

Verimsizlikleri önlemek

Ian San Agustin ve Ijaz A. Rauf

**BİR ÜRETİCİNİN YARIİLETKEN
SİLİKON PLAKALARIN
KESİLMESİ SÜRECİNİN,
MALZEMENİN TRANSFER
ÖZELLİĞİ İLE OPTİMİZE
EDİLMESİ.**

Yarı iletken üretimi en zor üretim yöntemlerinden birisidir. Ham silikadan paketlenmiş entegre devreye (IC) doğru giden süreç, çok çeşitli ve türde ekipmanlar ile bir çoğunun temiz odada gerçekleştirildiği yüzlerce adımdan oluşmaktadır. Tüm testleri geçmiş ve kullanıma uygun hale getirilmiş ürünlerin oranına bağlı olan verim, kontrolü çok zor olan birkaç faktöre bağlıdır. Değişkenliklerin karmaşıklığı, yalıtımı ve azaltılması gibi tam Altı Sigma'ya uygun bu görev aslında inanılmaz derecede zor bir görevdir.

Yarı iletken endüstrisinde Altı Sigma araçları; tutarlılık, öngörülebilirlik ve nihayetinde süreç sonuçlarının uygunluğunun sağlanmasında artan seviyede kullanılmaktadır. Bir çok yarı iletken firması, birbirine bağlı olarak gelişen yüksek kontrol, optimum performans ve artan verimlilik

gibi değerli kazanımlar elde ettikleri Altı Sigma uygulamalarından memnundur.

Bu makalede, Altı Sigma'nın yarı iletken üretimi yapan bir firmadaki uygulamasında özellikle silikon plakanın kesilmesi sürecindeki verimlilik ve gelir artışı sonuçları sergilenecektir. Bu son adım, silikon plaka üretiminde, üretim miktarını ve toplam verimi belirleyen en kritik süreçtir.

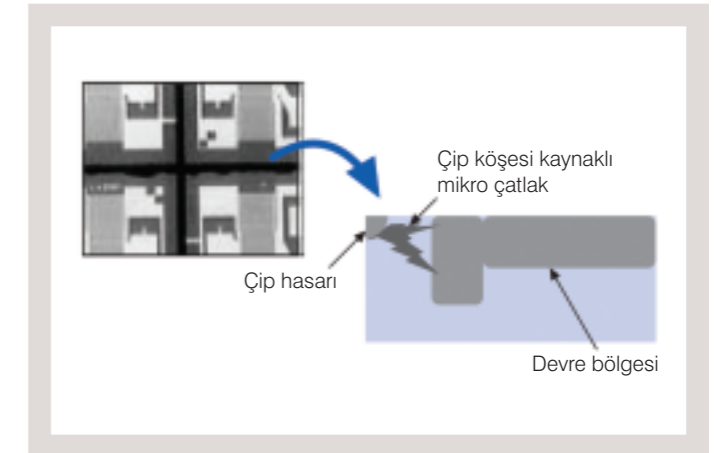
En Uygun Yaklaşım

Üretici, birbirini peşi sıra takip eden ve bunlardan en çok verimi sınırlayan silikon plakanın kesilmesi sürecini de içerecek şekilde genellikle %65'lik verim ile yürütülen toplu süreçlere sahip olarak yapılmıştır. Her bir toplu süreçte 25 adet 6 inch çaplı her biri 10,000 yarı iletken kalıbı içeren silikon plakalar işlenmektedir. Bu verimi sınırlayan süreç, Altı Sigma'nın tanımlama, analiz etme, geliştirme ve kontrol (DMAIC) yaklaşımlarının sürecin optimizasyonunda olduğu kadar operasyonun veriminin de artırılabilceğini gösterecek mükemmel bir fırsat sunmaktadır.

Silikon plaka kesimi sürecinin amacı, işlenmiş silikon plakalardan alınmış her bir kalıbın yaklaşık sayısının belirlenmesidir. Sürecin bu aşamasındaki düşük verim bir önceki aşamadaki silikon plaka üretimi tesisinin daha fazla üretim yapması gerektiğini gösterir ve bu sayede silikon plaka kesimi sırasında elde edilen düşük kaliteli malzemenin kopmanzasyonu ile verimin yine %65 seviyesine çıkartılması sağlanır. Sürecinin optimizasyonu ile düşük kalitenin yarattığı maliyetler düşürülecek ve silikon plaka üretiminde hattın kapasitesi planlanacaktır.

Fazın Tanımlanması

Durumun ilk değerlendirmesinde hata modunun, yarı iletken kalıbının kenarlarında; çip hasarı ya da kenar fraksiyonlarının olduğu belirlenmiştir (şekil 1).



Şekil-1: Entegre devrenin üstten basitleştirilmiş kesit görünüşü

Çip hasarlarının oluşumunun kaynağı; fiziksel kalıbin çatlatması ya da üretim sürecinin sonundaki bölünmeler olabilir. Montajda ya da saha uygulamasında mikro çatlaklar, entegre devre kalıbının devre bölgesine zarar verebilir. Bu son kontrolde elektriksel hatalara ya da saha uygulamasındaki güvenilirlik hatalarına neden olabilir.

Sürecin ilk incelemesi operasyonunda istatistiksel süreç kontrolü (Statistical Process Control-SPC) ve data-izleme sistemleri; silikon plakası kesme aracının çalışılan-kesik-genişliği (kesicilerin malzeme üzerinde kesici genişliği kadar bıraktığı aralık) ve çip hasarı gözlem kamerası sayesinde yer alabilmiştir. Her ne kadar çip hasarları gözlenebilse de sürecin tanımlanmış spesifikasyonları bulunmamaktadır. Tartışma bu nedenle, ürün mühendisliği ile çip hasarı için uygun spesifikasyonların belirleneceği bir üst seviyeye taşınmıştır.

Tablo-1: Optimizasyon öncesi ve sonrasında çip köşesi değerleri

Metrik	Optimizasyon öncesi (Şekil 2)	Optimizasyon sonrası (Şekil 16)
Anlamlı değer (mean)	0,4935	0,304
Standart sapma	0,092	0,067
Cpk	0,02	0,97
ppm	471,959	1,932

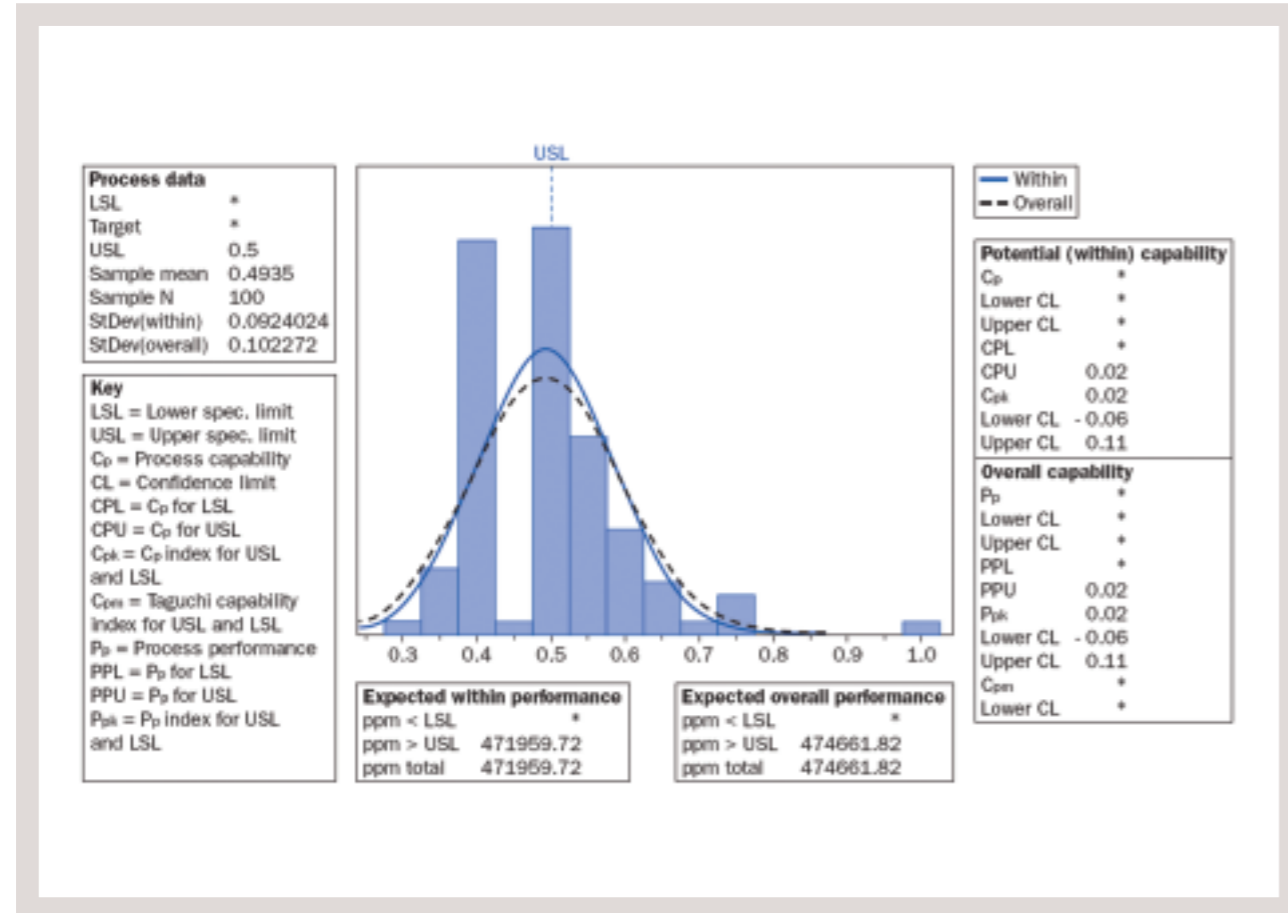
Çip hasarları için ürün mühendisleri tarafından yapılan tasarımda çip hatası üst spesifikasyon limiti olarak 0,5mm belirlenmiştir. Ana hat verileri toplanmış ve şekil 2'deki histogramda gösterilen çip hatası datası ile yeni belirlenen spesifikasyon karşılaştırılmış ve süreç performansının anlık bir görüntüsü verilmiştir. Bu anlık görüntü, çalışmanın başlangıç noktası olmuştur.

Tanımlama fazı ve veri kıyaslaması fazı sırasında ayrıca iki farklı -silikon plaka kesici- tekerin montajı operasyonu yürütülmüştür. Görece yeni olan orijinali, operasyon sürecinde eskisi ile değiştirilir. Hali hazırda orijinali üzerinde incelemeler devam ederken, bir diğer silikon plaka kesicisinin takılması ile operasyon sürdürülür. Bu gözden geçirme, teker montaj düzlemine monte edilmiş tekerin durumunun yarattığı etkinin derinlemesine ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır. Sonuç histogramı çift modlu olarak şekil 2'de gösterilmiştir.

Ayrı ürün performans çalışmaları doğrulamıştır ki kalıp çatlakları ya da üretim sürecinin içerdiği bölünmelerden kaynaklanmayan çip hasarları 0,5 milimetrenin altında kalmaları halinde ürün güvenilirliğine etki etmemektedirler. Bunun korunabilmesi için USL, süreç için çalışma zarfı olarak tahsis edilmelidir. Çalışmanın amacı bu aşamada şeklen tanımlanmıştır;

- Çip hasarına etki eden süreç faktörlerini anlaşılması.
- Mümkün olan en az çip hatası için olası en hızlı sürede, en iyi faktör değerlerinin bulunması.
- Çip hatalarının USL 0,5 mm değeri için sürecin optimize edilmesi.

Şekil-2: Optimizasyon çalışmaları öncesi çip köşesi histogramı (%99 güvenilirlik kullanılarak).



ALTI SİGMA ARAÇLARI YARI İLETKEN ENDÜSTRİSİNDE, SÜREÇ ÇIKTILARININ TUTARLILIĞI, ÖN GÖRÜLEBİLİRLİĞİ VE NİHAYETİNDE DE OPTİMALİNİ SAĞLAMAK İÇİN ARTAN BİR ŞEKİLDE KULLANILMAKTADIR.

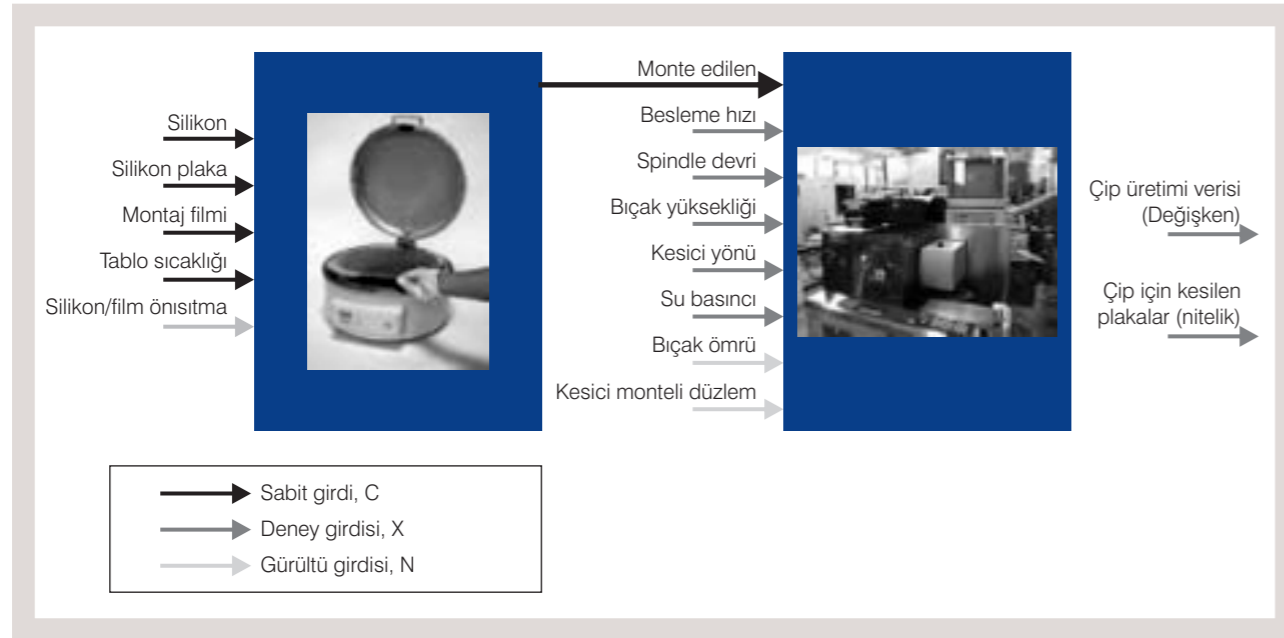
Ölçme Fazı

Ölçme fazında öncelik, silikon çip kesicinin üzerindeki süreç-içi çip hasarı görüntüleme kamerasının ölçme hassasiyetinin ve doğruluğunun belirlenmesidir. Bu amaçla tekrar ayarlanabilirlik ve tekrar üretilebilirlik (GR&R) çalışmaları yürütülmüştür.

Silikon plaka üzerinde boydan boya, tanımlanmış bir aralık miktarında sekiz paralel kesik yaptık ve kesicisi içinden aldığımız silikon plaka ile kesiciyi, aynı kesicileri ölçümler için kullanacak olan iki operatöre verdik. Ayrıca aralıkları bir program aracılığı ile her operatörün silikon plakayı içine yüklediği bir cihaz içinde çalıştırdık ve kameradan gözlemleyerek optik olarak ölçülen her ölçümü not aldık. Bu çalışma için her iki operatör de bu uygulamaları iki kez gerçekleştirdi. Bu GR&R çalışmasının sonuçları Şekil 3'te sunulmaktadır. Elde edilen %1'den az bir katkı ve % 10'dan az bir çalışma varyasyonu ile, Automotive Industry Action Group standartlarına göre süreç içi gözlem kamerasının ölçüm kabiliyeti kabul edilebilir düzeydedir ve bundan ötürü de bu çalışma için uygundur.

Şekil-3: GR&R çalışmaları

Gage (R&R)			
Kaynak	Hesaplanan değişkenlik (VarComp)	Yüzdellik katkı (VarComp'un)	
Toplam Gage R&R	0,0000108	0,09	
Tekrar edilebilirlik	0,0000108	0,09	
Tekrar üretilebilirlik	0	0	
Operatör	0	0	
Parçadan parçaya	0,0120832	99,91	
Toplam varyasyon	0,0120940	100,00	
Kaynak	StdDev (SD)	Çalışma Varyasyonu (6 * SD)	Yüzdellik Çalışma Varyasyonu
Toplam Gage R&R	0,003288	0,019731	2,99
Tekrar edilebilirlik	0,003288	0,019731	2,99
Tekrar üretilebilirlik	0	0	0
Operatör	0	0	0
Parçadan parçaya	0,109923	0,659541	99,96
Toplam varyasyon	0,109973	0,659836	100



Şekil-4: IPO/CNX Diyagramı

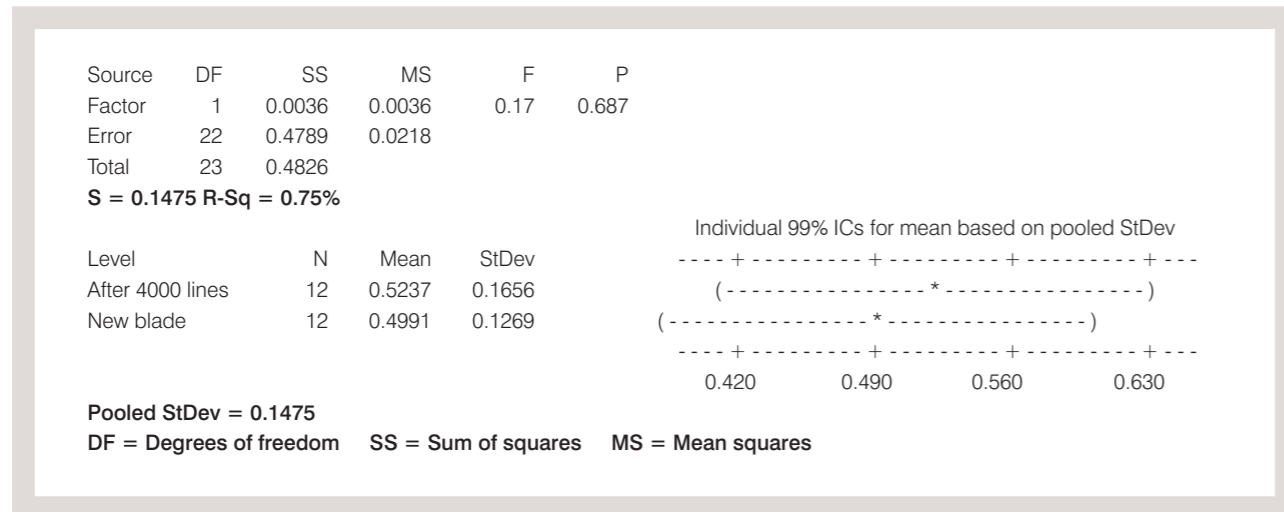
Analiz Fazı

Girdi süreç çıktı (GSC) ve kontrol, gürültü ve deneysel değişkenler (KGD) ile ilgili bir diyagram giriş ve çıkış parametrelerini ve aynı şekilde onların süreç içindeki karakteristiklerini kurmak üzere oluşturulmuştur. GSC/KGD diyagramı Şekil 4'te gösterilmektedir.

Diyagram silikon plaka testeresi sürecini etkileyebilecek olan iki gürültü girdisi tanımlar. Bu çalışma için iki gürültü girdisi bıçak

ömrü ve disk yuvalama düzlüğüdür. Bizim bu öğeleri gürültü olarak tanımlamamızın nedeni onların belirgin biçimde doğal aşınma eğilimi göstermeleridir. Koşulların sıkı bir şekilde kontrol edildiği normal bir üretim sürecinde, bu iki değişkenden birinin sürecin doğasını etkileyip etkilemeyeceğinden emin değildik. Bundan dolayı, onları gürültü girdisi olarak tanımladık ve etkilerini doğrulamak üzere süreci sürdürdük. Bu

Şekil-5: Yeni bıçak ile eski bıçağın ANOVA'sı (4,000 kesim sonrası)



bağlantıyı çözebilmek için, her gürültü girdisi etki düzeylerine göre geçerliliği denetlenmiştir.

Gürültü girdisi validasyonu: Bıçak ömrü

Bir varyasyon analizi türü (ANOVA) ile iki set halindeki kesici bıçağın yeni ve 4,000 kesimden sonra oluşturduğu çip hatalarının bıçağın toplam kullanım ömründeki değerlerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Hipotez testi %99 güvene dayanmakta iken sonuçlarımız alfa riskinin sadece 0,01 olduğunu göstermektedir;

- Hipotez 1 : Yeni bıçak = kullanılmış bıçak
- Hipotez 1 : Yeni bıçak ≠ kullanılmış bıçak

Anovanın sonuçları şekil 5 içinde gösterilmiştir.

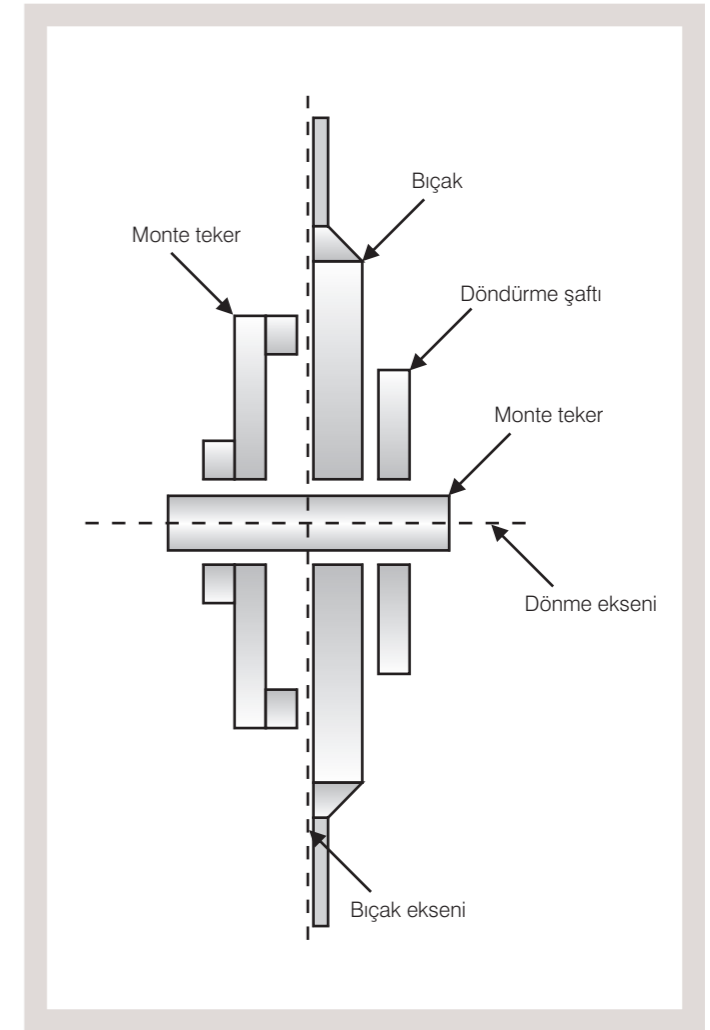
$P=0,687 > \alpha \text{ riski}=0,01$ olduğu için hipotez testi 1 iki data setinin istatistiki olarak belirgin olmadığını göstermektedir. Bu nedenle eski ve yeni bıçak kullanımının etki seviyesi düşüktür.

Gürültü girdisi validasyonu: Disk montajının düzgünlüğü

Disk montajı yuvalaması ve düzletilme kontrollerinin normal olarak bıçak ekseninin sürekli olarak dönme eksenine dik ve en yüksek performans ile kesme işleminin tamamlanması için yapıldığı şekil 6'da gösterilmiştir.

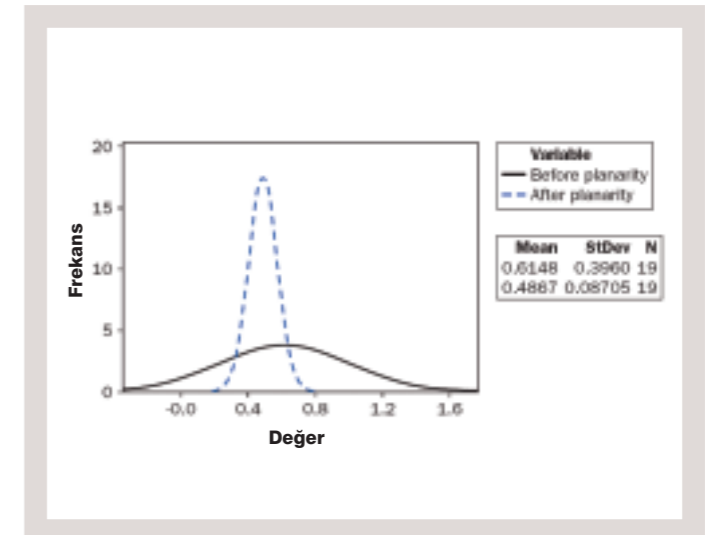
Zaman içinde yüzey bıçağın arkası ile kontak haline geçerek toz ve parçacıkları toplayarak bıçağın eğilmesine neden olabilmektedir. Bu bıçağın salıntısına ve kesme süreci etkinliğinin düşmesi ile bıçak yükünün artmasına neden olmaktadır. Bıçak yükü de çip hasarını arttırmaktadır.

Bir çok silikon plaka kesicisi üreticisi kullanım kılavuzların da disk montaj yuvalaması sırasında biriken atıkların alınmasının iyi sonuçlar vereceğini belirtmektedir. Bu prosedür çok sık

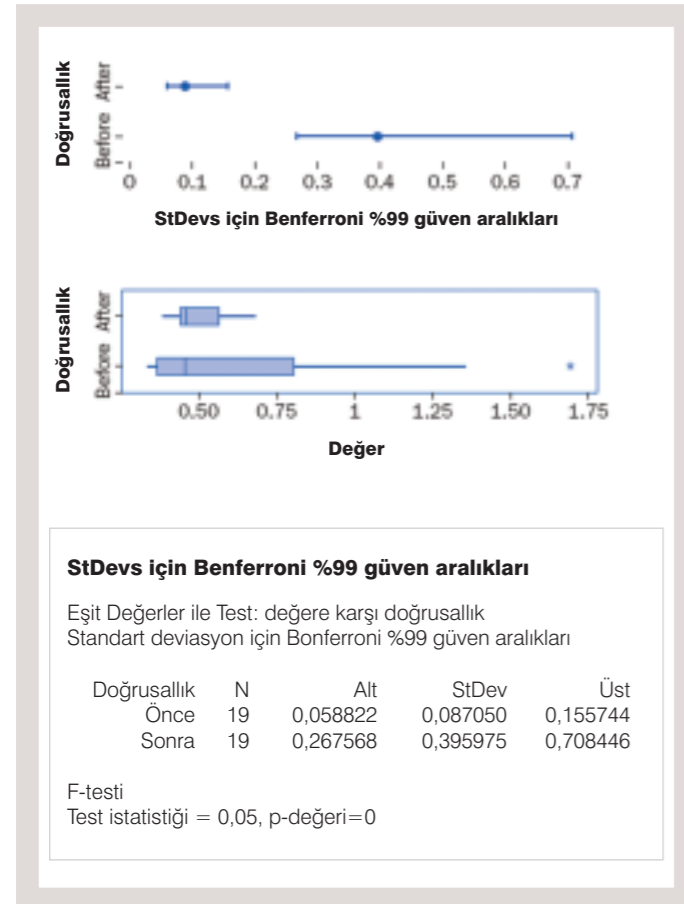


Şekil-6: Kesim süreci diyagramı

Şekil-7: Değer (yuvarlatılmış dağılım) karşılaştırması



BU ÇALIŞMA YARI İLETKEN ÜRETİMİNDEKİ KRİTİK BİR SÜRECİN İYİLEŞTİRİLMESİ İÇİN ALTI SİGMA ARAÇLARININ NASIL KULLANILDIĞINI GÖSTEREN MÜKEMMEL BİR ÖRNEKTİR



Şekil-8: Eşit değişkenler ile test doğrusalığının öncesinde ve sonrasında test

Şekil-9: Değerlendirmeye alınan girdiler

1	Besleme oranı	İnch/saniye (IPS)	0,1	1
2	İğ devri	Dönüş/dakika (RPM)	20,000	40,000
3	Soğutucu suyun akış hızı	Litre/dakika (LPM)	1	2
4	Bıçak yüksekliği	Mil	1	3
5	Kesme yönü	-	Arka	Ön
6	Ön ısıtmalı silikon plaka	-		Evet

uygulanmamakla beraber uygulayıcı kişiler tarafından da gözle görülür bir iyileştirme olmayacağı düşünülmektedir. Bunun sonucunda iki set halindeki çip hasarı verisi disk yuvalaması öncesinde ve sonrasında alınmıştır. Sonuçlar 7. Şekilde gösterilmiştir.

Her iki veri seti de istatistiksel araçlar ile karşılaştırılarak belirgin olarak çip hasarlarının, disk yuvalaması ve düzeltilmesi sırasında alınan verinin bu çalışmadan önce alınan ile karşılaştırılması sonucu düşme şeklinde olmadığı yönündedir. Test eşit değişkenlerin veri setleri ile yapılmış ve sonuçlar şekil 8'de gösterilmiştir.

Bir başka hipotez testi %99'luk güven seviyesinde (ya da alfa riski 0,01 olduğunda) yapılmıştır. Alternatif ve boş hipotezler aşağıdadır;

- Hipotez 1 : Yeni bıçak = kullanılmış bıçak
- Hipotez 1 : Yeni bıçak ≠ kullanılmış bıçak

$P=0,000 < \text{alfa riski}=0,01$ olduğu için çıkarım hipotez 1'in reddetmekte ve veri setlerinin varyant sonucunun istatistiksel olarak farklı olduğu sonucunu çıkarmaktadır. Bu nedenle etki seviyesi yüksek ve disk yuvalama alıştırmaları araç bakım periyotları sırasında yapılmalıdır.

GİRDİLER VE DENEY TASARIMI

2 gürlütlü girdisini inceledikten sonra, IPO/CNX diyagramında belirtilen diğer girdi faktörleri Deney Tasarımı yöntemleri kullanılarak değerlendirilebilir. Girdi faktörlerinin listesi ve bunların düşük ve yüksek seviyeleri Şekil 9 da gösterilmiştir.

Burada listelenen faktörler, ürün ve tasarım mühendisleri tarafından beyin fırtınası yöntemi ile IPO/CNX aracı kullanılarak ortaya konulmuş olan ve sonuç almada etkili olduğu düşünülen süreç girdileridir.

Deneyin tasarımı yapılırken 3 farklı yaklaşım kullanıldı:

1. 2^6 Tam Faktöriyel Deney- 64 deneme her deneme için 2 tekrar
2. 2^{6-2} Çeyrek Kesirli Deney- 16 Deneme her deneme için 3 tekrar
3. Taguchi L12 Görüntüleme Deney Tasarımı- 12 Deneme her deneme için 4 tekrar

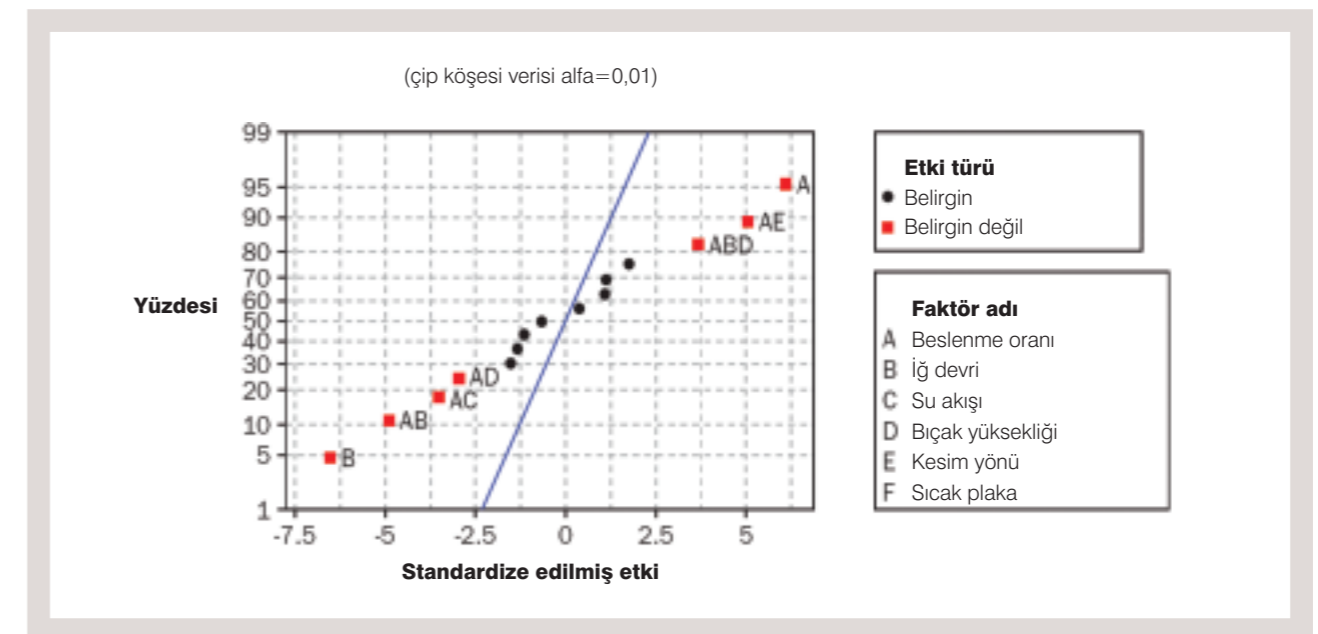
Tam faktöriyel deney seçeneği maliyetinin yüksek olması ve silikon devre levhası testeresinin kısıtlı bir zaman diliminde kullanılabilecek olması nedenlerinden dolayı elendi. Geri kalan 2 seçenek içerisinde takım, 2^{6-2} Çeyrek Kesirli Deneyi seçeneğini uygulamayı tercih etti. Bu tercihin sebebi ise çeyrek kesirli deneyde uygulanacak olan yöntemin, işi yapan ekip tarafından daha kolay anlaşılacağı ve benimseneceğinin düşünülmüş olmasıdır.

Deney Tasarımları arasında bu seçeneği seçmenin temeli, maliyet olarak ortaya çıkan kısıtlı ekipman kullanım zamanı ve işi yapacak olan teknisyen ve mühendislerin deney uygulamasına katılımının zaman bakımından kıt bir kaynak olmasıdır.

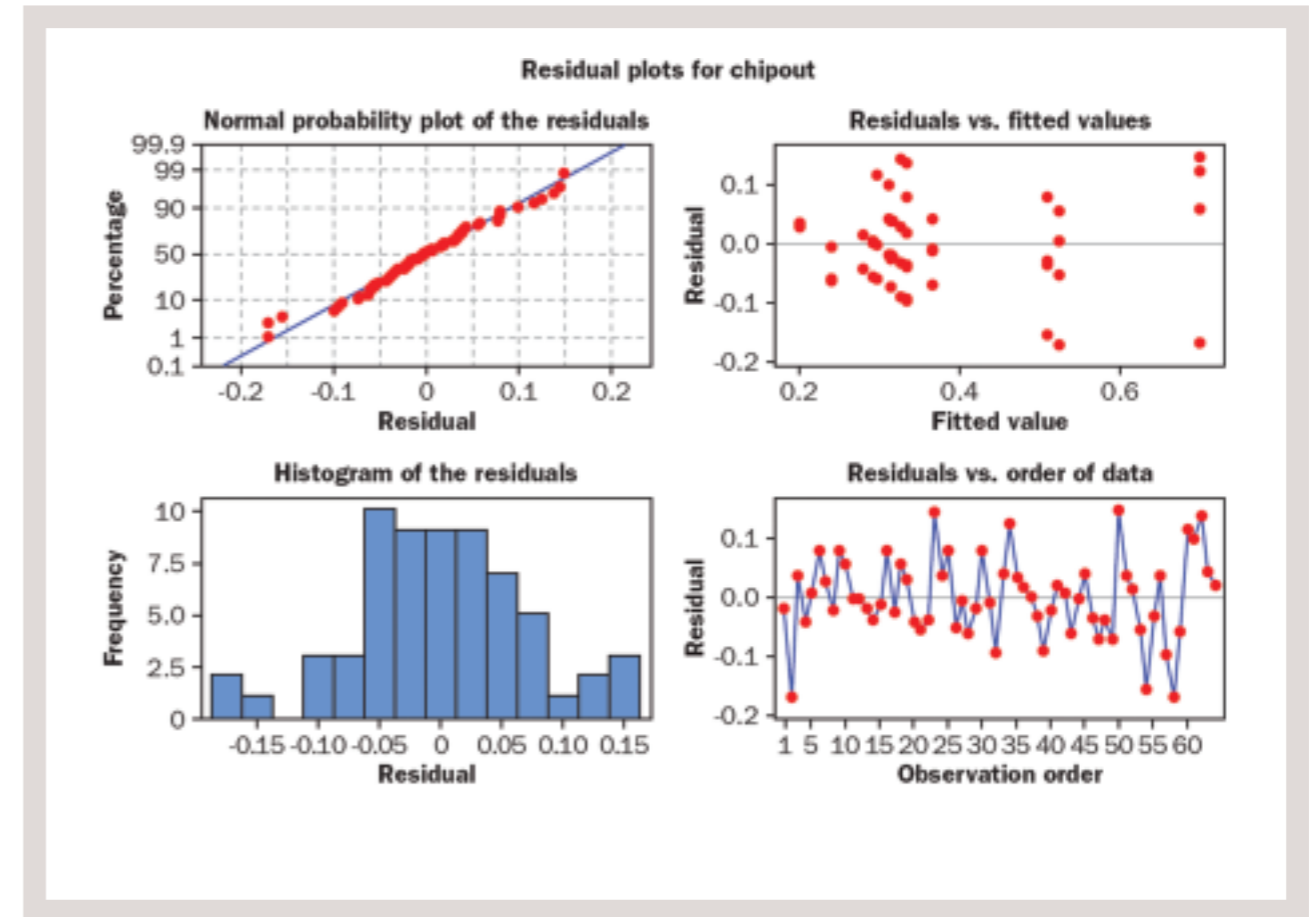
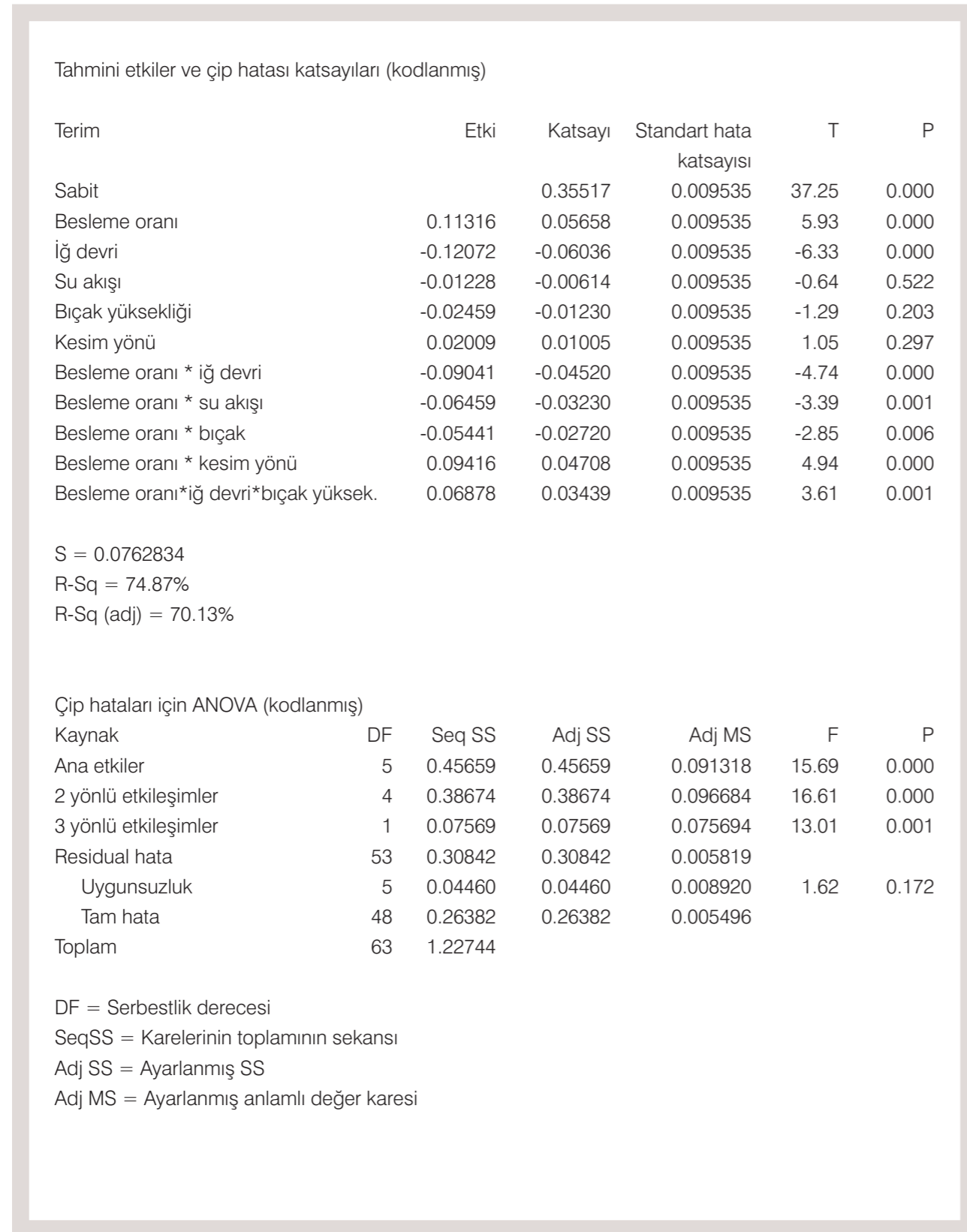
Bu seçeneklerden farklı olarak 32 denemeli ve 2 tekrarlı bir yarı kesirli deney yapmak da mümkündür. Fakat ekip üyeleri, faktörler arası pek çok etkileşimin kendi tecrübelerine göre etkisiz olduğunu düşünerek çeyrek kesirli bir deney yapmayı tercih etti.

Bunun yanında "26-2 Çeyrek Kesirli Deney- 16 Deneme her deneme için 3 tekrar" bir deneyde toplam 48 deneme yapılırken yarı kesirli ve 2 tekrarlı bir deneyde toplam 64 denemeye gerek duyulması daha fazla malzeme, kaynak ve zamana ihtiyaç duyulması anlamına geliyordu.

Şekil-10: Çip köşesi dağılım grafiği



Şekil-11: Çip hatası DoE ve rezidüel analiz

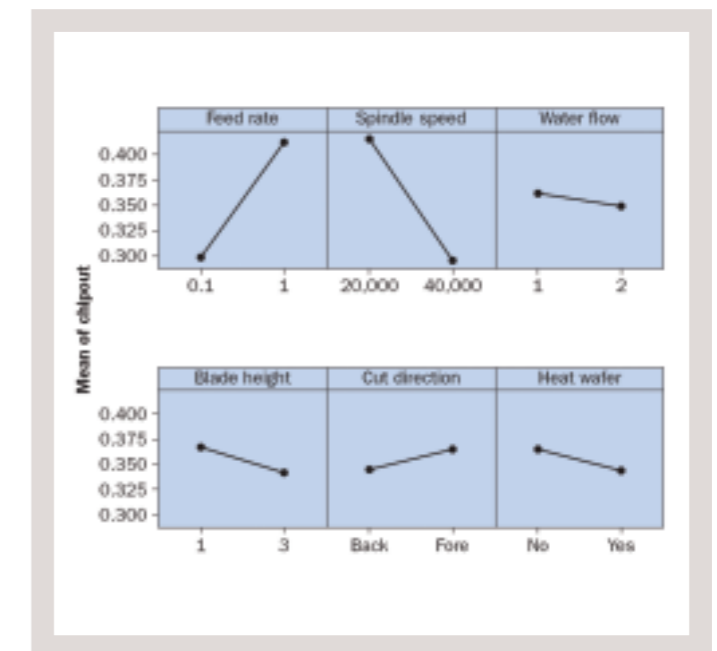


Deneyin Gerçekleştirilmesi ve Analizi

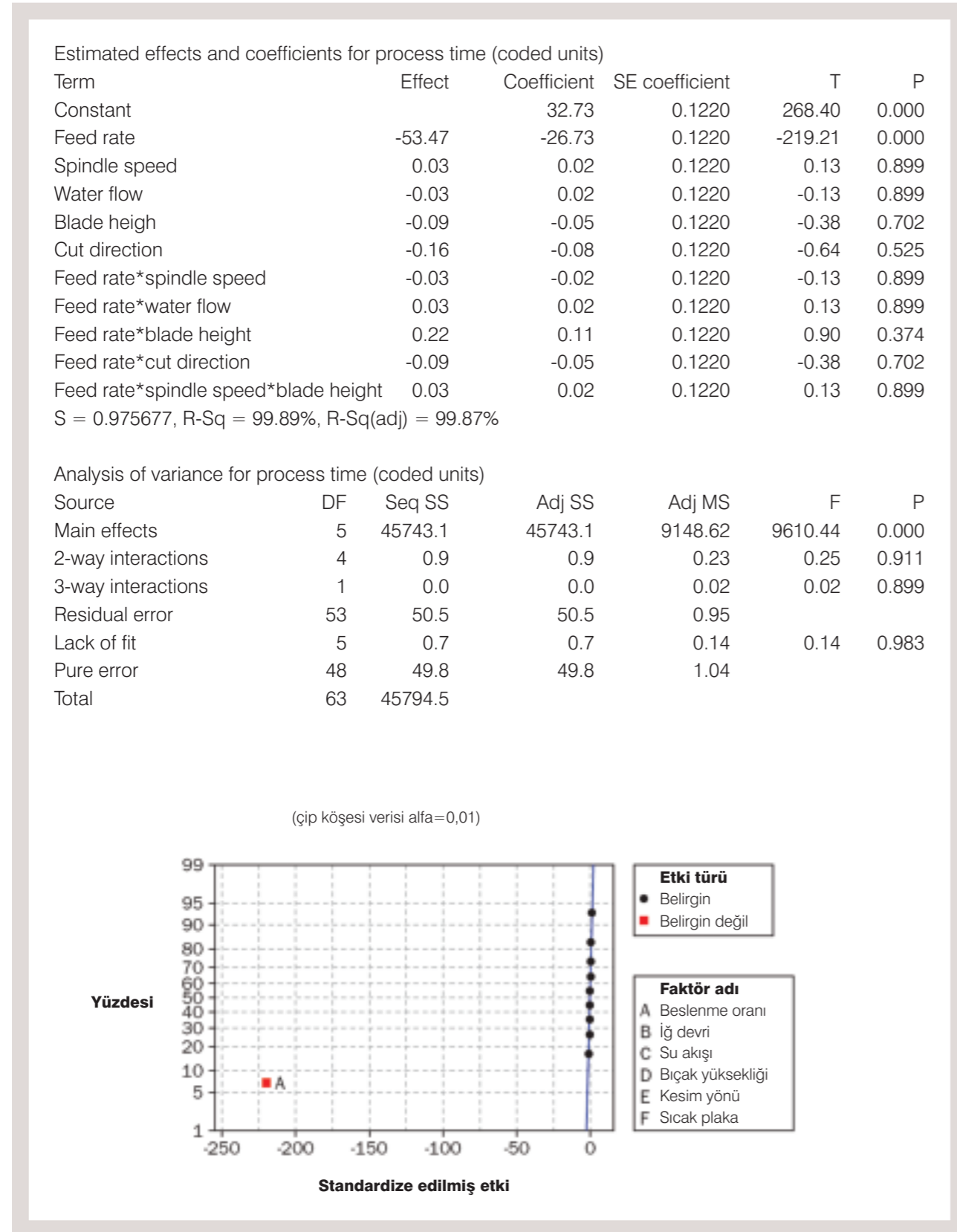
Deney Tasarımı çalışması çapak ölçümleri ve proses zamanını gözlemleyerek gerçekleştirildi. Figür-10 da gösterildiği gibi ilk iterasyon analizinde çapak çıkışında etkisiz pek çok faktör ortaya çıktı ve sonraki denemelerde bunlar analizden çıkarıldı. İkinci iterasyon analizi bu etkisiz faktörler olmadan gerçekleştirildi ve bunun sonucunda süreç için etkili faktörler belirlendi. Analize ait diğer istatistikî ve artıklar ile ilgili bilgiler Figür-11 de gösterilmiştir.

Ortaya çıkan bu regresyon, R2 ve düzeltilmiş R2 değerlerinin birbirine çok yakın olması ve R2 değerine bakarak çıktıdaki değişkenliğin yaklaşık %75 'inin elimizdeki model ile tahmin edilebilir olmasından ötürü ekip tarafından kabul edildi.

Şekil-12: Çip hatası ana etkiler grafiği



Şekil-13: Süreç zamanı DoE ve normal olasılık dağılımı



Figür-12 de gösterilen Ana Etki grafiğinde faktörler arası etkileşimler görülmesine rağmen çapak çıktısı etkilenen 2 ana faktörün besleme hızı ve mil eksen hızı olduğu belirlenmiştir. Diğer ve daha az etkili olan faktörlerin modelden çıkarılmamasının sebebi bu faktörlerin besleme hızı ve mil eksen hızı faktörleri ile olan etkileşimlerinin çıktı üzerinde halen etkili olmasıdır. (Figür-11 e bakınız)

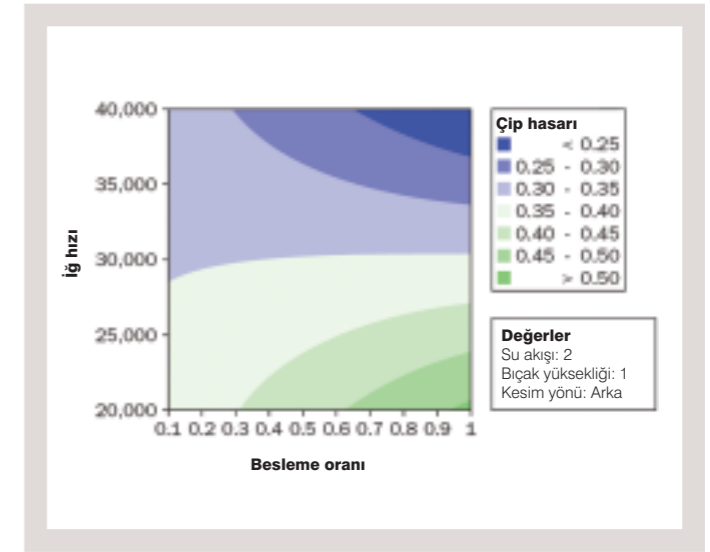
Sonuçları incelemeye devam edersek, modelde kalan diğer faktörlerin (2'li ve 3'lü etkileşimler) F-istatistiği değerleri bunların modelde olmalarını gerektirecek kadar yüksek çıktığını görüyoruz. Buradaki F istatistiği değerlerinden birinin modele uyma eksikliği görüyoruz. Bu durum da modelden çıkarılan etkisiz faktörlerden kaynaklanmaktadır. Aslında bu değer Deney tasarımının bütünselliğini bozacak kadar büyük de değildir. Deneye ait Normallik Grafiği Figür-13 de verilmiştir.

Analiz sonucunda proses zamanını etkileyen tek faktörün besleme hızı olduğu açıkça görüldü. Bu durum Olasılık grafiğinde ve son modelde besleme hızı faktörünün p-değerinin sıfıra yakın çıkmasından da görülebilir.

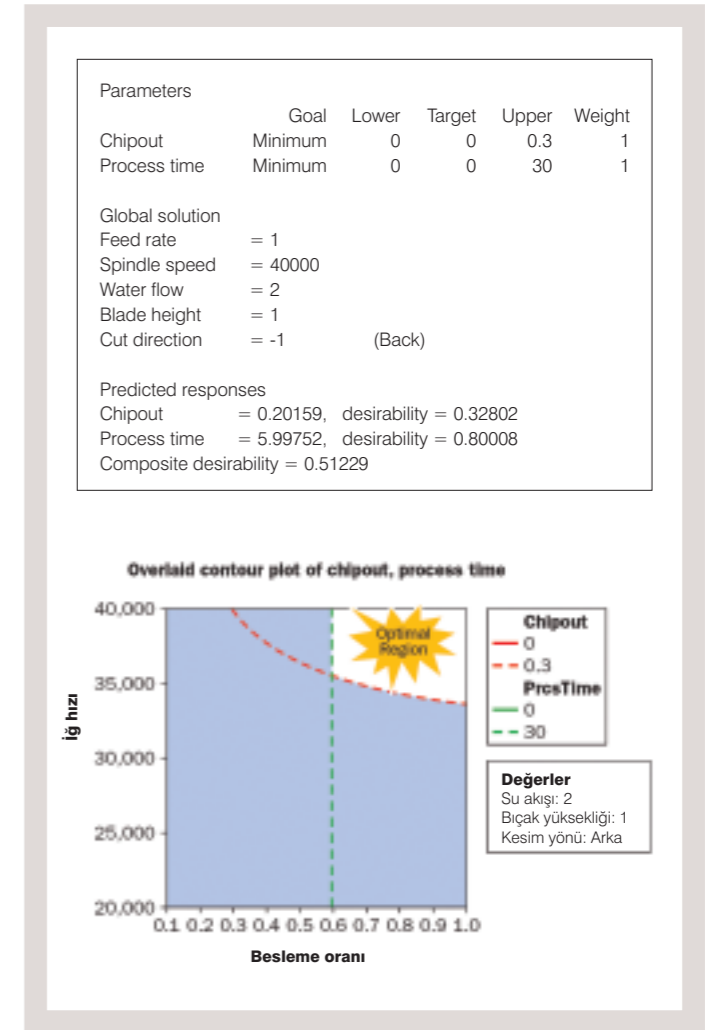
Model Optimizasyonu

Başarılı bir şekilde uygulanan bir DOE uygulamasının avantajlarından biri de kontur grafikleri oluşturarak sürecin optimal performansını verecek girdi parametrelerinin belirlenebilmesidir. Dönme hızı ve besleme hızının kesişimini gösteren kontur grafiği Figür 14'de gösterilmiştir.

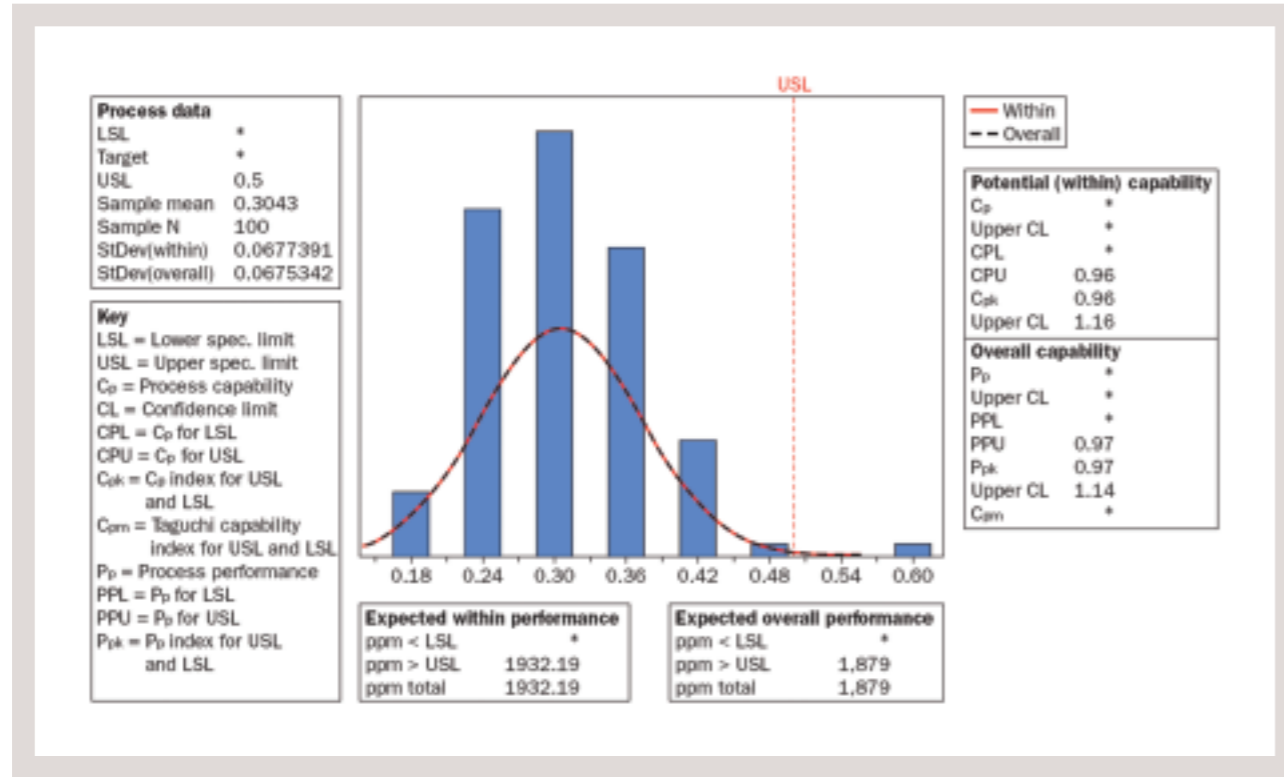
Kontur grafiği Dönme hızı ve besleme hızının en yüksek seviyelere getirildiği durumda en düşük çapak oranını göstermektedir. Bu ayarlar cevap yüzeyinde uygulanmış ve sonuçlar Figür 15'de gösterilmiştir. Sistemde etkili faktörler için elde edilen çözüm çalışmanın optimum sonucunu vermektedir ve bu ayarlamalar proses değerlendirme ve izleme fazında uygulanacaktır.



Şekil-14: Çip hatası kontur grafiği



Şekil-15: Cevap optimizasyonu



Şekil-16: Optimizasyon sonrası çip hasarı histogramı (%99 güven ile)

İyileştirme Fazı

Çalışma sonucu elde edilen en bariz iyileştirme ppm endeksi değerinin yaklaşık 245 kat azalmış olmasıdır. Ppm skalasında silikon devre kartı kesim sürecinin süreç verimliliği ortalamada %99,4 seviyesine yükselmiş veya başka bir ifadeyle yaklaşık çalışmanın başlangıç seviyesine göre yaklaşık %34'lik bir artış gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın ölçülemeyen iyileştirmelerinden biri de, çalışan ekip üzerindeki katkılardır. Ekip hem teknik yönden hem de veriye dayalı ve istatistiksel yönden bakış açısının gelişmesidir. Ekibin öğrendiği Altı Sigma araçları fayda sağlamış ve diğer süreçlere de adapte edilmiştir.

Kontrol Fazı

Çalışan ekibi aşağıda sıralanan konuları hızlı biçimde ve sürekli olarak kontrol altında tutmak için standart operasyon prosedürleri geliştirmiştir:

- Süreç içi izleme kamera cihazı ve ölçüm değişkenliğini izlemek için periyodik GageR&R uygulamaları ile çağak oluşum sürecinin yüksek sıklıkla izlenmesi
- Bakım periyotları esnasında yüksek frekanslı disk montaj yuvalaması ve düzletmesi
- Süreçteki uzun vadede oluşabilecek kaymalar ve düzensizlikleri izleyebilmek için daha yaygın İPK ve Histogram kullanımı

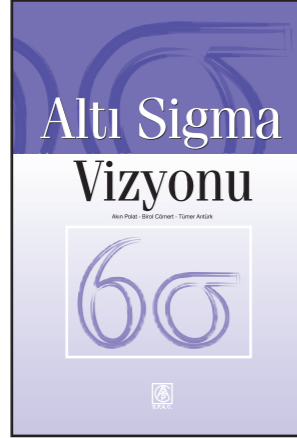
Bu çalışma yarınletken üretim süreçlerindeki kritik süreçlerin birini iyileştirmek için Altı Sigma araçlarının nasıl kullanıldığını gösteren mükemmel bir örnektir. Milyonda hata adedinin 245 kat azaltılması ve toplam verimliliğin %62'den %99,4 seviyesine kadar iyileştirilmesi geleneksel süreç iyileştirme metotları ile hayal bile edilemeyecek bir başarıdır.

Altı Sigma Vizyonu

S.P.A.C. Altı Sigma Danışmanlık firmasının 45 Türk firmasındaki Altı Sigma uygulamaları sonucu elde ettiği deneyimlerini kaleme aldığı bu kitapta;

- Altı Sigma'ya başlamadan önce - hazırlıklar,
- Üst yönetimin sorumlulukları,
- Kritik başarı faktörleri,
- Karakuşak projeleri nasıl seçilecek?
- Karakuşaklar nasıl seçilecek?
- Proje Yönetimi ve uygulama planı,
- Süreç Yönetimi'nin önemi,
- Yalın Altı Sigma,
- TRIZ,
- Altı Sigma Uygulamasını ölçmek

gibi konular hakkında bilgi edinebilirsiniz.



Yazarlar:
Akın POLAT (Karakuşak)
Birol CÖMERT (Uzman Karakuşak)
Tümer ARITÜRK (Uzman Karakuşak)

Yalın Altı Sigma Nedir?



Yazarlar:
Mike GEORGE
Dave ROWLANDS
Bill KASTLE

Yalın Altı Sigma konusunda Dünya lideri George Group Consulting firmasının kurucusu ve sahibi olan Michael George'un Yalın Altı Sigma kitapları, Dünya'da en çok satan iş yönetimi kitapları arasında yer almaktadır.

Bu kitabın amacı, sizlere Yalın Altı Sigma'yı tanıtmaktır. Anahtar konulara odaklanmaktadır ve referans kılavuzu olması amacıyla yazılmamıştır.

Altı Sigma'nın, Yalın ile desteklenmesinin sağlayacağı avantajları ve farklılıkları Michael George'un Yalın Altı Sigma Nedir adlı bu kitabından öğrenebilirsiniz.

Altı Sigma Nedir?

S.P.A.C. Altı Sigma Danışmanlık firmasının, Türk iş dünyasına metodolojiyi anlatmak, Altı Sigma'nın temel prensiplerini ve araçlarını tanıtmak amacıyla kaleme aldığı bu kitapta;

- Altı Sigma felsefesi
- Müşteri-Tedarikçi ilişkisi
- Sigma seviyesi
- Ürün kalitesi-Süreç kalitesi
- DMAIC Aşamaları ve araçları
- Uygulama örnekleri
 - ANOVA
 - Lojistik Regresyon
 - Deney tasarımı

konularında bilgi sahibi olabilirsiniz.



Yazarlar:
Akın POLAT (Karakuşak)
Birol CÖMERT (Uzman Karakuşak)
Tümer ARITÜRK (Uzman Karakuşak)

Yaratıcı Tasarım Geliştirme Teorisi TRIZ



Yazar:
Genrich Altshuller
(TRIZ tekniğinin yaratıcısı)

TRIZ - Yaratıcı Problem Çözümü Teorisinin babası olarak bilinen Genrich Altshuller tarafından yazılan ve SPAC tarafından Türkçeye çevrilen bu kitap konu hakkındaki tek Türkçe yayındır.

- Kalite çalışanları,
- Ürün geliştirme işiyle uğraşanlar,
- Üretim ve tasarım sürecinde çalışanlar,
- Yaratıcılık-patent-buluş konularıyla ilgilenenler,
- Akademisyenler ve mühendislik öğrencilerinin zevkle okuyarak TRIZ tekniğinin temel prensiplerini öğrenebilecekleri önemli bir kaynak.