

Kauçuk sektörü Poka-Yoke uygulaması

Engin Pekin^{1*}, İbrahim Çil²

04.04.2014 Geliş/Received, 20.08.2014 Kabul/Accepted

ÖZ

Bir üretim tesisinde her zaman gözlemlenmesi ve ortadan kaldırılması gereken konuların başında kalite problemleri ve hatalı ürünler gelmektedir. Üretimde insan faktörü ise hatalı ürün ve kalite problemlerinin en önemli kök nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. İlk olarak Toyota'da mühendis olarak çalışan Shigeo Shingo tarafından ortaya atılan Poka-Yoke fikri, insana bağlı hatanın ortadan kaldırılması anlamına gelmektedir. Poka kelime anlamı olarak; dikkatsizlik, dalgınlık, istenmeyen hata olarak dilimize tercüme edilmektedir. Yoke ise; Yokeru kelimesinden türetilmiş ortadan kaldırma, elimine etme olarak tercüme edilmektedir. Bu makalede kauçuk sektöründe yer alan malzeme karıştırma prosesinde aktif olarak uygulanan Poka-Yoke uygulaması anlatılarak, insan hatasının kaliteye etkileri ve bu hataların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: yalın üretim , poka-yoke, kauçuk endüstrisi

A Poka-Yoke application in rubber industry

ABSTRACT

Quality problems and defect products are always issues that have to be considered and eliminated in a manufacturing facility. Human effect in production is considered as one of most important root-cause items regarding defect product and quality problems. The first idea of how to minimize human factor in production has been generated by Shigeo Shingo who is an engineer of Toyota Motor Co. and this idea is named as Poka-Yoke. Poke can be translated as carelessness, absence of mind, undesirable mistake. Yoke is derived from Yokeru and can be translated as remove, elimination. This paper describes human mistakes at mixing operation in rubber industry that causes quality problems and product defect and how to eliminate these problems or defect by applying Poka-Yoke that still running at facility

Keywords: lean production, poka-yoke, rubber industry

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Sakarya - engin.pekin@ogr.sakarya.edu.tr

2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Sakarya - icil@sakarya.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok, işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların, en aza indirildiği üretim sistemine yalın üretim denilmektedir [1].

Yalın üretim tekniklerinin uygulanması; hem kurulma aşamasında yalın düşünce prensipleri kullanılarak tasarlanmak istenen işletmelerde hem de yalın üretime geçişin planlandığı klasik tipteki işletmelerde oldukça önem arz etmektedir. Yeni kurulan işletmelerin başlangıç safhasında, yalın düşünce ile hareket edildiği takdirde, ileride olması muhtemel kayıp olarak nitelendirilebilecek birçok maliyet kalemi ve olası birçok problem en başından engellenebilmektedir. Yalın üretim tekniklerinin işletme içinde benimsenmesi ve uygulanması işletmenin hedeflerine ulaşmasında önemli bir unsur olarak göze çarpmaktadır.

Poka-Yoke, yalın üretim tekniklerinden biri olarak değerlendirilmektedir ve temel olarak insan hatasını engelleyen, ortadan kaldıran mekanik ve elektronik mekanizma olarak tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada kuruluşundan bu yana yalın üretim tekniklerini kullanarak üretim gerçekleştiren kauçuk işletmesindeki Poka-Yoke uygulamalarından bir tanesi anlatılmaktadır. Kauçuk endüstrisindeki en önemli üretim aşamalarından biri, malzeme karıştırma sürecidir. Kauçuk hamurunun standartlara, reçeteye ve arzulan kaliteye uygun olması, nihai ürünün kalitesini ve sonraki süreçlerdeki yarı mamullerin üretim verimliliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle malzeme karıştırma bölümünde, hem hammaddelerin üretim sahasına alınmasındaki hem de karıştırma süreci öncesinde reçeteye bağlı kalınarak gerçekleştirilen tartım operasyonundaki insan faktörü etkisinin minimize edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla karıştırma süreci için tasarlanmış bir Poka-Yoke uygulaması, insan hatası etkisini azaltarak hem kaliteyi hem de üretim verimliliğini arzu edilen seviyede tutabilmektedir.

2. YALIN ÜRETİM VE TEKNİKLERİ (LEAN PRODUCTION AND TECHNIQUES)

Yalın üretim, sistemdeki israfları ortadan kaldırmak ve sürekli olarak sistem etkinliğini artırmak temeline dayanan bütünsel bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. İsraf; Toyota Üretim Sistemi'nin kurucusu Taiichi Ohno tarafından "kaynak tüketen fakat değer yaratmayan bir faaliyet" ya da başka bir deyişle "değer katmayan ama maliyet yaratan bir faaliyet" olarak tanımlanmaktadır. Araştırmacı John Krafcik tarafından yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan

ve hata, maliyet, stok işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların, en aza indirildiği üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır.

Geleneksel üretim ile yalın üretim arasındaki en çarpıcı farklılık asıl amaçlarında yatmaktadır. Geleneksel üretimde sınırlı bir hedef tayin edilmektedir. Bu da, azami sayıda, standardize edilmiş ürünler anlamına gelmektedir. Bu anlayışa göre daha iyisini yapmak, çok pahalıya mal olmaktadır veya insanın doğal yeteneklerini aşmaktadır. Diğer taraftan, yalın üretimde devamlı düşen maliyetler, sıfır bozuk mal, sıfır stok, sonu gelmeyen ürün çeşitliliği vb. gibi kesin bir kusursuzluk hedef alınmaktadır. Yalın üretici bu hedefe ulaşmak için sürekli mükemmellik arayışı ile hareket etmektedir [2].

Yalın üretimin etkin bir şekilde uygulanabilmesi ve arzu edilen faydanın sağlanabilmesi için yalın üretim tekniklerinin işletme içerisinde anlaşılması, uygulanması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Bir işletmede yalın düşünce ve üretim felsefesinin mevcudiyeti yalın üretim teknikleri uygulamalarının çokluğuyla anlaşılmaktadır. Yalın düşünce felsefesini benimsemiş işletmelerde sıklıkla uygulanan yalın üretim teknikleri aşağıda verilmektedir.

1. 5S: Yalın üretimin ilk adımıdır. İşletmede temizliği, düzeni, sınıflandırma, standartlaştırma ve sistemin korunmasını sağlar.
2. SMED: Hazırlık ve kalıp değiştirme sürelerini minimize eden yalın üretim tekniğidir.
3. POKA-YOKE: Kısaca hatayı önlemeye yarayan mekanizmalardır.
4. JIDOKA: Kısaca otonomasyon olarak açıklanabilir.
5. JIT: Tam zamanında üretim şeklinde ifade edilir.
6. HEIJUNKA: Hat dengeleme sistemidir
7. TPM: Toplam verimli bakım, işletmedeki tüm birimler ile yapılan kolektif bir bakım yönetimi şeklindedir.
8. KAIZEN: Sürekli iyileştirme olarak ifade edilen bu teknikte işletmede her zaman iyileştirme yapılması teşvik edilir.
9. TEK PARÇA AKIŞI: Makineler arası parça akışının minimum seviyeye indirilmesi için uygulanan tekniktir.
10. KANBAN: Çekme sistemi olarak da tanımlanmaktadır.
11. U TİPİ İMALAT: Hattaki makineleri U şeklinde yerleştirilmesiyle bir işçinin birden fazla makineyi kullandığı yalın üretim tekniğidir.

3. POKA YOKE

İlk olarak Toyota'da mühendis olarak çalışan Shigeo Shingo tarafından ortaya atılan Poka-Yoke'de Poka kelimesi; dikkatsizlik, dalgınlık, istenmeyen hata ve Yoke kelimesi ise; Yokeru kelimesinden türetilmiş ortadan kaldırma, elimine etme anlamına gelmektedir. İlk olarak Baka-Yoke olarak tanımlanmışsa bile baka kelimesinin aptal, budala gibi anlamlarından dolayı daha ılımlı bir anlamı olan Poka-Yoke ismine dönüştürülmüştür [3].

Poka-Yoke, insanları yaptıkları hatalardan alıkoyan metot ya da alet olarak tanımlanmaktadır. Poka-Yoke adı hiç duyulmamış olsa bile günlük hayatta birçok kişi Poka-Yoke'yi mutlaka en az bir kez kullanmıştır. Örneğin USB kablolarının doğru takılması için üst yüzeyini gösteren işaretler, trafik işaretleri vb. birçok uygulama günlük hayatta kullanılmaktadır [4]. Poka-Yoke, üretim sisteminin hata oluşabilecek kısımlarına oldukça basit hata önleyiciler yerleştirme prensibine dayanmaktadır. Poka-Yoke sisteminde hataların tekrarını ve hatalı ürünün oluşmasını önlemeyi amaçlayan ve süreci sürekli iyileştiren sistemleri kurmak hedeflenmektedir. Hata bir süreçtir ve bunun sonucunda kalitesiz bir ürün ortaya çıkmaktadır [5].

Mal ve hizmet üretimi sırasında insan temelli birçok hata oluşabilmektedir. Günlük hayatın çeşitli bölümlerinde karşılaşılabilecek bu hatalardan bir kısmı aşağıdaki gibi sıralanabilir [6].

- Unutkanlık
- Alışkanlıklardan kaynaklanan hatalar
- Tanımlama teşhis ve hataları
- Amatör hatalar
- Farkında olunan hatalar
- Dikkatsizliğe dayanan hatalar
- Kararsızlığa dayalı hatalar
- Kasti hatalar

Hata önleme kullanımının iyi olduğu yerler:

- Manuel operasyonlarda,
- Kötü pozisyon olduğu yerde,
- Takımların tamire ihtiyaç duyduğu yerde,
- İstatistiksel proses kontrol uygulamalarının zor olduğu yerde,
- Ölçülmeyen yerlerin önemli olduğu bölümde,
- Üretim maliyetlerinin ve işçilik maliyetlerinin yüksek olduğu yerde,
- Karışık model üretiminin olduğu yerde,
- Müşterilerin hata yaptığı yerde,
- Özel nedenlerin olması durumunda.

Hata önleyicinin kullanılmadığı yerler:

1. Yıkıcı testlerin yapıldığı yerde,
2. Üretim hızı olduğu yerde,
3. Kontrol diyagramlarının etkin olarak kullanıldığı yerde [7].

Poka-Yoke, temel fonksiyon olarak üç tipte sınıflandırılmaktadır: [8]

1) Durdurma Poka-Yoke

Bu metotta, Poka-Yoke araçları kritik proses parametrelerini kontrol eder ve tolerans bölgesinin dışında olduğu durumda faaliyeti sona erdirir. Hatalı ürün üretildiğinde veya üretilmek üzereyken her iki durumda da Poka-Yoke aracı hatalı ürünü işaret eder.

2) Kontrol Poka-Yoke

Kontrol metot poka yoke araçları, bir sonraki prosese uygun olmayan ve/veya hatalı ürünleri üretmeyi imkânsız hale getiren süreç ekipmanı veya çalışma parçaları üzerine yüklenen düzenleyici araçlardır.

3) Uyarı Poka-Yoke

Bu metot, operatörü bir şeylerin yanlış gittiğine dair bilinçlendirir. Operatörü sistemin geri beslemeye ve harekete gereksinimi olduğuna dair sinyaller kullanarak uyarır. Aslında bu metot hatanın var olduğunu gösterir ancak % 100 kaliteli ürün üretimini garanti etmez. Genel uyarı metotları ışığın yanıp sönmeye ve alarm kullanımı şeklindedir.

Bir Poka-Yoke uygulamasının gerçekleştirilmesi için şu şekilde bir metodoloji izlenmektedir: [9]

- Problemin tanımlanması,
- İş istasyonunda gözlemlenmesi,
- Fikirler için beyin fırtınası yapılması,
- En iyi fikrin seçilmesi,
- Uygulama planının oluşturulması,
- Uygulamanın devreye alınması,
- Gözlemlenmesi ve sona erdirilmesi

4. POKA-YOKE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW of POKA-YOKE)

Poka-Yoke, ilk kez bir Toyota üretim sistemi alt uygulaması olarak kullanılmış ve günümüzde akademik ve iş dünyası tarafından da yaygın olarak uygulanmaktadır. Poka-Yoke, Japon şirketlerinde sadece ürün tasarımı ve üretim sürecinde değil bunun dışında toplam kalite yönetimi konsepti kapsamında üretim dışı birimlerde de uygulamaları gerçekleştirilmektedir [10]. Batılı şirketler arasında ise, Poka-Yoke uygulamaları diğer kalite iyileştirme tekniklerine nazaran daha az

bilinmektedir [11]. Batı dünyasında Poka-Yoke 'ye olan ilgi eksikliği akademik çevrelerde de gözlemlenmektedir. Poka-Yoke yalın üretim içerisinde çok önemli rol oynamasına rağmen akademik araştırmalarda büyük ölçüde göz ardı edilmektedir [12].

Shingo kitabında Poka-Yoke teorisini şekillendiren 110 Poka-Yoke örneğine yer verilmektedir. Batılı şirketlerde ise Poka-Yoke düşüncesinin yayılması, Productivity Yayınlarının 1997 yılında Shingo'nun orijinal yayınının düzenlenmiş versiyonunu yayınlamasıyla gerçekleşmiştir. Poka-Yoke örneklerinin düzenlendiği bir başka özellikli yayın olan ve NKS/ Fabrika Dergisi tarafından 1988 yılında basılan kitapta ise yüzden fazla Japon tesislerinden derlenmiş 240 adet Poka-Yoke örneği yer almaktadır. Kitap ayrıca Poka-Yoke konsepti ve metodları hakkında bir bakış açısı vermektedir [13]. Poka-Yoke tekniği ve bunun diğer kalite kontrol yöntemleri ile karşılaştırılması üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Bandyopadhyay,1993, Bodine,1993, Chase,1994, Hinckley&Barkanp,1995, Felciano,1995, Henricks,1996, Beauregard,1997, Basser,2014, Miralles,&Holt & Garci& Daros 2012, Patil & Parit& Burali, 2013). Bandyopadhyay, Poka-Yoke'nin esas uygulamalarını ele alarak kontrol ve uyarı limitleri, temas ve değer biçmek gibi fonksiyonları incelemektedir [14]. Bodine, %100 kontrolün, müşteriye hatalı ürün gitmesinin önlenmesi için önemini vurgulamaktadır. Bodine, ayrıca prosesin yavaşlamadan kontrolün yapılması gerektiğini de belirtmektedir [15].

Hata önleyiciler hakkında yapılan ilk çalışmalardan olan Chase'de, hata önleyicilerinde çiftçi benzetmesi ve bazı örnekler tanımlanmaktadır. Müşteriden gelebilen hatalar çiftçi tarafından belirlenmektedir ve müşteri Poka-Yokeleri; hazırlık, karşılaşma ve kararlılık başlıklarını içermektedir. Chase'in çalışmasına göre insan hataları kontrol diyagramları gibi metodlarla belirlenemez [16].

Hinckley M., & Barkanp., kalite kontroldeki birkaç düşünceyi belirtmektedir. Değerleme, hata ve karmaşıklık olan üç kaynaktan gelen uygunsuzluk üzerinde durulmaktadır. Bu kaynakların her biri için bir alet tanımlanmaktadır. Değerlendirme istatistiksel kalite kontrol ve istatistik ile yönetilmektedir. Hatalar Poka-Yoke ile önlenmektedir. Karmaşıklık dizayn boyunca kontrol edilmektedir. Hataların finalden önce önlenmesi için proses kontrolde alet tasarlanmaktadır [17]. Felciano, insan hatalarını, uygunsuz olaylar ve hedeflere ulaşmada aksaklık olarak tanımlamaktadır. Ayrıca Rasmussen'nin SRK çatısını tanımlayarak. "Hataları" ve "kaymaları" belirtmektedir [18]. Henricks, işletme ilişkilerinin olumlu dizaynını belirterek yönetim için hata önleme ile buluşmanın özetini ortaya koymaktadır [19]. Beauregard, hata önleyicilerin esaslarını ele aldığı çalışmasında dört hata önleyici metodu belirtmektedir:

kontrol, kapama, uyarı ve sensör düzenekleri. Kontrol metodları hataları elimine etmektedir. Kapatma metodlar hata oluştuğunda prosesi durdurmaktadır. Uyarı metodları, hata oluştuğunda operatörü veya kullanıcıyı sesli ya da görüntülü olarak uyarılmaktadır. Sensörlü metodlarda ise hata oluşumunda kullanıcı ya da operatörün uyarılması için hattı durdurucu bir engel konulmaktadır [20]. Baseer, K.K., yüksek kalite yazılım ürün ve servislerini hızlı, ucuza ve daha iyi yollarla elde etmek için Poka-Yoke prensiplerinin uygulanması anlatmaktadır [21]. Miralles vd., Poka-Yoke uygulamalarının hayatı daha kolay hale getirmek için tasarlandığını ve hiçbir azalma olmadan çalışan performansını iyileştirdiğini savunmaktadır [22]. Patil vd. Poka-Yoke' yi toplam verimli yönetimde hataları kaynağında sınırlayan bir konsept olarak tanımlamaktadır [23].

Son dönemlerde yayınlanan akademik çalışmalarda farklı iş kollarına ait yayınlar da bulunmaktadır. Tarcisio vd. çalışmalarında, kalite kontrol, iş sağlığı ve güvenliğini tehdit eden risklerin kontrolü gibi konuları incelemektedir [24]. Scyoc ise çalışmasında yine iş güvenliğinde Poka-Yoke uygulamalarını incelemektedir [25]. Grout ve Tossaint sağlık sektöründe yapılan Poka-Yoke uygulamaları ile tıbbi hataları ve maliyetlerin nasıl düşürüleceği ile ilgili bir çalışma ortaya koymaktadır [26]. Robinson ise Poka-Yoke'nin bilişim sektörü içerisindeki uygulama alanlarını göstermektedir [27].

Poka-Yoke uygulamaları özellikle imalat sektörü ve yoğunlukla otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Akademik çalışmalar çoğunlukla imalat ile ilişkili konularda gerçekleştirilmektedir. Ancak hayatın her alanında uygulanabilen bir teknik olması sebebiyle diğer sektörlerde uygulamalar ve buna bağlı akademik çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Bundan sonra da teknolojinin gelişimine bağlı olarak hayatın her alanında, insan hatasını minimize eden, hataları önceden öngören, kontrol edebilen ve hatanın oluşmasını engelleyen uygulamalar ile ilgili yenilikçi akademik çalışmalar yapılması beklenmektedir. Çünkü Poka-Yoke bir yalın üretim tekniği olması sebebiyle her zaman iyileştirmeye ve yeniliğe açık olmaktadır.

5. POKA YOKE KAUÇUK SEKTÖRÜ UYGULAMASI (POKA-YOKE APPLICATION IN RUBBER INDUSTRY)

Uygulama, otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren ve kauçuk menşeli ürün üreten bir tesiste gerçekleştirilmektedir. İşletmede üretim, tesisin kurulumundan günümüze kadar yalın üretim teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu sebeple işletmenin birçok yerinde Poka-Yoke uygulaması

gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalarla, üretimde hata oranları ve ayrıca kaza oranları PPM(Parts per million) seviyesinde tutulmaktadır.

Kauçuk endüstrisinde hangi tip nihai ürün üretilirse üretilsin en hayati operasyon malzeme karıştırma bölümünde gerçekleştirilmektedir. Kauçuk hamurunun imal edildiği bu operasyonda ürüne karakteristik özelliği veren birçok kimyasalın, çok hassas oranlarda eklenmesi ve kauçuk hamuru reçetesine sadık kalınması gerekmektedir. Aksi takdirde sonraki proseslerde ciddi verimlilik ve kalite problemleri ortaya çıkabilmektedir.

Poka-Yoke insan hatasını minimize eden mekanik ve/veya elektronik uygulamalar için yapılan tanımlamadır. Üretim sahasının her noktasında gerektiğinde Poka-Yoke yapılmaktadır. Bununla ilgili birçok uygulama örneği de verilebilmektedir. Bu bölümde ise malzeme karıştırma bölümünün tüm üretim aşamalarında kullanılacak olan Poka-Yoke yaklaşımının nasıl tasarlandığı ve uygulamaya alındığı anlatılmaktadır.

Uygulamanın yapıldığı malzeme karıştırma bölümünde Poka-Yoke sistemi iki temel bölüme ayrılmaktadır:

- 1) Hammaddenin depodan alınması ve boşaltma tanklarına konulması sürecini kontrol eden kanban ile bütünleştirilmiş malzeme tedarik sistemi
- 2) Kauçuk hamuru için hazırlanmış reçeteyi ve reçeteye göre malzemeyi hazırlamayı kontrol eden kanban ile bütünleştirilmiş malzeme hazırlama sistemi.

İki Poka-Yoke sisteminin uyumluluğu sayesinde reçete içindeki tanımlı malzemeler, tanımlanan oranlarda alınarak hem malzemelerin karışması engellenmiş olmaktadır hem de kauçuk hamurunun kalitesi garanti altına alınmış olmaktadır.

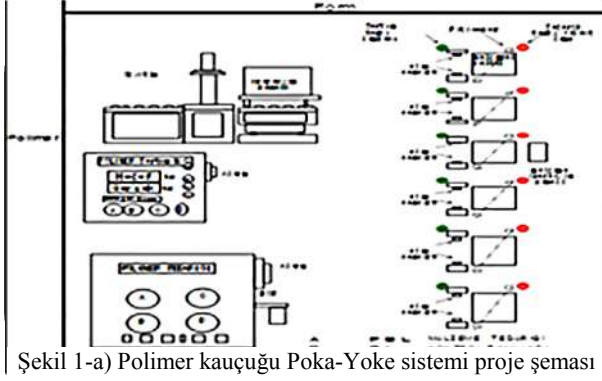
Malzeme bölümünde hammaddeler; kauçuk grubu, karbon grubu, kimyasal grubu, yağ grubu olarak sınıflandırılmaktadır. Aşağıdaki bölümde kauçuk ve kimyasal bölümünde ki malzeme tedariki ve üretim için malzeme hazırlamada kullanılan Poka-Yoke sistemi anlatılmaktadır. Karbon ve yağ grubu Poka-Yoke uygulaması da aşağıda anlatılacak olan uygulama temel alınarak gerçekleştirilmektedir. Genel uygulama mantığı her bir grup için aynıdır ancak malzeme karakteristiğine bağlı olarak farklılıklar bulunmaktadır.

Kauçuk grubunda iki ayrı sistem bulunmaktadır. Kauçuk hammaddesi, balya ya da ufak taneler halinde kauçuk (pellet) olarak da kullanılabilir.

Şekil 1-a’ da balya olarak stokta tutulan doğal kauçuk benzeri kauçuklar türleri için kullanılan Poka-Yoke uygulamasının şeması gösterilmektedir. Malzeme tedariki Poka-Yoke sistemi kauçuk için şu şekilde çalışmaktadır: Kauçuk için ayrılmış alandaki arabaya malzeme eklemek ya da arabadan malzeme almak sadece Poka-Yoke ile entegre barkotlu kanbanın sisteme okutulması ile gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 1-b’de görüldüğü üzere sensor ile kontrol edilen 6 adet kauçuk arabasının mevcut olduğu alan bulunmaktadır.

Üretimde kullanılacak hammadde, malzeme arabasında bittiğinde operatör stok alanına malzeme tedariki için gitmektedir. Bu uygulama genellikle vardiya bitiminde bir sonraki vardiya için gerçekleştirilmektedir. Malzeme tedariki yapılacak ürün, operatör tarafından yedek tedarik arabasına alınarak kauçuk için ayrılmış üretim alanına götürülmektedir. Ön ve arka tarafı açık ancak sensör ile kontrol edilen her bir bölgede, içinde tanımlı kauçuğun bulunduğu malzeme arabası bulunmaktadır. Bu alanın ön tarafında yeşil sinyal veren alarm lambası, arka tarafta ise turuncu sinyal veren alarm lambası aktif olarak yer almaktadır. Malzeme tedariki yapacak operatör, araba üzerinde bulunan kanbandaki ürün resmi ile arabaya tedarik edeceği ürünü karşılaştırmakta ve aynı ise malzeme tedarik butonuna basıp daha sonra barkotlu kanbanı sisteme okutmaktadır. Hammaddenin bulunduğu alanda yanıp sönmeye başlayan turuncu ışık, sadece bu alan içerisinde tedarik yapmaya sistemin izin verdiğini göstermektedir. Operatör tedarik butonuna basarak süreci tamamlar ve tepedeki turuncu ışık söner, bu tedarik sürecinin bittiğinin ve sensörün tekrar aktif hale geldiği anlamına gelmektedir.

Sistem çalıştırılmadan arabanın önden ya da arkadan hareket ettirilmesi, araba hareket ettirilmeden arabadan malzeme alınması veya malzeme konmaya çalışılması durumlarında sensör harekete geçmekte ve hem görsel (kırmızı sinyal veren alarm lambası) hem de sesli olarak uyarı vermektedir. Sistem, ilgili operatör ve hat formlerini uyarmaktadır. Bu şekilde üretim sistemine yabancı madde girişinin ilk aşaması tamamlanmış olmaktadır.

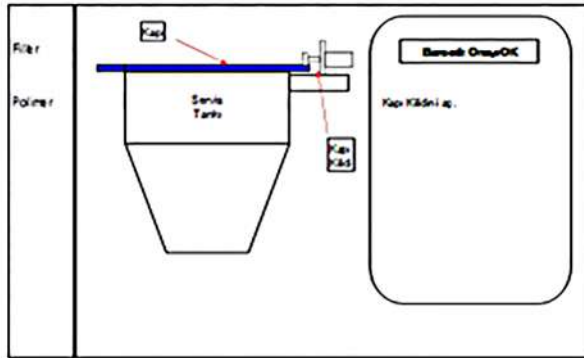


Şekil 1-a) Polimer kauçuğu Poka-Yoke sistemi proje şeması



Şekil 1-b) Polimer kauçuğu Poka-Yoke sistemi proje uygulaması

Kimyasal hammadde ve pellet kauçuk grubu da benzer şekilde Poka-Yoke sistemi ile kontrol edilerek tanklara hammadde tedariki gerçekleştirilmektedir. Şekil 2. ve Şekil 3. de bu malzeme grupları için Poka Yoke sistemiyle malzeme tedariki detayları gösterilmektedir.



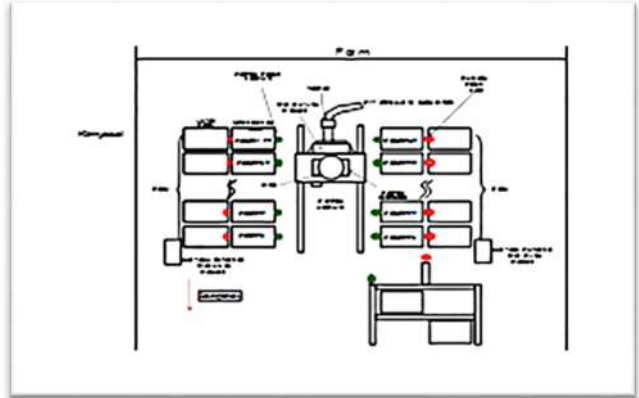
Şekil 2-a) Polimer kauçuk doldurma tank Poka-Yoke proje



Şekil 2-a) Polimer kauçuk doldurma tank Poka-Yoke uygulaması

Poka-Yoke sistemi kullanılarak nasıl stoklandığı Şekil 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Sistemin ikinci aşaması olan karıştırma bölümü tarafından üretilen kauçuk hamurunda kullanılan malzemelerin tartım sürecini kontrol eden Poka-Yoke sistemi ise Şekil 3.' te gösterilen kimyasal grubu Poka-Yoke sistemi üzerinden anlatılmaktadır.



Şekil 3-a) Kimyasal hammadde tartım Poka-Yoke sistemi



Şekil 3-b) Kimyasal hammadde tartım Poka-Yoke uygulaması

Malzeme bölümünde kanban sistemi çalışmaktadır. Poka-Yoke uygulaması ise kanban sistemi ile birlikte entegre olarak çalışmaktadır. Batch kart olarak tanımlanan kanban, üretim planına sokulduktan sonra üzerindeki barkod sisteme okutulması suretiyle poka yoke sistemini aktif hale getirilmektedir. Kauçuk hamuru reçeteleri ve reçetelerde tanımlanmış hamur içeriğinde bulunan hammaddeler önceden ilgili yönetici tarafından sisteme girilmektedir. Kauçuk hamuruna ait kanban üzerindeki barkot sistemde okutulduğunda sistemde o kauçuk hamurunun bileşeni olan tüm hammaddelerin bulunduğu tanklarda yeşil lambası yanmaktadır. Birinci sırada tartım yapılacak olan malzemenin yeşil ışığı ise yanıp sönmektedir. Bu, sistemin sadece o malzemenin tartımına izin verdiğini göstermektedir. Sistemdeki tartım miktarı ± 2 tolerans ile tanımlanmaktadır. Yani örneğin bir kimyasaldan 1000gr alınması gerekiyorsa sistem 980 gr ~ 1020gr aralığında alınmasına izin vermektedir. Eğer 1021 gr alınırsa tartım cihazı üzerinde kırmızı lamba yanarak sistem, operatörün tartım butonuna basıp bir sonraki aşamaya geçmesine izin vermemektedir. Sistemde tanımlanan toleransta tartım gerçekleştirildikten sonra tartım butonuna basılmasıyla tartılan hammaddeye ait yanıp sönen yeşil ışık tamamıyla sönmekte ve yanıp sönen yeşil ışıklar içinden sistemde tanımlı bir sonraki kimyasalın yeşil ışığı yanıp sönmeye başlamaktadır. Bu aşamalar formülde tanımlı tüm kimyasallar ve diğer hammadde grupları için tamamlanmaktadır. Tartım operatörünün, tartım arabasında bulunan hammaddeleri kauçuk hamuru kanban kartı ile birlikte karıştırma makinesi operatörüne vermesiyle tartım süreci, Poka-Yoke sisteminin kontrolünde tartım operatörü tarafından tamamlanmaktadır.

Poka-Yoke sisteminin izin verdiği şekilde tartım operatörü tüm hammaddeleri sırasıyla, sistemin belirlediği miktarlarda, "0 hata" ile üretime hazır hale getirmiş olmaktadır.

6. SONUÇ (CONCLUSION)

Poka-Yoke, bilinen endüstrinin çeşitli sektörlerinde yaygın olarak kullanılan bir teknik olmakla birlikte kauçuk sektöründe malzeme bölümü için Poka-Yoke uygulaması, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerde yaygın bir teknik olarak gözükmemektedir. Daha çok geleneksel tartım ve üretim metodu, yani insan odaklı bir bakış açısı görülmektedir. Bu tarz bir yaklaşımda insan etkisiyle vuku bulan hatalar kaçınılmaz olmaktadır. Bu yönüyle bakıldığında bu çalışma, uygulama yapılan işletmede sistematik ve kapsamlı yalın düşüncenin özünü tam olarak uygun bir Poka-Yoke uygulaması ortaya koymaktadır.

Bu uygulama, proje planlama safhasından üretimde işlerlik kazandığı ana kadar ki dönemde firma personeli tarafından projelendirilmiş tipik bir yalın üretim çalışması olması sebebiyle de firmaya büyük kazanımlar sağlamaktadır.

Üretim hattının devreye alınmasından önce yalın üretim felsefesiyle tasarlanmış bu sistem test edilip hazır hale getirilmekte ve işletmenin seri üretime başlamasıyla birlikte üretimde uygulanmaktadır.

Poka-Yoke uygulamasıyla, tecrübeli, tecrübesiz tüm operatörler sistem eğitimini aldığı andan itibaren hatasız bir şekilde görevlerini yerine getirebilmektedirler ve sonuç olarak operatör kaynaklı malzeme tedarik ve tartım hataları ve buna bağlı kalite problemleri ortadan kalkmaktadır. İnsan hatasına bağlı kalitesizlik oranının sıfırlanması firma açısından önemli bir başarı sağlamaktadır.

Yalın üretim sisteminin en hassas noktası, bütün yalın üretim tekniklerinin birbiriyle ilintili olması ve böylece bir yalın üretim tekniğinin diğer bir teknikle bütünlük bir şekilde kullanılabilmesidir. Tam zamanında, stoksuz üretim için kanban sistemi uygulanmaktadır fakat bu sistemin uygulanması için hatasız, gecikmesiz malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Hatasız ürün üretmek için Poka-Yoke tekniğinin iyi bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Mevcut sistemin aksayan yönlerinin ortaya çıkarılması ve iyileştirilmesi için de kalite çemberleri ve Kaizen anlayışının benimsenmesi gerekmektedir.

Kanban sistemiyle entegre bir sistem oluşturularak, üretime yabancı madde (formül dışındaki tüm hammaddeler de yabancı madde sayılmaktadır) girişini engellemek, üretim zamanını ve operasyonu standart hale getirmek ve aynı zamanda hedeflenen kalitede yarı mamuller üretmek uygulaması yapılan bu Poka-Yoke'nin temel amacını oluşturmaktadır. Gerçekleştirilen bu Poka-Yoke uygulaması işletmedeki yalın üretim tekniklerini daha entegre hale getirmektedir. Yalın üretimin temeli olan israftan kaçınma, zamanında üretim, etkin ve verimli üretim, bu uygulama sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Firmanın yalın üretim hedeflerine ulaşmasında bu uygulama önemli bir aşama olarak gözükmektedir.

Sonuç olarak ülkemizde yalın düşüncenin hayata geçirilmesi adına başarılı bir uygulama ortaya konulmaktadır. İşletme tarafından aktif olarak kullanılıyor olması ve zaman içerisinde kendini geliştirerek devam etmesi sebebiyle de firma adına önemli bir kazanım olmaktadır.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] A. Okur, Yalın Üretim-2000'li Yıllara Doğru Türkiye Sanayii için Yapılanma Modeli, Söz Yayıncılık, 1997, pp. 52-59.
- [2] R. Shah ve P. Ward, "Lean Manufacturing: context, practice bundles and performance," *Journal of Operations Management*, cilt 21, no. 2, pp. 129-149, 2003.
- [3] S. Shingo, *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*, Productivity Press, 1986.
- [4] Greg, "Poka-Yoke you can't go wrong," 2009. [Çevrimiçi]. Available: http://www.thetoyotasystem.com/lean_inventions/poka_yoke-you-can't-go-wrong.php. [%1 tarihinde erişilmiştir 27 03 2014].
- [5] C. Çetin, B. Akın, V. Erol, *Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemleri (ISO 9000-2000 Revizyonu)*, Ankara: Beta Yayınevi, 2001.
- [6] N. Bodek, "Improving Quality by Preventing Defect," *Shimbum N.K. Ltd/Factory Magazine*, Productive Press, pp. 10-11, 1988.
- [7] M. Bay, "Tam Zamanın Üretim Sisteminde Hata Önleyiciler: Poka-Yokeler," *Selçuk Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, no. Yerel Ekonomiler Özel Sayısı, 2007.
- [8] S. Anderson, "Poka-Yoke: Mistake-Proofing as a Preventive Action," *The Informed Outlook Reprint*, cilt 7, no. 3, 2002.
- [9] M. S. D. Dudek-Burlikowska, "The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process," *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, cilt 36, 2009.
- [10] T. Yoshikazu, *In Quality through Engineering Design*, New York: Elsevier, 1993.
- [11] J. Grout, "Production and Inventory," *Management Journal*, cilt 38, no. 3, pp. 33-37, 1997.
- [12] D. Stewart ve J. Grout, "Production and Operations Management," *Production and Operation Management Society*, cilt 10, no. 4, pp. 440-459, 2001.
- [13] A. Zhang, "Wireless Devices Enabled ISD Poka-Yokes," *Proceeding of the 6th CIRP- Sponsored International Conference on Digital Enterprise Technology*, 2010.
- [14] J. Bandyopadhyay, "Poka Yoke systems to ensure zero defect quality manufacturing," *International Journal of Management*, cilt 10, no. 1, pp. 29-33, 1993.
- [15] W. Bodine, *The Trend: 100 percent quality verification*, Production, 1993.
- [16] R. Chase, "Make your Service fail-safe," *Sloan Management Review*, pp. 35-44, 1994.
- [17] M. Hinckley ve P. Barkan, "The role of variation, mistakes and complexity in producing nonconformities," *Journal of Quality Technology*, cilt 27, no. 3, pp. 242-249, 1995.
- [18] R. Felciano, "Human Error: Designing for Error in Medical Information Systems," *Stanford University*, 1995.
- [19] M. Henricks, "Make No Mistake," *Entrepreneur*, pp. 86-89, 1996.
- [20] M. Beauregard, *The Basics of Mistake-proofing*, New York: Quality Resources, 1997.
- [21] K. Baseer, "A new Framework to Achieve High Quality in Large Scale Software Product Development Using Poka-Yoke Principles," *International Journal of Engineering Development and Research*, 2014.
- [22] C. Miralles, R. Holt, J. Garcia ve L. Daros, "Universal design of workplaces through the use of Poka-Yokes: Case Study and implications," *Journal of Industrial Engineering and Management*, cilt 4, no. 3, pp. 436-452, 2011.
- [23] P. Patil, S. Parit ve Y. Burali, "Poka Yoke: The Revolutionary Idea In Total Productive Management," *International Journal of Engineering and Science*, cilt 2, no. 4, pp. 19-24, 2013.
- [24] A. Tarcisio, J. Ribieiro ve G. Vidor, "Framework for assessing poka yoke devices," *Original Research Article Journal of Manufacturing Systems*, cilt 31, no. 3, pp. 358-366, 2012.
- [25] K. Scyoc, "Process safety improvement-Quality and target zero," *Original Research Article Journal of Hazardous Materials*, cilt 159, no. 1, pp. 42-48, 2008.
- [26] J. Grout ve J. Toussaint, "Mistake-proofing healthcare: why stopping processes may be a good start," *Original Research Article Business Horizons*, cilt 53, no. 2, pp. 149-156, 2010.
- [27] H. Robinson, "Using Poka-Yoke Techniques for Early Defect Detection," *%1 içinde Sixth International Conference on Software Testing Analysis and Review*, 1997.