) Industrie 4.0, Will German Technology Help China Catch Up with the West, China Monitor, Issue 23, Nisan 2015
28) Recommendations for implementing the strategic initiative Industry 4.0, Forschungsunion, Federal Ministry of Education and Research, Nisan 2013
29) Power to the People, Managing Technology in the Workplace, Economist Intelligence Unit, The Economist, Eylül 2009
30) K.Kerber, Industrie 4.0 in der Druckgiesserei, 16. International Deutscher Druckgusstag, Nürnberg, Ocak 2016
31) K.Kerber,, S. Özbek, A.Vanlı, 9th Foundry Congress, TüDoksad, Oct. 2017
31) Y.Günay, Döküm ve Otomotiv; Figes Otomotiv Konferansı, 07.05.2014
32) R.Geissbauer, Digital Factories 2020, Shaping the Future of Manufactoring, April 2017
33) J.Gemma, How Robots Protect the EU in Global Competition, VDMA, Sept. 2016
34) Dr. K.S.Schober, Industry 4.0, Roland Berger, May 2017
35) BCG, Factory of the Future, Dec. 2016
36) M. Kothari, Appliction of Robotics in Foundry Industry, Oppurtunities and Challenges, Sept. 2017
37) R. Capelli, Industria 4.0, La Rivoluzione in Atto, Convegno Amafond 2015, Kasım 2015
38) M. Schenk, S. Leye, Digitalisierung in der Produktion, deutscher Giessereitag, April 2016
39) S.Young, D.Solberg, Industry 4.0 Through the Eyes of Metrology, Foundry Magazine, March 2017
39) D.Heilmann, et.al, Industrie 4.0 in Internationalen Vergleich, Handelsblatt Research Institute, May 2016
40) ABP Induction, Innovation for Sustainability, South African Metalcasting Congress, March 2017
41) M.Dizdarevic, Auf den Weg zu 'Guss 4.0', Giesserei S 62-63, 01/2017
42) Tubitak, Yeni Sanayi Devrimi, Akıllı Üretim Sistemleri, Teknoloji Yol Haritası, Ocak 2017
43) Tusiad/BCG, Türkiye'nin Küresel Rekabetciliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0, Mart 2016
44) Ş.Karakaya, Endüstri 4.0, TC Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Kasım 2016,
45) P.Steinküller, Auf dem Weg zu Stahl 4.0, Stahl 2015 Kongress, Feb. 2016
46) Y.Günay, Endüstri 4.0 Döküm Sanayii İçin Bir Fırsat mı, Yoksa Tehdit mi? 18. IMMC Kongresi, Istanbul, Eylül 2016
47) D.Gates, M.Bremicker, Endüstri 4.0, Yenilgiler ve Gerçekler, KPMG, 2018
48) Platform Industrie 4.0, www.plattform-i40.de
49) Japan I 4.0 Platform, www.usecase.jmfrri.jp
50) Fransız I 4.0 platformu, www.exemles-aif.industrie-dufutur.org
51) H.Banthieu, A.Bode, Der nachhaltige Trend zu Digitalisierung und Industrie 4.0, IFOKi Berlin, 30.12,2016
52) E.Wodarski, V.Avekar, Applying Predictive Analytics, PTC Seminar, August 2018
53) Higher Uptimes with Predictive Analytics, July 2018, Bühler
54) D.Chowdhary, Data Analytics, Next Dimention on Molding Sand Control, 73. WFC, Krakow, Sept. 2018
55) D.Gilson, et.al., Sinter Cast, Industry 4.0 Process Control and Traceability, 73. WFC, Krakow, Sept. 2018
56) Oscar Frech, Disa, Mischenfelder, Fraunhofer Institut, Siemens, Bühler, ABB, Eirich, Sinto, Striko-Westofen, Equotip, iScope, Omega, Fata, Webac, Simpson, Atas, OCC, Foseco, Heraus Elektro-Nite, Inductotherm, Idra, Kuka, Industry Solutions, Baumüller, Flender, Nord, Eaton, Stoorm, Bosch, Mazak, Okuma, Gildemeister, SYMG, MoriSeiki, Merlin, Kurtz-Ersa, Karl Casper, ABP, SinterCast firmalarının yayınları, tebliğleri ve yetkilileri ile yapılan görüşmeler