



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTOMOBİLLERDE GÖVDE BİRLEŞTİRME TEKNOLOJİLERİ VE  
BİR UYGULAMA**

**İLHAN ÇEKİÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 21.03.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.Kadir ÇAVDAR  
(Danışman)

Prof.Dr.C.Fatih BABALIK

Yrd.Doç.Dr.Mehmet AKANSEL

**ÖZET**

Bu çalışmada geçmişten başlayarak gövde birleştirme metodları üzerinde durulmuş, günümüzde kullanılan ve gelecekte kullanılacak olan yöntemler mukayeseli olarak ele alınmıştır.

Ayrıca bu yöntemlerden bir tanesi özel olarak seçilerek mevcut bir yeni otomobil projesinde devreye alınmıştır. Bu yöntemin avantaj ve dezavantajları incelenerek analiz edilmiştir.

Mevcut birleştirme yöntemleri iki bölüm halinde değerlendirilmiştir. Birinci bölümde kendinden delmeli perçin, clinching (büzdürme) ve punta kaynağı ele alınmıştır. İkinci bölümde ise normal kenetleme prosesi ile hemming (kenar kıvrırma) teknolojisi değerlendirilmiştir. Pek yaygın olarak kullanılmayan yapıştırma kaynak, kaynak edilme sıralaması değiştirme vb. yöntemler üzerinde kısaca durulmuştur.

Kendinden delmeli perçin, clinching ve punta kaynağı kendi içerisinde değerlendirildiğinde en iyi gövde birleştirme yönteminin clinching olduğu tesbit edilmiştir.

Diğer yandan özellikle gövdenin hareketli parçalarının üretilmesinde mevcut konvansiyonel kenetleme işlemlerinin yerine çok daha üretken olan roller hemming teknolojisinin kullanılmasının çok daha etkili olacağı görülmüştür.

Mevcut kenetleme yöntemiyle üretilen hareketli parça ile roller hemming ile üretilen bir parçanın; araç geometrisi, çevrim süresi ve ilk yatırım maliyetleri gibi kıstaslara göre incelenmesinde roller hemming teknolojisinin çok daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gövde birleştirme yöntemleri, clinching (büzdürme), kendinden delmeli perçin ve hemming yöntemi.

**ABSTRACT**

In this study body assembly methods were investigated from commencing from the past to actual, also using in the actual and to be used in the future methods were considered comparing each others.

In addition one of these method was chosen and implemented in the new project. The objective of study was to determine advantages of robot hemming according to conventional hemming methods and also advantages or disadvantages auto-piercing rivet, clinching(büzdürme) and spot welding methods were analysed

Actual methods were evaluated as two sections. In the first section contains auto-piercing rivet, clinching and spot welding methods. In second section conventional hemming method was compared robot hemming technology. The rest of methods which are rarely used for instance weld bonding were mentioned as a briefly.

It is seen that auto-piercing rivet method is optimum body assembly method among them.

In the other aspect it is analysed that using robot hemming method is more effective instead of using conventional hemming method which is used assy to mobile parts of body (door, hood etc.). Robot hemming method was found more advantage comparing with criterion of cyle time, investment cost, lay-out profit, production flexibility.

**Key Words:** Body assembly method, clinching, self piercing rivet and hemming method

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAY SAYFASI.....	II
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Fonsiyonel Gövde.....	5
2.1.1. Tanıtım.....	6
2.1.1.1. Fonsiyonel Gövde Birleşik Onay Yaklaşımı.....	9
2.1.1.2. Araştırma Metodolojisi ve Raporun Ana Hatları.....	12
2.1.2. Fonsiyonel Gövde Yaklaşımı Evrimi.....	13
2.1.2.1. Tekrarlayan Gövde Gelişim Zorlukları.....	13
2.1.2.2. Nominalden Ortalama Sapmalar.....	13
2.1.2.3. Ölçüm Sistemi Zorlukları.....	15
2.1.2.4. Basılan Parça ve Montaj Boyutları Korelasyonu.....	16
2.1.2.5. Cpk Gidişatı Takibi.....	18
2.1.2.6. Fonsiyonel Gövdenin Yükselişi.....	19
2.1.3. Fonsiyonel Durum Örnekleri.....	20
2.1.3.1. Rijit olmayanın Rijit Olana Durum Orneği.....	22
2.1.3.2. Rijit Olmayanın Rijit Olmayana Durum Orneği.....	23
2.1.4. Fonsiyonel Yapı Uygulama Konuları.....	24
2.1.4.1. Basılan Parçaları Sınıflandırma.....	25
2.1.4.2. Boyutsal Onay Metrikleri.....	26
2.1.5. Resimli Açıklamalar.....	26
2.1.5.1. Genel Görünüş.....	26
2.1.5.2. Örnek Ölçümler.....	28
2.2. Gövde Birleştirme Yöntemleri.....	29
2.2.1. Manuel Fikstürlerle Birleştirme.....	31
2.2.2. Pnömatik, Elektrikli ve Yarı Otomatik Sistemlerle Birleştirme.....	33
2.2.3. Tam Otomatik Sistemlerle Birleştirme.....	35
2.2.4. Clinching(büzdürme) Teknolojisi.....	39
2.2.4.1. Clinching(büzdürme) İşlemi Detayları.....	39
2.2.4.2. Clinching(büzdürme) İşlemi Tek Parça Kalıp Pres İle.....	41
Mukayesesi	

2.2.4.3. Clinching(büzdürme) Teknolojisi Kullanım Örnekleri	42
2.2.4.4. Clinching(büzdürme) İşlemi Ekipmanları ve Atölye Uygulamaları	44
2.2.5. Kendinden Delmeli Perçin Teknolojisi	47
2.2.5.1. Geleneksel Kaynak Yöntemleri İle Punta Kaynak Mukayesesi	48
2.2.5.2. Kendinden Delmeli Perçin Ekipman Uygulama Örnekleri	50
2.2.6. Kenar Bükme İşlemi Nedir?	53
2.2.6.1. Kenar Bükme İşlemi İçin Gerekli Operasyon Sayısı Nasıl Belirlenir	54
2.2.6.2. Kenetleme İşlemi Sırasında Sac Deformasyonu	55
2.2.6.3. Bükme Kenarı Geometrisi	56
2.2.6.4. Parça Çevresinin Geometrisi	59
2.2.6.5. Kenar Bükme Ekipmanları	60
2.2.6.6. Kenar Bükme İle İlgili Deneysel Çalışmalar	61
2.2.7. Klasik Kenetleme Teknolojisi	64
2.2.8. Gövde birleştirme yöntemleri konusunda alınmış patenler	67
2.2.9. Kendinden Delmeli Perçin, Clinching(büzdürme) ve Kaynak Mukayesesi	72
3. MATERYAL VE YÖNTEM	76
3.1. Robot Hemming(Kenar Bükme) Teknolojisi	76
3.1.1. Operasyon Modu	76
3.1.2. Flanş Geometrisi	77
3.1.3. Modüler Yapı	78
3.1.4. Uygulama Alanları ve Özellikleri	80
3.2. Uygulama Örnekleri	81
3.3. Sistemin Kritikleri	85
3.4. Hemming Sistemi Pratik Uygulaması	89
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI (BULGULAR)	91
4.1. Klasik Kenetleme Metodu İle Hemming Yöntemini Geometrik Karşılaştırılması	91
4.2. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Punta Özelliklerini Karşılaştırma	93
4.3. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Ekonomik Olarak Karşılaştırma	96
4.4. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Teknik Olarak Karşılaştırma	98
4.5. Tartışma ve Sonuç	98
KAYNAKLAR	100
EKLER	102
ÖZGEÇMİŞ	103

**KISALTMALAR DİZİNİ**

Cp -	Proses kapasitesi
Cpk -	Proses yeterlilik endeksi
PPM	Milyonda bir hata
LSL	Alt t6lerans limiti
USL	Üst t6lerans limiti
St.dev.	Standart sapma

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

	Sayfa
Çizelge 2.1. Ortalama değerden sapma.....	15
Çizelge 2.2. Panel boyutlarında nominalden ortalama sapmalar.....	18
Çizelge 2.3. Montajın basılan parçaya göre rijitliği.....	19
Çizelge 2.4. Ortalama boyutları özeti.....	25
Çizelge 2.5. Durum çalışmasında bileşenlerin boyutsal özeti.....	26
Çizelge 3.1. Gövde birleştirme yöntemlerinin teknik açıdan karşılaştırması.....	76
Çizelge 3.2. Klasik kenetleme ile hemming yöntemlerinin karşılaştırması.....	81
Çizelge 4.1. Klasik kenetleme ile hemming yöntemlerinin karşılaştırması.....	101

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

	Sayfa
Şekil 2.1. Hemming teknolojisi üretilen parçanın kutu gösterimi.....	4
Şekil 2.2. Kenetleme teknolojisi ile üretilen parçanın geometri değişkenliği.....	5
Şekil 2.3. Ana Gövde Gelişim Aktiviteleri.....	7
Şekil 2.4. Sıralı imalat onayı.....	8
Şekil 2.5. Basılan Parçanın Onay Süreci.....	11
Şekil 2.6. Değişkenlik kaynakları.....	14
Şekil 2.7. Motor yanı kompleksinde basılan bileşenler.....	16
Şekil 2.8. Gövde yanı uygunluk ve klemp stretejisi.....	21
Şekil 2.9. Farklı fonksiyonel gövde uygulama stratejileri.....	22
Şekil 2.10. Orta direk parçası montaj yüzeyleri.....	23
Şekil 2.11. Gövde yan ve ön cam takviyesi.....	24
Şekil 2.12. Gövde yan dış sacının gövde yanı iç sacı durum örneği.....	26
Şekil 2.13. Boyutsal değerlendirme için parça sınıflandırması .....	27
Şekil 2.14. Fonksiyonel gövde genel görünüş.....	27
Şekil 2.15. Referans manuel ayar somun ve ayar kadranı.....	28
Şekil 2.16. Çamurluk, fonksiyonel gövde sac referans noktalarına oturtulmuş.....	28
Şekil 2.17. Üstten klemp referans noktasına referans yüzeyi alttan görünüş .....	29
Şekil 2.18. Çamurluk alt kısmının referanslaması.....	30
Şekil 2.19. Torpido parçası fonksiyonel gövde üzerine sabitlenmiş.....	32
Şekil 2.20. Şahin- Doğan arka çamurluk toplama aparatı.....	32
Şekil 2.21. Şahin Doğan orta taban toplama aparatı.....	33
Şekil 2.22. Şahin-Doğan çamurluk toplama aparatı.....	35
Şekil 2.23. Doblo çamurluk toplama aparatı.....	37
Şekil 2.24. Punta robot grubu motor yanı içi.....	37
Şekil 2.25. Punta robot grubu orta taban için.....	38
Şekil 2.26. Robot grubu burun hattı için.....	39
Şekil 2.27. Dairesel olarak clinching(büzdürme) işlemi uygulanmış parçalar.....	40
Şekil 2.28. Dikdörtgensel olarak clinching(büzdürme) uygulanmış parçalar.....	41
Şekil 2.29. Clinching(büzdürme) işleminde işlem akışları.....	41
Şekil 2.30. Clinching(büzdürme) ile normal kalıp prosesinin karşılaştırması.....	42
Şekil 2.31. Egzos alüminyum ısı koruma sacı.....	43



Şekil 2.32. Alüminyum motor kaputu, Audi A6 .....	43
Şekil 2.33. Alüminyum hava yastığı kapağı.....	44
Şekil 2.34. Şekil havalandırma borusu çelik.....	45
Şekil 2.35. İşletme içi clinching(büzdürme) işlemi ekipmanları.....	45
Şekil 2.36. Birleştirme kuvveti 25kN, kalınlığı çelik için 2,5mm .....	45
Şekil 2.37. Birleştirme kuvveti 35kN, max birleştirme kalınlığı çelik için 3mm.....	46
Şekil 2.38. Birleştirme kuvveti 35kN, max birleştirme kalınlığı çelik için 4mm.....	46
Şekil 2.39. Birleştirme kuvveti 365bar,max birleştirme kalınlığı için 1,4mm .....	46
Şekil 2.40. Robot clinching(büzdürme) işlemi.....	46
Şekil 2.41. Kendinden delmeli perçinleme işlemi adımları.....	48
Şekil 2.42. Kendinden delmeli perçin işlemleri detayı.....	48
Şekil 2.43. Manuel bileşen taşıma statik kendinden delmeli perçin sistemi.....	50
Şekil 2.44. Otomatik taşıma sistemi robot besleme bileşenleri ve kendinden delmeli. perçin sistemi.....	50
Şekil 2.45. Sabit bileşen sisteminde kendinden delmeli sistemin manueli.....	51
Şekil 2.46. Robot kendinden beslemeli tam otomatik üretim hattında otomatik taşıma .....	51
Şekil 2.47. Audi A2 alüminyum gövde.....	52
Şekil 2.48. Volan, çelik.....	52
Şekil 2.49. Havalandırma borusu, çelik.....	53
Şekil 2.50. Kenar kıvrırma işleminin genel görünüşü.....	53
Şekil 2.51. Bükme işleminde kenar bükme açıları.....	54
Şekil 2.52. Kenetleme işlemi sırasında açılar.....	55
Şekil 2.53. Kapı parçasında kenetleme sırasındaki durumu.....	56
Şekil 2.54. Bükme kenarının durumu.....	57
Şekil 2.55. Önemli çekmelerin olduğu radyus kenarının geometrisi.....	57
Şekil 2.56. Önemli çekmelerin olduğu radyus kenarlarının geometrisi .....	58
ön-kenar bükme için	
Şekil 2.57. Nihai kenar bükme.....	58
Şekil 2.58. Kaput kenetleme prosesi adımları.....	59
Şekil 2.59. Kenetleme presi.....	60
Şekil 2.60. Elektrikli kenetleme presi.....	60
Şekil 2.61. Kenar kıvrırma işleminde en çok karşılaşılan hatalar.....	61
Şekil 2.62. Flanş oluşumunun ardından kontür radyüsü ve flanş uzunluğuna göre.....	62

geri yaylanma miktarı	
Şekil 2.63. Başlığın bir kenarı boyunca yapılan ön kıvrıma işlemi sonrasında içeri...63 yuvarlama (Roll-in)	63
Şekil 2.64. FEM simülasyonun adımları. a-başlama, b-orta.....	64
Şekil 2.65. Kaput kenetleme prosesi adımları.....	65
Şekil 2.66. Macun sürme- iç iskelet sacı toplama aparatları.....	65
Şekil 2.67. Kaput ön kenetleme prosesi aparatı ve 45° kenar bükme.....	65
Şekil 2.68. Kaput 90° kenetleme presi ve kalıbı, punta tamamlama ve menteşe.....	66
takma prosesi	
Şekil 2.69. Kapı kenetleme prosesi adımları.....	66
Şekil 2.70. Dış sac toplama ve macun işlemleri.....	66
Şekil 2.71. Dış ve iç sac puntalama işlemi, ön kenetleme işlemi.....	67
Şekil 2.72. 45°kenetlenmiş kenar ve 90° kenetleme işlemi.....	67
Şekil 2.73. Macun ısı işlem konveyörü ve ısı işlem operasyonu.....	67
Şekil 2.74. Gövde aparatının yandan(31.nolu) ve arkadan(35-36 nolu).....	69
Şekil 2.75.Yanal kirişlerin araç üzerindeki durumu ve ön güğüsle bağlantısı.....	70
Şekil 2.76. Aracın parçaları ayrılarak montaj edilme yöntemi.....	71
Şekil 2.77. Tavanın genel görünüşü.....	71
Şekil 2.78. Tavanın gövdeye montajı.....	72
Şekil 2.79. Gövde birleştirme yöntemlerinin statik dayanımının karşılaştırması.....	72
Şekil 2.80. Gövde birleştirme yöntemlerinin yorulma dayanımlarının Karşılaştırması.....	72
Şekil 2.81. Gövde birleştirme yöntemlerinin çarpmada enerji absorpsiyonu.....	73
Şekil 2.82. Gövde birleştirme yöntemlerinin mekanik dayanım kuvveti.....	73
Karşılaştırması	
Şekil 2.83. Gövde birleştirme yöntemlerinin işlem zamanı karşılaştırması.....	74
Şekil 2.84. 1m sac için birleştirme yöntemlerinin maliyet olarak karşılaştırması.....	75
Şekil 2.85. Gövde birleştirme yöntemleri yatırım-işletme ve toplam % değerleri karşılaştırması.....	75
Şekil 3.1. Ön kenar bükme.....	76
Şekil 3.2. Final bükme işlemi.....	77
Şekil 3.3. Flanş çeşitleri.....	77
Şekil 3.4. Farklı yuvarlanma silindirleri .....	78
Şekil 3.5. Hemming robot ve fikstürü .....	78

Şekil 3.6. Yuvarlanma silindirleri ile birlikte kenar bükme kafası .....	79
Şekil 3.7. Baskı üniteleri ile bükme kenarı oturma grupları .....	79
Şekil 3.8. Audi C5 Hunter hemming robot hücresi .....	81
Şekil 3.9. Sabit kenar bükme 3 yuvarlanma silindiri ile mevcuttur .....	82
Şekil 3.10. Jaguar X350 LWB .....	83
Şekil 3.11. Opel 3370 .....	84
Şekil 3.12. Parça üzerinde ondülasyon kenarı.....	85
Şekil 3.13. Ön hemming ondülasyonu.....	86
Şekil 3.14. FEA analizi.....	87
Şekil 3.15. Ondülasyon derinliği grafiği.....	88
Şekil 3.16. Hemming robotu.....	89
Şekil 3.17. Bagaj kapağı ve kaput hemming aparatı.....	89
Şekil 3.18. Bininin bükülmeden önceki ve büküldükten sonra durumu.....	90
Şekil 4.1. Motor kaputu kenetleme yöntemi ile .....	91
Şekil 4.2. Motor kaputu robot hemming yöntemi ile.....	91
Şekil 4.3. Hemming uygulanan yöntemdeki noktaların genel gidişatı.....	91
Şekil 4.4. kenetleme işlemi uygulanan modeldeki 37 adet noktanın gidişatı.....	92
Şekil 4.5. Kenetleme yöntemi ile üret. modeldeki 9X noktasının proses kapasitesi.....	92
Şekil 4.6. Hemming yöntemi ile üret. modeldeki 27613X noktası proses kapasitesi....	93
Şekil 4.7 .Doblo kapı punta dağılımı.....	94
Şekil 4.8. D200 Kapı punta gidişatı.....	94
Şekil 4.9. D200 Kapı iki haftalık punta gidişatı.....	95
Şekil 4.10 Doblo kapı iki haftalık punta gidişatı .....	96
Şekil 4.11. Proses zamanı- maliyet ilişkisi.....	97

**SİMGELER DİZİNİ**

$V_{rot}$	Dönme hızı
$V_{trans}$	İlerleme hızı
$t$	Sac kalınlığı
$\mu m$	Mikrometre
CR	Yeterlilik oranı
V	Kenar kıvrırma hızı
B	Yuvarlanma silindirin dikeyle yaptığı açı
F	Kenar kıvrırma kuvveti
$\sigma$	Değişikliğin karekökü
$\alpha$	Bükme kenar açısı
a	
H	Bükme kenarı yüksekliği
L	Bükme kenarı uzunluğu
R	Dış kenar yarıçapı
$\beta$	Bükülen köşeye ait kenarlar arasında kalan açı

## 1. GİRİŞ

Geçmişte çizilen ekonomik sınırların artık silinmiş olduğu günümüzde, rekabete katılan firmaların sayısı arttığı gibi rekabet edilecek pazarlar da büyümektedir. Bunun makul bir sonucu olarak firmaların geleceği, günümüzün rekabet ortamına ne kadar adapte olabileceğine bağlıdır. Bu adaptasyon, şirketin kalite ve maliyet politikalarını hızla, koşulların gerektirdiği düzeyde oluşturup uygulaması ile gerçekleştirilebilir.

Günümüz müşterisi, kalite bilincine sahip olduğu gibi, aynı zamanda sağlanacak ürün veya hizmeti ihtiyac duyduğu anda ve beklenildiği şekilde elde etmeyi istemektedir. Bu şartlarda stratejik kalite yönetimi, tüketicilerin beklentilerinin eldeki teknolojik olanaklarla uyumlu ve etkin bir şekilde yönetimi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle günümüzde artan rekabet koşulları araç üretimi konusunda imalatçıları daha verimli, otomasyonu daha yüksek, araç geometrisi bakımından daha iyi olmalarını sağlayacak yeni gelişmeleri araştırma ve kullanma yönünde geliştirmiştir.

Bunun için öncelikli olarak hat optimizasyon çalışmaları ile üretim yapılacak hatların en verimli olarak nasıl çalışması gerektiği konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu, özellikle yeni hatların kurulması sırasında çok önem arz eden bir konu olması ve kurulan hattın çıkacak ürünlerin varyasyonu, çevrim zamanları, sistem güvenilirliği, hata yapma olasılığı ve beklenen üretimi doğrudan etkilemesi nedeniyle kaynak araştırması kısmında değinilecektir.

İkinci konu olarak özellikle ilk çıkan üründen, ön seri ve seri üretim aşamalarının tamamını direk olarak etkileyen, ürünün yeterlilik çalışmalarını, onay süreçleri, Cp-Cpk kavramları ve fonksiyonel gövde kavramı üzerinde durulacaktır.

Üçüncü olarak da seçilecek gövde birleştirme yöntemini etkileyen bu iki yöntemden sonra hangi yöntemin daha uygun olduğu eski ve yeni sistemlerin nerede ve ne zaman kullanılacağı, avantaj ve dezavantajları üzerinde durulacak ve içlerinden bir yöntem seçilerek karşılaştırmalar yapılacaktır. Burada özellikle son

günlerde gövde birleştirme teknolojisi olarak kullanılmaya başlanan hemming teknolojisi analiz edilecek ve mevcut bir modelde bu teknolojinin uygulaması anlatılacaktır.

## **2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1.1. Araştırma Yöntemi İle İlgili Metodolojik Çalışmalar**

Gövde birleştirme konusu ile ilgili olarak yapılan literatür çalışmaları sınırlı olup genellikle dar kapsamda çalışmalar olarak kalmaktadır. Konunun detayıyla ilgili olan bilgiler ya tecrübi bazda olup bunlar ya literatür olarak yayınlanmamakta ya da otomotiv fabrikalarının kendi bilgi birikimi olduğu için kendi bünyelerinde saklanmaktadır.

Bu konu bağlamında gövde birleştirme yöntemleri ile ilgili olarak yurtdışı üniversitelerin yayınlamış oldukları az da olsa yayınlar incelenmiştir. Özellikle bu konuyla ilgili olarak alınmış patentler de bu paralelde gözden geçirilip, uygulama niteliği olanlar çalışma kapsamına eklenmiştir. Özellikle ana sanayilere makina, ekipman ve malzeme sağlayan imalatçı firmaların katalogları incelenerek çalışmaya katkı sağlayabilecek olanlar seçilmiştir

Ayrıca mevcut uygulanan yöntemler tek tek analiz edilerek karşılaştırmalı olarak çalışmaya eklenmiştir.

### **2.1.2. Uygulamalı Araştırmalar**

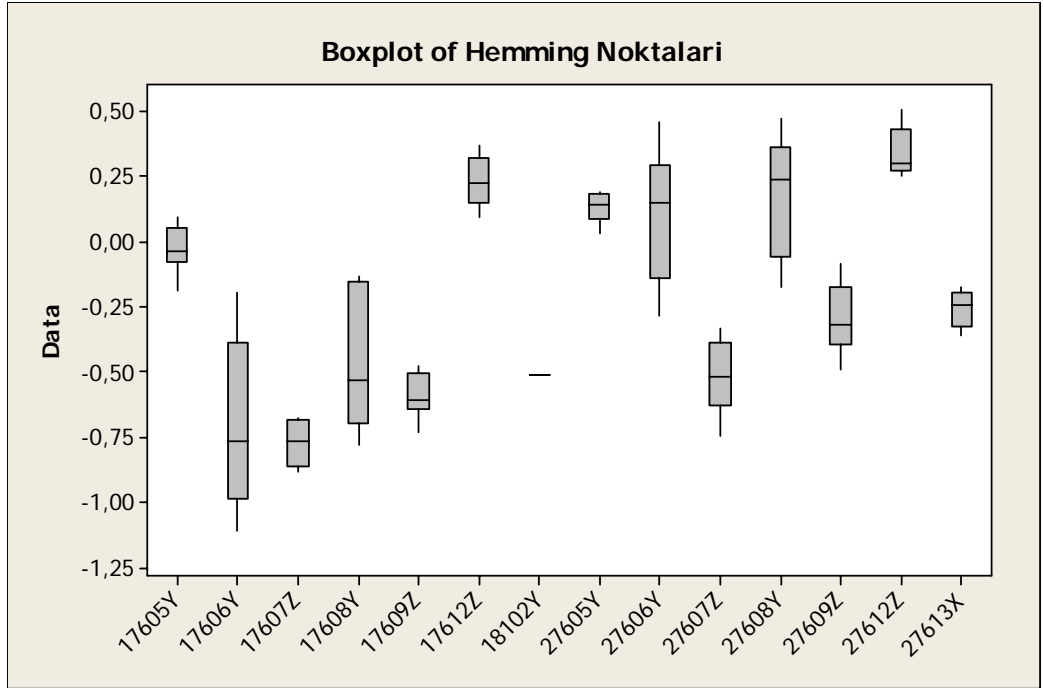
Mevcut konvansiyonel kenar bükme teknoloji ile hemming teknolojisi yerleşim, çevrim zamanı, yatırım maliyeti, geometri değişkenlikleri ve produktivite konularında karşılaştırıldığında çok çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir.

Öncelikle mevcut sistemin kapladığı alan (100 m<sup>2</sup>) ile aynı işlem yapılan hemming sisteminin kapladığı alan (50 m<sup>2</sup>) incelenmiştir. Buna göre hemming teknolojisi ile çok daha kompakt bir alanda aynı işlemin yapılabildiği görülmüştür. 1 m<sup>2</sup> alanın fabrika için maliyeti düşünüldüğünde model ömrü boyunca kayıp maliyet kolayca ortaya çıkacaktır.

İkinci konu olarak çevrim zamanı konusu incelenmiştir. Mevcut sistemde macun sürme, ön kenetleme fikstürü, kenet pres, macun ısıtma ve menteşe sıkma prosesleri adımlarından geçmektedir. Bu adımlar arasında konveyör ile taşıma yapılmaktadır. Dolayısı ile operatörün parça koyma ve taşıma zamanları da çevrim sürelerinde bir kayıp olarak ortaya çıkacaktır. Hemming teknolojisi ile tüm bu adımlar tek bir fikstür

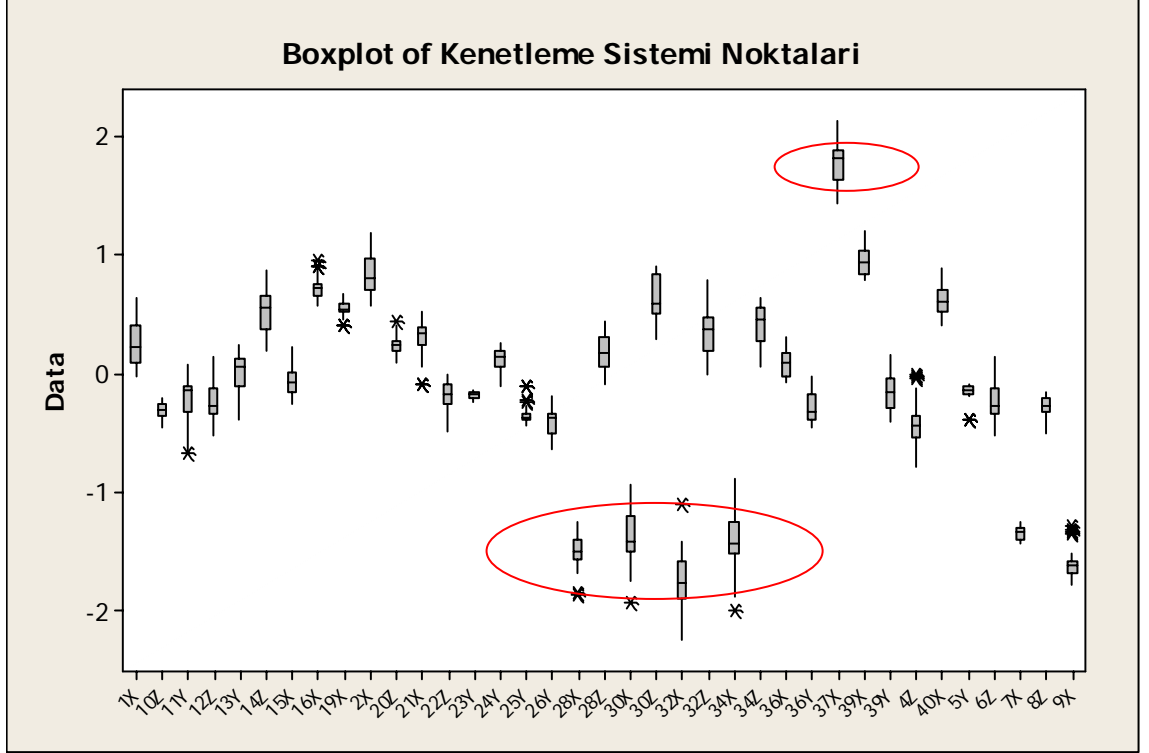
ile robot tarafından gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla parça koyma-alma ve taşıma zaman kayıpları ortadan kalkmaktadır.

Üçüncü konu ve belki de en önemli konu olarak geometri değişkenliği konusu ele alınmıştır. Mevcut sistemde pek çok adımdan geçen yarı komple (bileşen) ürünüme her bir adımda bir de aparatın kendi değişkenliği eklenmektedir. Ayrıca özellikle ses problemlerine karşı kullanılmakta olan ve boya prosesleri sırasında şişerek ses izolasyonu sağlayan macun prosesinde ısıtma işlemi, ayrı bir değişkenlik kaynağı yaratmaktadır. Parça alma-koyma nedeniyle parçada veya yarı komplede oluşan operatör kaynaklı değişkenlikler de burada hesaba katılmalıdır. Tüm bu değişkenlikleri alt alta yazıp topladığımızda görünüm parçası sebebiyle zaten dar toleransa sahip mobil parçalarda yaşanan geometri tolerans limitlerini tutturma problemi içinden çıkılmaz bir hal alabilmektedir. Hemming teknolojisi sayesinde tüm bu değişkenlik kaynakları minimize olmaktadır. Böylelikle dar olan tolerans limitlerini yakalamak mümkün olabilmektedir. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de her iki kullanıldığında gerçekleşen değerlerin kutu gösterimleri görülmektedir.



Şekil 2.1. Hemming teknolojisi ile üretilen parçanın kutu gösterimi





Şekil 2.2. Kenetleme teknolojisi ile üretilen parçanın geometri değişkenliği

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2 herbir noktaya ait 30'ar adet ölçüm değerinin dağılımını göstermektedir. Klasik kenetleme yönteminde değişkenlikler fazla olup tolerans dışı ( $\pm 1$ ) değerler oldukça fazladır.

## 2.1 Fonksiyonel Gövde

Otomotiv üreticileri otomotiv gövdeleri için geleneksel olarak sıralı süreç doğrulama yöntemini kullanmaktadırlar. Bu yaklaşım, bireysel bileşenlerin onayıyla başlar, sonra küçük alt bileşenler ve nihayetinde gövdenin onayıyla sonuçlanır.

Bu kabullere göre herbir araç kalite seviyesi tedarik edilen kötü parça seviyesine göre tahmin edilebilir. Her bir onay süreci  $C_p$  ve  $C_{pk}$  ile ifade edilen kalite indisleri ile ölçülebilir. Bu sıralı yaklaşımın otomotiv üreticileri için rekabetçi olmadığı ispatlanmıştır ve sık sık hatalı gelişme planları ve süreç rötuşları için gereksiz yüksek maliyetlere sebep olur. Sac parça ve montaj süreçlerinin sıralı yaklaşım engeli tüm bileşenlerin boyutlarının nominal tolerans limitleri aynı doğrulukla üretilmeyeceği ve rijit olmayan, düşük seviyeli

bileşenler ve onun montajlı karşıt parçaları (birbirini kopyalayan) arasındaki zayıf korelasyondur. İmalatçılar nominal ölçüden saplamaları, ölçme süreci kadar form verme sırasındaki metal akışına da bağlamaktadırlar. İmalatçılar nihayetinde Cpk değerine ulaşmak için tolerans eşik değerlerini ortalama sapmalara göre revize ederler. Dahası bileşen boyutları ve ilk seviye alt montaj arasındaki zayıf korelasyon, kalıp rötuş işlemlerinin katma değeri olmadığını gösterir. Bu geniş sanayi problemleri, birkaç imalatçı firmanın “fonksiyonel gövde” adında daha birleşik bir onay proses yaklaşımı benimsemelerine neden olmuştur.

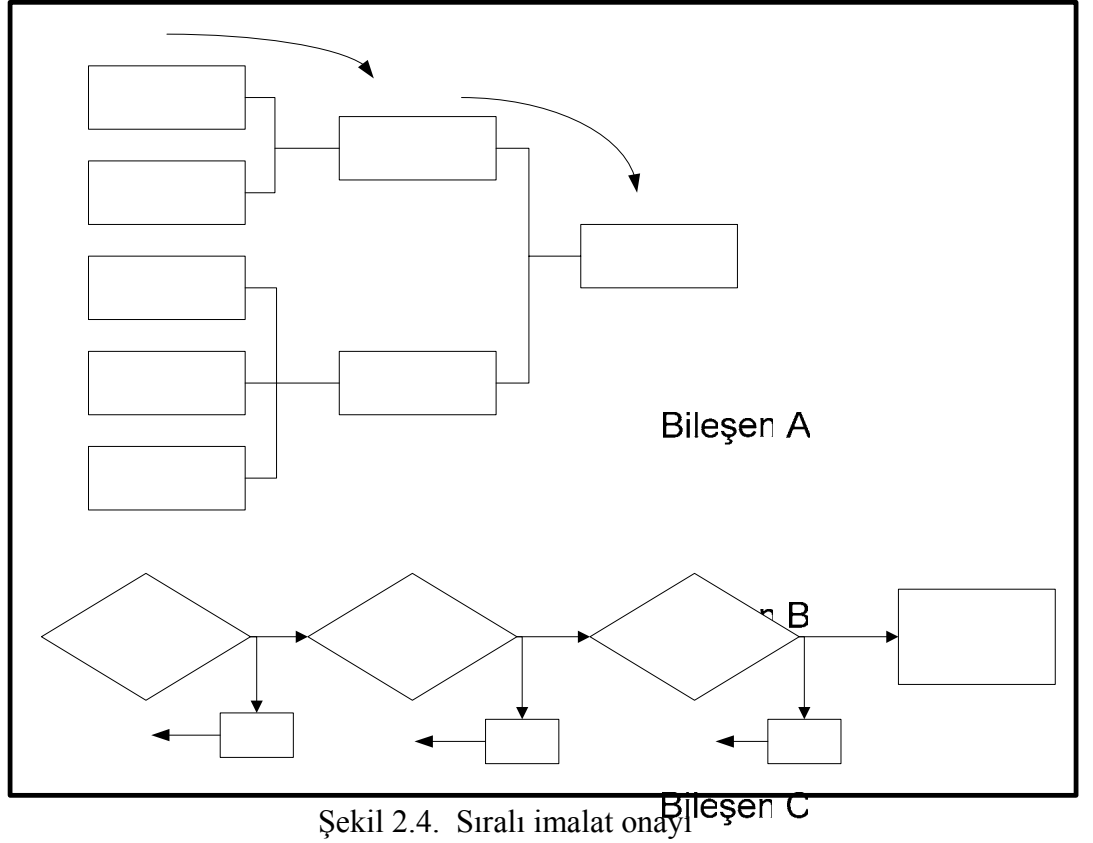
Fonksiyonel gövde yaklaşımı ile proses değişimi için gerekli değerlendirmeler yapıldığı zaman final araç gövdesi müşteri beklentilerini algılamak üzere yoğunlaşacaktır. Bu yaklaşım bireysel bileşenin optimizasyonundan bütün gövdeye odaklanmanın ilerlemelerini, ürünleri, prosesleri ve üretimleri değiştirecektir. Bu tür değişim talepleri, düşük maliyeli çözümler tabanında olmalı ve bir ürünün tasarımını, parça basımını veya montaj prosesinin modifikasyonunu içerebilmelidir.

İmalatçılar fonksiyonel yapı yerine “vidalanmış gövde” tabirini kullanırlar ve bu birbirine akuple (mating component) parçaları birleştirme işlemidir. Bu parçalar diğer montaj proses etkilerini izole etmek için vidalanır veya perçinlenir. Böylece orjinal tolerans limitleri fonksiyonel gövde tipik örneği altında, orijinal tolerans limitleri hedef haline gelir. Tolerans limitlerinden sapmalar üç bölgede sınıflandırılır: Açık kalıp rötuş değişiklikleri (büyük sapmalar, açık montaj aparat değişiklikleri (küçük değişiklikler), bilinmeyen rötuş değişiklikleri (küçük ve geniş sapmalar arasında) entegre araştırma gerektirir. Bu araştırmalar, bu bölgeleri tanımlamaya yardımcı olur ki bu daha sonra gelişim nedeni olacak subjektif kararların sayısını azaltmalıdır. Fonksiyonel gövde gibi entegre onay yaklaşımları kullanılması ile imalatçılar proses geliştirmede, ürün geliştirme sürelerini kısaltarak kazanç sağlayabilirler.

### **2.1.1. Tanıtım**

Tüm imalatçıların otomotiv gövde gelişiminde ana hedefi yeni bir aracı pazara getirme zamanını ve fiyatlarını azaltmaktır. Uygun mühendislik, hızlı prototip ve bilgisayar simulasyonu gibi pratik uygulamalar kullanarak imalatçılar





Şekil 2.4. Sıralı imalat onayı

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program  
2000, s.3, Şekil 2.

#### Bileşen D

Her ne kadar sıralı proses onay yaklaşımı mantıksal olarak çok basit ve etkinliği birçok otomotiv imalat firması tarafından ispatlanmış olsa dahi, sadece birkaç otomotiv imalatçısı bu yaklaşımı tüm otomotiv gövde imalatında etkili olarak kullanmaktadır. Başlıca neden, tüm bileşen karakteristiklerinin  $Cpk > 1,67$  gibi kümesel gereksinimlere ulaşmasındaki zorluklardır. Bütün bileşenlerin tolerans limitlerini karşılamamasından kaynaklanan bu yetersizlik sonradan montajla ilgili paylaştırılmış zamanların azaltılması kararına götürür, çünkü yeni model üretim başlangıç zamanı için, başlangıçta verilen proje zamanları sabittir.

Geleneksel sıralı yaklaşımın tersine birkaç imalatçı "Fonksiyonel Gövde" olarak bilinen daha entegre bir onay yaklaşımına geçmişlerdir.

Rötuş  
Prosesi

Alt

Alt-

Alt g  
toleran

Evet

Hayır

Bileşenler tüm  
toleransları karşılar

### 2.1.1.1. Fonksiyonel gövde: Birleşik onay yaklaşımı

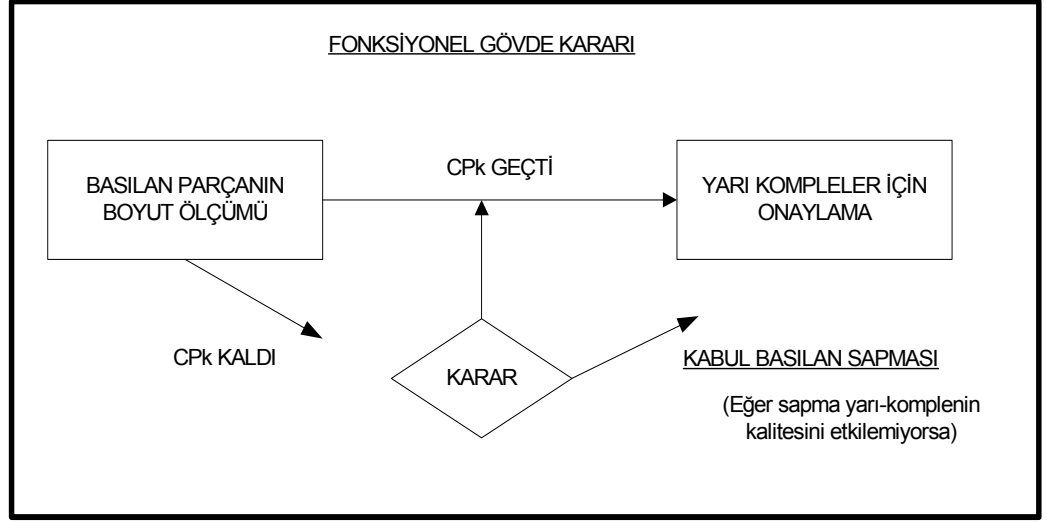
İmalatçılar parçaların oturma yüzeylerini montaj prosesleri için değerlendirirler. İmalatçı, parçaları orijinal tolerans limitlerinde üretmek için çalışır, fakat bu iyileştirmeler mutlak gereksinimlerden daha ziyade hedefler kadar olur. Böylece eğer imalatçıların bir bileşenin tolerans limitlerini karşılamasının zorluğu; problemlerin ilgili montaj akış süreci içerisinde çözülebilmesi veya ilgili değerlerin değiştirebilmesi ile oturma yüzeyleri daha işe yarar hale gelir. Sıralı montajlarda bileşenlerin analiziyle imalatçılar aynı zamanda bazı orijinal gereksinimler bulabilirler ki bunlar nihai ürün gövdede fonksiyonel değildir. Ancak yöntem, bir dizayn resmine göre modifikasyonu yapılması gereken kalıplardaki fiziksel değişikliğe göre daha ucuzdur.

Fonksiyonel gövde kullanıldığı zaman imalatçılar, geleneksel bir ürün ve proses geliştirme zamanları nihai maliyet ve zaman kazançlarının farkına varabilirler. Böyle kazançlar onay aşamaları sırasındaki gereksiz proses rötuşlarının eliminasyonunda elde edilir. Fonksiyonel gövde altında, rötuş kararları final araç hedeflerinin karşılanması ve gereksiz olan tüm orijinal bileşen tolerans limitlerine uygunluk üzerinde yoğunlaşır.

Şekil 2.5, sıralı onay ve fonksiyonel gövde yaklaşımı arasındaki farkı, boyutsal onay karar-başarı nedenine göre göstermektedir. Tüm üreticiler basılmış parçaların dizayn tolerans limitlerine göre boyut uygunluğunu değerlendirirler. Tipik olarak çoğu boyut tolerans limitleri içerisindedir. Bunlar ya tüm müşteri ihtiyaçlarını karşılayıncaya kadar parça basma prosesinde rötuş ile ya da fonksiyonel gövde üzerine adapte edilir. Fonksiyonel gövde üzerinde bazı kesin tolerans dışı boyutlar kabul edilebilir ki bu montajda düzeltilir ve diğerlerini rötuş eder. Bir diğer senaryo ise, eğer müşteri tarafından fark edilemeyecekse bir imalatçı orjinal dizayndan sapmayı kabul edebilir. Fonksiyonel gövde değerlendirme prosesi tipik olarak vidalanmış gövde yapısını içermektedir. Çoğu imalatçılar, vidalanmış gövdeyi fikstür ve adaptör kullanarak oluştururlar. Her bir yarı komple için özel fikstürler kullanmaktan daha ziyade bazı imalatçılar, basılmış parçaları yavaş yapı “slow build” oluşumuna izin vermek için kontrol fikstürlerine ilave referanslar koyarlar.

Fonksiyonel gövde hakkındaki hatalı ortak fikirlerden birisi de kalıptan çıkan parça değişkenliğine göre montajın rijitliğinin değerlendirilmesidir. Fonksiyonel gövde imalatçıları herbir yarı komple için sadece bir veya iki adet vidalanmış gövde oluştururlar. Böylece, vidalı gövdenin konstrüksiyonunun birincil etkisi, ana sapmaları ve değişkenliklerin bir değerlendirilmesidir. İmalatçıların bu talebi, kısa dönem proses kararlılığının fonksiyonel yapı değerlendirmelerinden daha öncelikli olarak oluşturulmasıdır.

Fonksiyonel yapı prosesinde, imalatçılar genellikle hem yarı kompleleri ve vidalarla tam vidalanmış gövdeyi veya normal kaynak operasyonu yerine perçinle montaj yaparlar. Vida ve perçinle, kaynaktan kaynaklanan bileşenlerin deformasyonu minimuma indirilir. Böylece vidalı gövde montajı bireysel bileşenlerin yarı kompleleri veya final kompleyi kabul edilebilir bir şekilde kolaylıkla üretebileceğinin tesbitine yardımcı olur. İmalatçılar eğer vidalı-gövde uygunsa, nihayetinde kaynak aparatlarını ona göre ayar yapabileceklerini kabul edebilir. Bazı durumlarda bir imalatçı, boyutları kabul olmayan yarı komple bir fonksiyonel gövde imal edebilir. Bu sonuç yine de kalıp rötuş işlemlerini arttırmaz. İmalatçılar montajda, kalıp üzerindeki rötuş çalışmalarından ziyade aparat değişiklikleri ile alt bileşenleri tolerans limitleri içerisine çekebilirler. Böylece vidalı-gövde prosesi kaynakçıların aynı zamanda başlangıç ve ayar zamanlarına yardımcı olacaktır.



Şekil 2.5. Basılan parçanın onay süreci

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.4, Şekil 3.

Fonksiyonel gövde tipik olarak iki aşamada meydana gelir. Birinci aşamada imalatçılar, konstrüksiyon aşamasında veya kalıp deneme kaynakları sırasında üretim kalıplarından çıkan parçaları kullanarak vidalı-gövdeyi oluştururlar. Değerlendirme prosesi şartlı kabul parçaları ve kalıpların sevkiyatının üretim alanındaki sıralı onayıdır. Bu proste, imalatçılar bileşenlerin aktuel ölçüm boyutlarını ve oturma parçalarına göre ilişkilerini gözden geçirir. Eğer nihai üretilebilirliği veya final gövdenin görünüşünü iyileştirecekse, bir imalatçı tolerans limitleri içerisinde rötuşlemeyi bile seçebilir. İlk fazdaki öncelikli hedef, rötuş kararı vermede geç kalınma esnasında sıralı montaj operasyonlarını etkileyen ve boyutların bilinmeyen etkilerini düzeltmektir. İkinci fonksiyonel gövde safhası, kalıpların üretim alanına sevk edildikten sonra meydana gelir. Birincil değerlendirme için ilk hedef, boyutsal olarak kabul edilebilir bitmiş bir gövde üretmektir. Çoğu fabrika yarı kompleler için ilk vidalı-gövdeyi oniki veya onbeşinci ayda imalat başlangıcından önce oluşturmaktadır. İlave vidalı-gövde prototipleri gerekliliğe veya stratejiye göre oluşturulur. Mesela imalatçılar, kalıp denemeleri sırasında dizayn ve proses değişikliği nedeniyle bir parçanın önemini değiştirmesi durumunda ilave vidalı-gövde oluşturabilirler.

Vidalı-gövde prosesi müşteri beklentilerini etkilemeksizin önemli değişikliklere sebep olabilir. Mesela, mühendisler aracı sağ ve sol tarafını simetrik olarak dizayn ediyor olmalarına rağmen fonksiyonel olarak gövde için böyle bir karakteristiğe sahip olmayabilir. Sol taraf dizayn beklentilerinin içerisindeyken, sağ taraf birkaç mm dışarda olabilir. Bu geometri eksikliği, tutarsız gövde boşlukları gibi yapı veya görünüş problemleri ile sonuçlanmaz. Müşteri, orijinal dizayna göre uygunluğun eksiliğinden habersizdir. Bu yaklaşımın iddiası, imalatçılar müşteri beklentilerini etkilemedikçe orijinal dizayndan sapma düzeltme olanaklarına odaklanmamalıdır.

Fonksiyonel gövde yaklaşımı altında, mühendislik değişikliği yapıldığı zaman, imalatçılar ürün kalitesinden taviz vermeksizin en düşük maliyetli alternatifi araştırırlar. Nominalden önemli ölçüde sapmalı olan iki ana oturma yüzey boyutu, sonuçta alt bileşende uygun olmayan ürüne neden olur. Burada bir fonksiyonel gövde imalatçısı eğer değişiklik, alt bileşenleri nominal ölçüye daha da yaklaştıracaksa ve daha az masraflı ise sadece parçaların bir tarafına rötuş yapabilir. Eğer bu, tolerans dışı bir oturma yüzeyi ölçüsünü rötuş yapmaktan daha az maliyetliyse sıradışı bir durumda nominali yanında rötuş yapmak için bir boyut seçebilirler. İyi bir fonksiyonel gövde uygulamasında imalatçılar, nominal ölçüler civarında nadiren rötuş işlemi uygularlar.

Fonksiyonel gövde rötuş yaklaşımı geleneksel, sıralı onay yapısından farklıdır. Sıralı onay altında herbir parça dizaynı, tolerans limitlerine karşı bağımsız olarak değerlendirilir. Bu nedenle bir veya daha çok sayıda pahalı kalıp modifikasyonu gerekebilir.

### **2.1.1.2. Araştırma metodolojisi ve raporun ana hatları**

Raporların amacı, birçok imalatçı fonksiyonel gövde yaklaşımına adapte olduğunu nedenini göstermektir ve farklı uygulamaya koyma stratejilerini geliştirmektir. Fonksiyonel gövde imalatçılara, parça basmanın etkisi ve yarı komplelerin ortalama sapmasının final gövde üzerindeki etkisini entegre sistemlerle değerlendirmesini sağlar. Bu yaklaşımda birincil gereksinim, gövde üzerindeki gelişim odağını tekil bileşenlerden final gövdeye kaydırarak sürekli gelişen müşteri beklentilerini daha iyi şekilde karşılamaktır. Nihai amaç ise



herhangi bir gövde onay stratejisinde olduğu gibi nihai onay gelişim maliyetlerini ve zamanı, müşteri isteklerini karşılayarak minimize etmektedir.

### **2.1.2. Fonksiyonel gövde yaklaşımı evrimi**

Bu bölüm de birkaç imalatçının adapte ettiği ve fonksiyonel gövde ile yapılan deneyler değerlendirilecektir. Fonksiyonel gövde evriminin anlaşılması, talepleri üretimin ve basılmış gövde parçalarıyla yapılmış montajın zorluklarının tekrarlanmasının anlaşılmasının bir temelini gerektirir. Bu bölümde, bu tekrar eden zorluklar analiz edilecek ve sonra nasıl fonksiyonel gövdenin bu zorlukları nasıl aşama aşama iyileştirdiği gösterilecektir.

#### **2.1.2.1. Tekrarlayan gövde gelişim zorlukları**

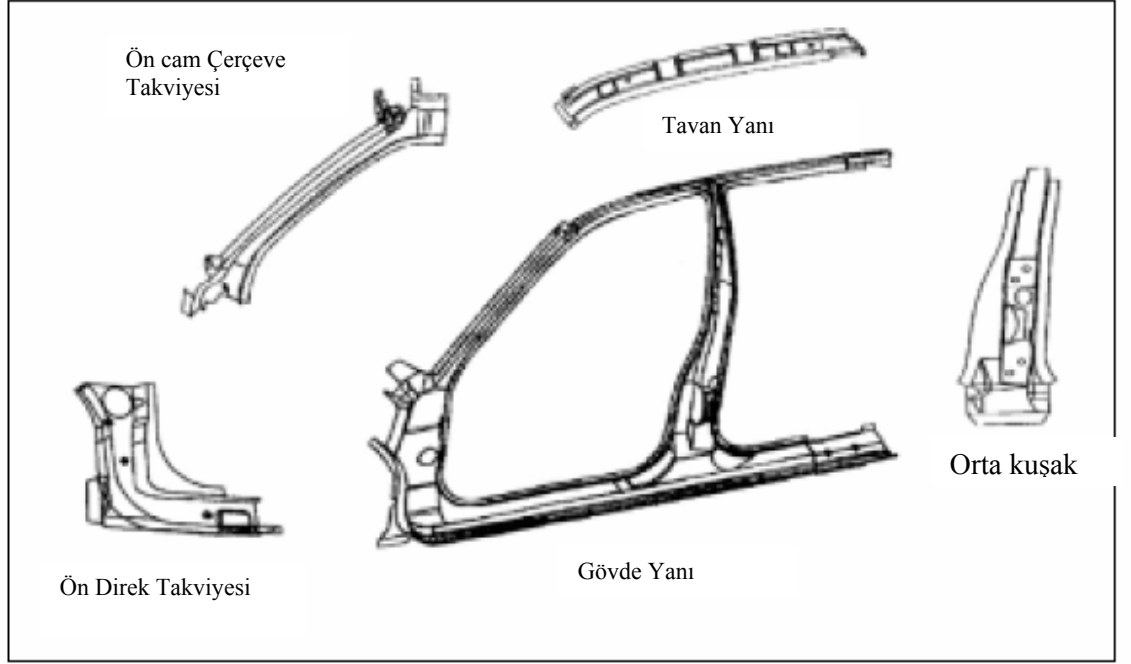
İmalatçılar fonksiyonel gövde yaklaşımıyla, otomotiv gövde geliştirmesinde öncelikli olarak tekrar eden üç imalat onay zorluğunu çözmeye çalışmaktadır:

- Nominal tolerans limitlerinde bileşenleri ortalama boyutlarda üretmenin yetersizliliği
- Rijit olmayan bileşenlerin ölçümünün sınırlamaları
- Bileşen boyutları ve bu montaj sonuçları arasındaki zayıf korelasyon

#### **2.1.2.2. Nominal değerden ortalama sapmalar**

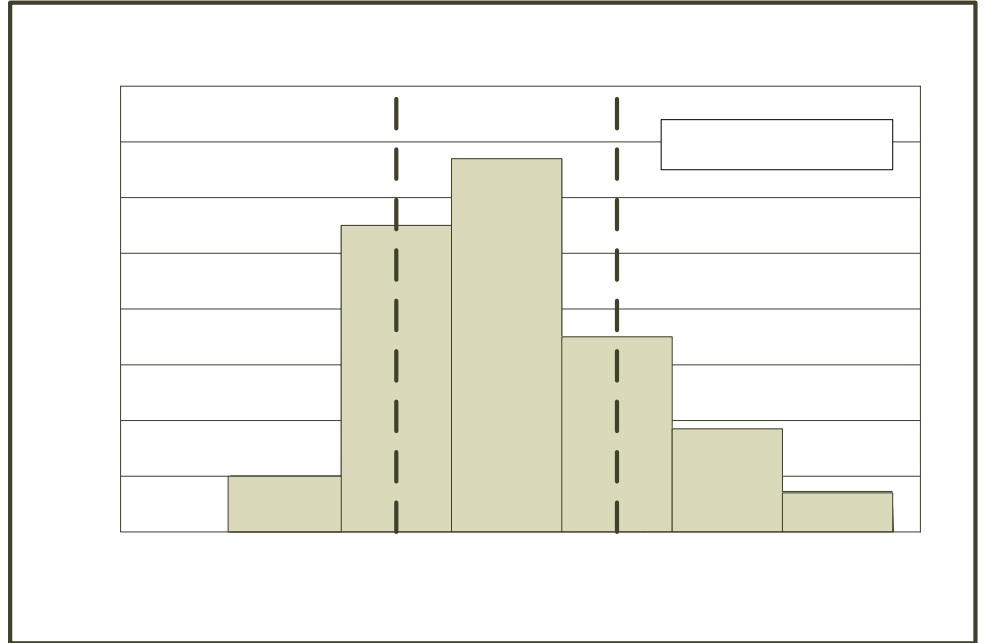
İmalatçılar her bir basılmış parçayı ortalama değere yakın, nominal tolerans limitlerinde ve minimum değişkenlikle üretmek isterler. Ancak birçok imalatçı, bazı bileşenleri nominalden uzak değerlerde üretmektedir. Ek-1'de (5 bileşen boyunca 143 ana sapmanın bir histogramı) herhangi bir basılmış parçanın boyutları için ortalama ilişkiler ele alınmıştır. Öncelikle bir ölçü kalıp kaynağında nominal değerden sapabilir. İkinci olarak, bir ölçü kalıp kaynağından montaj hattında değişebilir. Ana nokta şudur ki imalatçılar kalıp kaynağında rötuş yaparak, tüm üretim kaynaklı sapmaları elimine edemezler. Bu yüzden ortalama sapmaları hem kalıpta hem de üretim kaynağında değerlendirmek gerekir.

Ana uygunluk birçok basılan parçanın boyutları ile ilgilidir. Şekil 2.6'da beş adet gövde yanı sıra gövde montaj bileşeni bir durum çalışması için görülmektedir.



Şekil 2.6. Gövde yanı kompleksinde basılan bileşenler

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.8, Şekil 5.



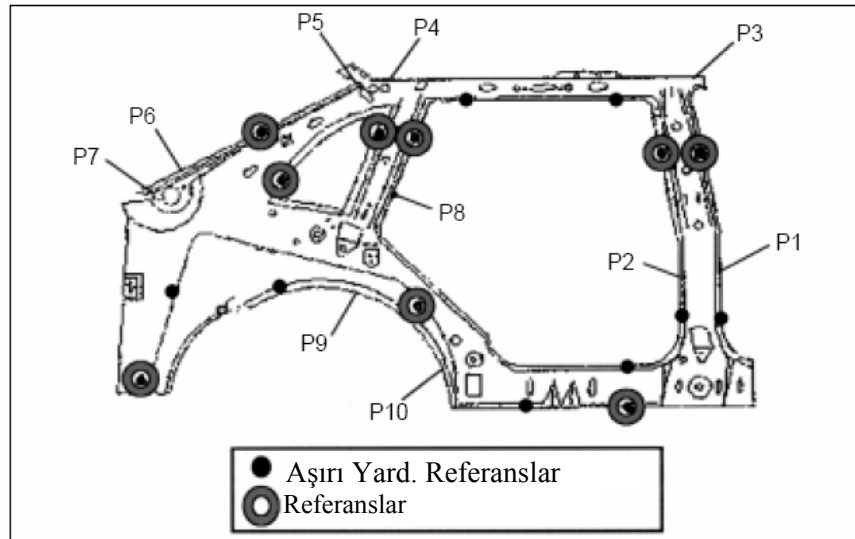
Çizelge 2.1 Ortalama değerden sapma (Anonim 2000c)

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.8, Şekil 6.

Çizelge 2.1’de kalıp konstrüksiyonu ve parça basım prosesinin ortalamalarının normal dağılmış parçalar meydana getirdiğini göstermektedir.

### 2.1.2.3. Ölçüm sistemi zorlukları

Ortalama ölçüsel sapmalar genellikle form verme operasyonları sırasındaki metal akışının tahmin edilen zorluklarından kaynaklanmaktadır. Daha az kabul gören bir diğer problem, ölçüm genişliği ve karmaşık şekilli bileşenlerin birlikteliğinin zorluğudur. Otomotiv imalatçıları otomotiv gövdesinde X,Y ve Z mutlak koordinat sistemini kullanırlar. Rijit yapılar için tutma fikstürlerinde 3-2-1 parça lokasyon şeması kullanılır. Bu yapı, parçayı ölçmeden önce uzayda 6 serbestlik derecesi kullanarak sabitlemek esasına dayanır. Uzun, rijit olmayan parçalarda yine de parçayı ölçmeden önce stabilize etmek için sık sık ilave klemp ve referanslar kullanılır. İlave referanslar ile ilgili bir sıkıntı da ölçülen yüzeylerin referans noktalarını aktif olarak etkilemesidir. Başka bir ifade ile ortalama sapmaları etkileyebilmesidir. Bu etki normal referanslı ve ilave referanslı klempleme stratejileri durum çalışmaları yapıldığında gözardı edilemeyecek bir etki olarak görünür. Şekil 2.7’de gövde yan parçasında normal ve ilave referanslı 2 klemp referansı görülmektedir. Bu deney farklı 2 klemp kullanılarak ve aynı noktalar ölçülerek 10 gövde üzerinde ölçülmüştür.



Şekil 2.7 Gövde yan uygunluk ve klemp stratejisi

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program  
2000, s.8, Şekil 10.

Çizelge 2.2’de ilave klemp kullanılması durumunda ortalama boyutların ve değişkenliğin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bu çalışmada 10 adet ölçüden 3 adedinin 0,5 mm’den fazla değişmektedir. Bu değişiklikler nominalde doğru olmaması ilginçtir.

Çizelge 2.2 Panel boyutlarında nominalden ortalama sapmalar

	Panel Boyutlarında Nominalden Ortalama Sapma										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Median Farkı
Normal Referans (9 klemp)	-0,54	-0,96	-0,46	0,09	0,1	-0,29	0,7	-0,06	-0,74	0,56	
İlave Referans(17 klemp)	-0,2	-0,45	0,15	0,38	0,43	-0,23	0,67	-0,09	-0,55	1,6	
Ortalama Fark	0,34	0,51	0,61	0,29	0,33	0,06	0,03	0,03	0,19	1,04	0,31
	Panel Boyutlarında Nominalden Ortalama Sapma										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Median Farkı
Normal Referans (9 klemp)	0,23	0,21	0,19	0,18	0,21	0,16	0,31	0,09	0,15	0,22	0,2
İlave Referans(17 klemp)	0,08	0,03	0,14	0,14	0,25	0,07	0,2	0,17	0,06	0,16	0,13
İstatistiksel Fark (F testi, $\alpha=, 5$ )	Dec	Dec	-	-	-	Dec	-	-	Dec	-	

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.12 (Çizelge 3)

Özellikle rijit olmayan parçaların, gözlenmiş ortalama değişkenlikleri, ölçüm fikstürlerinden bağımsızdır. Bu düşünce kontrol fikstürü baz alınarak rötuş yapılmış parçalarla, montaj edilmiş parçalarla nominal ölçüler garanti edilemez. İmalatçıların kontrol fikstürü üzerindeki bazı referansları montaj prosesi sırasında kullanmaması nedeniyle, bu değişiklikler kaçınılmazdır. Bazı kontrol fikstür nominallerine basılmış parçayı ulaştırmadan ziyade, fonksiyonel gövde bu ortalama sapmaların gövdeyi etkilemesinin doğruluğunu tanımlamaktadır. Fonksiyonel gövde yaklaşımı basılan parçanın ortalama sapmalarının basılan parça proseslerinden kaynaklandığını doğrular ve ilişkilendirir.

#### 2.1.2.4. Basılan parça ve montaj boyutları korelasyonu

Otomotiv imalatçıları arasında bir diğer tekrar eden sorunda basılan bileşenlerle onların kaynak prosesleri arasındaki zayıf korelasyondur. Değişkenlik teoremi, montaj değişkenliğinin bileşenlerin değişkenliğinden büyük olması

gerektiğini önerir. Bu katkı varsayımı temeli üzerinde imalatçılar bireysel parçaların ortalama boyutlarını nominal tolerans limitleri ve varyansta üretmeyi denerler. Bu şekilde daha ileride giren bileşenlerin ölçülerini baz alarak montaj çıktılarını tahmin edebilir.

Bu önermeler, rijit olmayan bileşenler için her zaman geçerli değildir. Bileşenler kaynak prosesleri esnasında sürekli deformasyona uğrayabilirler. Rijit olmayan bileşenlerin boyutları, aynı zamanda montaj esnasında da daha rijit bileşen boyutlarına uyum sağlayabilir.

Bu konuda yapılan çalışmalar göstermiştir ki imalatçılar, basılan parçanın değişkenliğini azaltmak ile basitçe montaj değişkenliğinin azalmasını beklememektedirler. Çizelge 2.3’de sonuçlar özetlenmiştir.

Çizelge 2.3 Montajın basılan parçaya göre rijitliği

Gövde Yan Alanı	Panel Seti	Basılan Parçanın Ortalama $\sigma$	Montajlı Parçanın Ortalama $\sigma$
Ön cam	#1	0,11	0,19
	#2	0,37	0,42
Orta Direk	#1	0,12	0,34
	#2	0,28	0,36

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.14, Çizelge 5.

Bireysel bileşenler ve bunların montajlı parçaları arasında korelasyon eksikliğinin bazı açıklamaları vardır. Bunlardan bazıları:

- Kaynak prosesi esnasında deformasyon
- Basılan parça ve montaj arasındaki referans şemalarındaki değişiklikler
- Rijit olmayan bileşen ölçülerinin, montajın diğer rijit alanlara uyumu
- Ölçüm sistemi hataları

Bu korelasyon eksikliğinin ciddi sonuçlarından biri Cpk gibi nominal kriterleri oluşturup kullanmaktır. Burada imalatçılar hem kalıp kaynaklarında hem

de imalat sırasında tüm bileşenlerde Cpk değerinin yakalamak için kalıplarında rötuş işlemi yaparlar. Bu rötuş maliyetleri yaklaşık kalıp maliyetlerinin %20-30'u civarındadır. Yukarıdaki analizler gösteriyor ki rötuş maliyeti final gövde boyutlarının doğruluğu üzerinde minimum etkiye sahiptir. Araç devreye alma çalışmaları esnasında üreticiler, ana gövde üzerindeki boyutlar için kök nedenlerinin %70'den fazlasının montaj fikstür problemlerinden kaynaklandığını bildirmektedirler. Bu yüzden devreye alma çalışmalarının tarihleri belirli ise tekil bileşenlerin denemelerinde geç kalmaların uzaması, final gövde problemlerinin, öncelikli problemleri çözmek için yeterli zamanı bırakmayacaktır.

Bu çalışmalar esnasında çoğu imalatçı herbir bileşenin Cpk beklentisi karşılanmadan kabul edilebilir gövde üretmeyi başarabilir. Cpk'sı yetersiz parçalara onay vermek için nihayetinde tolerans revizyonu istenmektedir. Bazı sıradışı durumlarda, üretime başlamak için, üretimi durdurup zaman baskısı yaratıp tolerans değişimine zorlarlar.

#### 2.1.2.5. Cpk gidişatı takibi

Öncelikle Cp ve Cpk kavramlarını açıklamak faydalı olacaktır.

$$C_p = \frac{UTL - ATL}{6s}, \quad C_{pk} = \frac{UTL - \bar{X}}{3s} \quad \text{ÜTL: Üst tolerans limiti, ATL: Alt}$$

tolerans limitidir.  $\bar{X}$ : proses değerlerinin ortalaması, s: Standart sapmadır.

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Çoğu imalatçı parçaların bir sonraki safhaya geçebilemesine onay vermek için Cp ve Cpk indislerini kullanırlar. Bu yaklaşım beraberinde şu basit kalite paradigmasını getirir: İmalatçılar final gövde boyutlarını üretebilmek için nominal değerler ve minimum değişkenlikte imalat yapmalıdırlar. Parça basımında, çoğu imalatçı herbir parçanın tüm ölçülerinin Cp and Cpk >1,33 veya Cp veya Cpk >1,67 değerlerine ulaşacağını garanti ederlerler. Hem Cp hemde Cpk indisleri çıktıkları tolerans limitlerinde üretebilmek için gereklidir. Mesela Cp toplam toleransın 6 sigma katına bölünmesiyle tanımlanır. Cpk indisi Cp'den biraz farklı olup gerekli proses kapasitesinde, nominalinden ortalamanın

sapmasını içerir. Bu indisler otomotiv endüstrisinde genişçe kullanım görmektedir çünkü bunlar onay sürecinde, bileşenlerin dizayn gereksinimlerini karşılamak için objektif kriterlerdir.

Genelde Cpk endeksi aşağıdaki şartlar altında daha efektiftir: Ortalama boyutların değişimi için ayar faktöleri varsa, tolerans kümeleri tahmin edilebilirse, basılan parçalar ölçümleri için güvenli sistemler varsa. Bu faktörlerden hiçbiri basılan parça için geçerli değildir. Otomotiv üreticilerinin Cpk'ya güvenmeme nedenleri:

- 1) Pek çok parça öncelikli olarak rijit değildir ki bu da Cpk kabul kriterlerinin yakalanamamasına sebep olur. Bunun sonucu olarak da basılmış parça ile montaj parçaları arasında az bir korelasyon olması sebebiyle küçük bir etkiye sebep olur.
- 2) Pek çok parça boyutlarında, Cp ihtiyaçları Cpk'yı değiştirir. Böyle pek çok stabil proses için rötuş gerekir. Bazı durumlarda bu rötuş kendi proses değişkenliğine ilave edilebilir.
- 3) Cpk kriterine ulaşmak için yapılan rötuş faaliyetleri kalıp maliyetleri ve teslim sürelerini arttırır.
- 4) Hatta ileri kalıp rötuşları ile imalatçılar nihayetinde pek çok parçada Cpk kabul kriterlerini geçmek için tolerans değişikliğini yaparlar. Böylece orijinal parça rötuş deneme değerini getirirler.
- 5) Kalıp kaynağında Cpk kriterini geçmiş pek çok parça, kalıbın imalatı yapılacak firmaya gönderilmeden önce hala ilave rötuş gerektirir.

Sonuçta hem kalıp kaynaklarında hem de pres hattındaki boyutsal çalışmalardan gelen Cpk dataları pek güvenli değildir. Böylece imalatçılar nadiren Cpk değerlerini yakalamak ve kabuledilebilir gövde üretmek için çaba gösterirler. Çoğu imalatçı sürekli alternatif metodları ve değerlendirme kriterleri araştırır.

#### **2.1.2.6. Fonksiyonel gövdenin yükselişi**

Fonksiyonel gövde uygulamaları yıllardan beri mevcuttur. Başlangıç değerlendirme aletleri, sıkılmış gövde prosesi, 1960'lı yılların başlarında "vidalama ve oyma" veya panel karşılaştırması olarak isimlendiriliyordu.

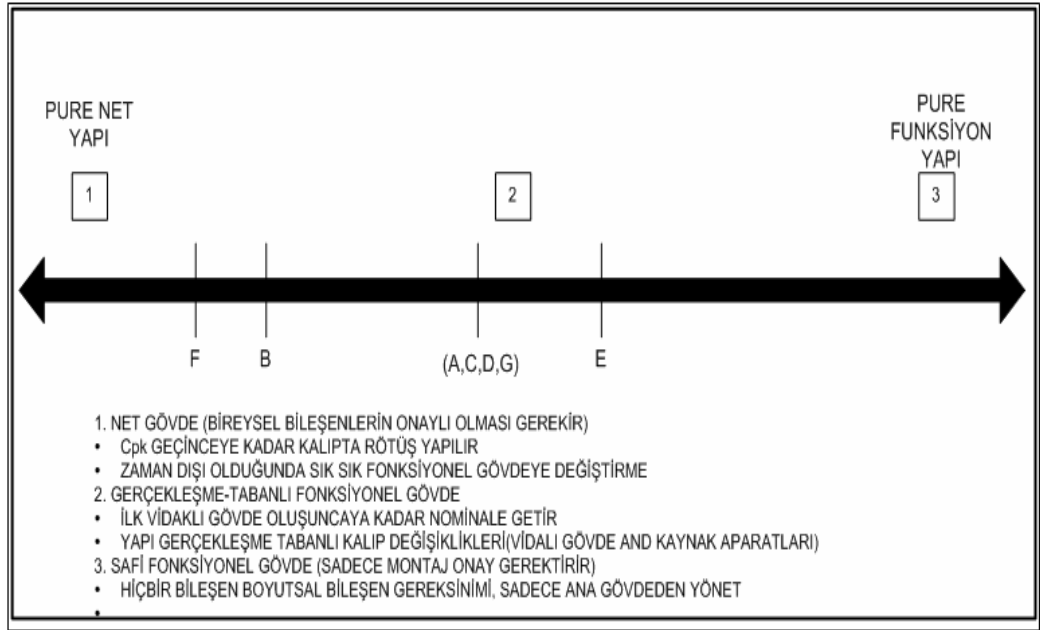
İmalatçılar birbiriyle birleşen bileşenlerin montaj arayüzlerini kontrol etmek amacıyla sıkarak biraraya getirirlerdi. Önce Japon imalatçılar bu proses üzerine yoğunlaştılar ve kalıp rötuş kararları için değerlendirme aracı olarak kullanmaya başladılar. Fonksiyonel gövde değerlendirmelerinin kullanılması ile imalatçılar gereksiz rötuşları elimine etmeye ve araç lansmanı için gerekli olan toplam onay zamanını azaltmaya başladılar.

Şekil 2.8’de gövde boyut onayı için yaklaşım yayılımı verilmiştir. Bir başta safi net gövde veya sıralı onay vardır. Bu yaklaşım tüm montajları değerlendirmeden önce bütün bileşen boyutlarında gerekli tolerans limitlerini yakalandığından emin olmaktan ibarettir. Eğer bir boyut uygun değilse uygun hale gelene kadar rötuş işlemi yapılır. Diğer tarafta safi fonksiyonel gövde vardır. Bu yaklaşımda imalatçılar aracı yukarıdan aşağıya değerlendirirler. Onlar önce bir tam vidalanmış gövde imal ederler böylece ilk düzenli gövde başarılmış olur. Bu vidalanmış gövdeli araç değerlendirmesinden sonra tamamlanmış gövde uygunluğunu etkileyen bu yarı kompleler üzerinde değişikliğe başlanır. Sadece yarı komple aparat düzeyi ile problem çözülemezse geri gidilir ve kalıplar rötuş edilir.

### **2.1.3. Fonksiyonel gövde durum örnekleri**

Fonksiyonel gövdenin kullanımının proseslerinin çoğu uygulamaları ya iki rijit olmayan veya bir rijit, bir rijit olmayan bileşen şeklinde görünür. Genelde bir bileşen 1,5 mm’den daha az bir boşluk mesafesine sahipse rijit olmayan olarak değerlendirilir. Bu bileşenler montajlı hale gelmedikleri sürece rijit hale gelmezler. Tabi ki, gövde dış paneli arka tekerlek yanındaki kapı açıklığı ile 1,5mm daha az boşlukla rijit hale gelebilir. Bununla birlikte 1,5mm referans hattı parça tolerans limitleri için de kullanılır.

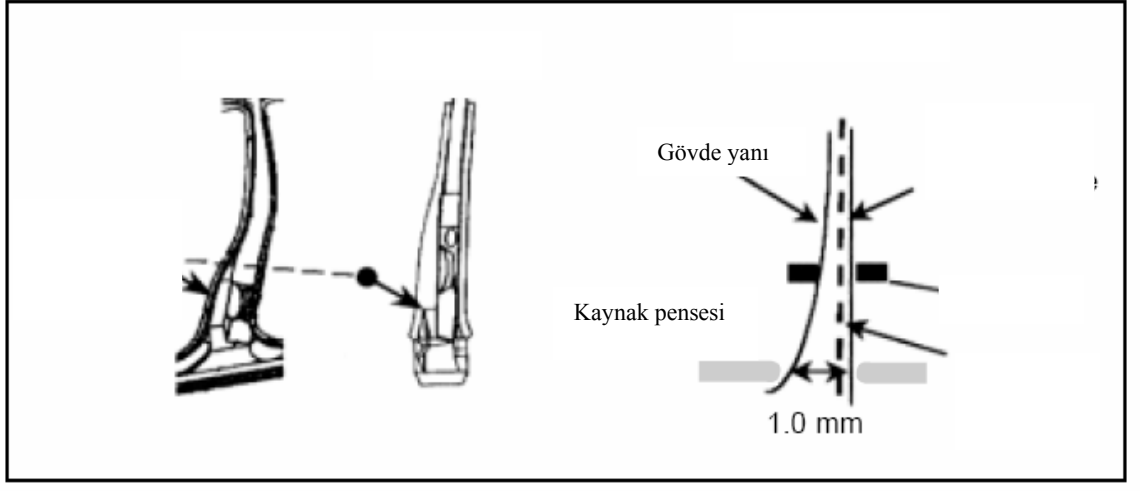




Şekil 2.8 Farklı Fonksiyonel Gövde Uygulama Stratejileri

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program  
2000, s.18, Şekil 10.

Fonksiyonel yapının nasıl çalıştığını göstermek için, orta direk takviyelerinin oturma yüzeylerini ve gövde yan panellerini gözden geçirmek gerekir. Merkezi yapı bileşeni yapısal bir bileşendir ve bu yüzden final gövde montajı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Eğer gövde yan paneli arabanın orta merkezinden 1mm açıkta ise, fakat orta direk nominalde ise nihai montaj nominaline doğru kaymaya çalışacaktır. Bu değişim oturma yüzeyleri paralel olduğunda meydana gelir. Böylece daha az rijit gövde yan paneli rijit iç yapıya uyacaktır. Geleneksel yaklaşım altında imalatçılar muhtemelen gövde yan panellerine rötuş işlemi yapacaklardır çünkü yan panel parça basım şartları Cpk gereksinimlerinin yakalanamamasına sebep olur. Tersine fonksiyonel yapı imalatçısı bu iki bileşeni montajlayarak ve sonuç gövdeye ve Cpk uyumu üzerinde gerekmevenlerin kararını vererek rötuş işlemi yaparlar. Bu montaj hala nominalden sapmalı olabilir fakat imalatçılar basılan kalıba göre fiziksel olarak montaj proses referansları bulabilirler.

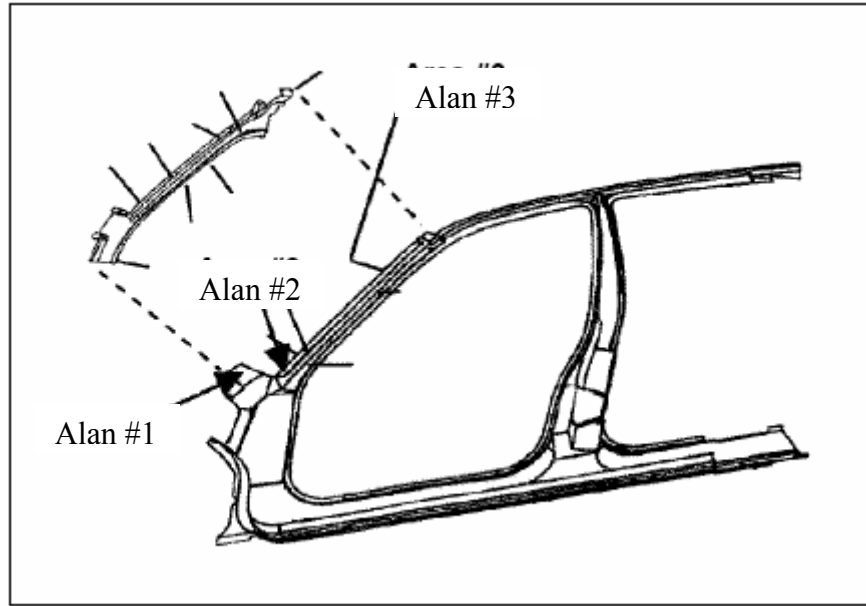


Şekil 2.9 Orta direk parçası montaj yüzeyleri

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program  
2000, s.19, Şekil 11.

### 2.1.3.1. Durum örneği 1: Rijit olmayanın rijit olana (ön camın gövdeye)

Şekil 2.10'da rijit olmayan rijit ön cam çerçevesi takviyesine oturma yüzeylerini göstermektedir. Şekilde gövde dış panelinin #1 ile gösterilen alanı üzerine odaklanılmıştır. Bu yüzey açık olarak non rijit bir alandır. Çizelge 2.4'de gövde yan dış paneli, ön cam takviyesi ve gövde yan montajı (ölçümler yüksek ve düşüktür) için bu alandaki ortalama sapmalar özetlenmiştir. Bu datalar montajlı parçaların rijit ön cam çerçevesinde ölçüsel uygunluğun, gövde üzerinde bulunan karşıt rijit olmayan parçaya göre daha yakın olduğunu önerir. Bu basit örnek rijit olmayan yüzeyinin daha rijit olan akuple parçasına göre nasıl daha uygun olacağını gösterir.



Şekil 2.10 Gövde Yan ve Ön Cam Takviyesi

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program  
2000, s.20, Şekil 12.

Çizelge 2.4 Ortalama Boyutların Özeti

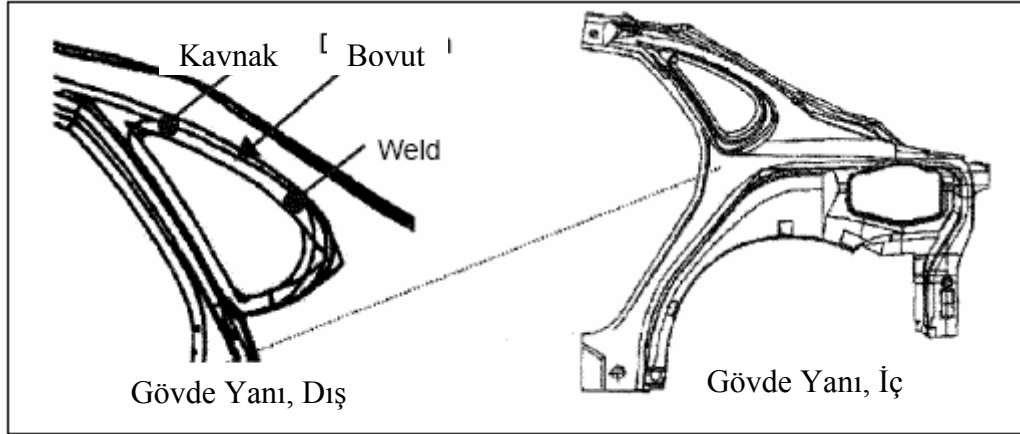
Alan	Gövde Yanı Ortalama	Ön cam çerçevesi	Montaj Ortalama
# 1	-0,7	0,5	0,6
# 2	0,9	-0,2	-0,4

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program  
2000, s.20, Çizelge 8.

### 2.1.3.2. Durum örneği 2: Rijit olmayanın rijit olmayana (gövde yan dış sacın- iç saca)

Bu örnekte iki rijit olmayan parça incelenecektir: Gövde yanının gövde iç sacına bağlantısı. Bu bileşenler benzer kalınlık boşluklarına sahiptir. Bu birleşim noktasının sonlu elemanlar analiz yöntemine görüş bireysel bileşenlerin ölçüsel uygunluğundan daha çok kaynak prosesi etkili olmaktadır. Örneğin her iki parçanın yüzeylerinin sertlik katsayısı esas olarak herbir parçanın oturma

flanşlarından montajından daha büyüktür. Çizelge 2.5’de veri destekli kaynak proses etkisi görülmektedir, montajlı parçaların nominale daha yakın ve kullanılan geleneksel kümelenmiş modellerden daha az varyasyona sahip olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 2.11 Gövde yan dış sacının gövde yan iç sacı durum örneği

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.21, Şekil 14.

Çizelge 2.5. Durum Çalışmasında Bileşenlerin Boyutsal Özeti

Parça	Boşluk Master	Ortalama	Sigma
Gövde Yanı Dış Sacı	0,9mm	0,11	0,43
Gövde Yanı İç Sacı	0,8mm	-0,41	0,18
Gövde Yanı Montaj		0,05	0,2

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.21 (Çizelge 9)

#### 2.1.4. Fonksiyonel yapı uygulama konuları

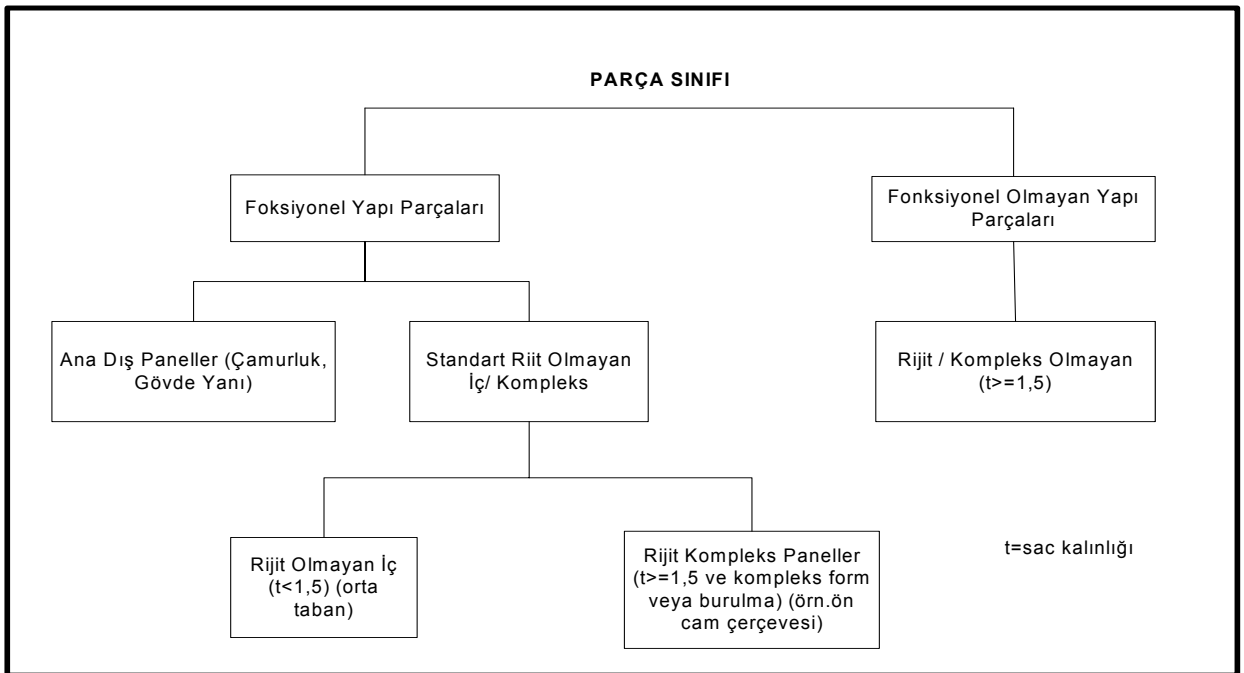
Fonksiyonel yapının uygulanmasında şu konular dikkate alınır:

- Parçanın tipi
- Parça yayınlama ve onay kriterleri

- Yarı komple değerlendirme kriterleri
- Organizasyonel gereklilikler

#### 2.1.4.1. Basılan parçaları sınıflandırma –“bir boyut tüm boyutları kapsamaz”

İmalatçının parçanın kriterlerini yakalamadaki kabiliyeti daha ziyade parçanın tipine bağlıdır. Ana dış paneller, rijit olmayan iç panellerden genel olarak daha problemlidir çünkü gövde boşluk hatalarının paralelliği gibi ilave kriterleri yoktur. Parça tipindeki değişiklikler fonksiyonel yapı prosesini etkiler. Rijit olmayan paneller daha geniş ortalama değişkenlikler eğilimindedirler. Bir diğer ifadeyle özellikle bir rijit parça ile birleşiyorsa, rijit olmayan boyutlar montaj esnasında değişmesi daha olasıdır.



Şekil 2.12 Boyutsal değerlendirme için parça sınıflandırması

Kaynak: Anonim, Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program 2000, s.29, Şekil 15.

Genel bir kural olarak imalatçılar sac kalınlığı 1,5mm'den büyük parçalar için nominale yakın ve az değişken parça üretme eğilimindedirler. Yine de bazı

ağır kontrol fikstürleri panellerinde bu kurala uyulamaz. Mesela ön cam iç takviyesi ve ön gövde orta direk takviyesi gibi bazı basılmış parçalar burulma ve kompleks form verme operasyonlarından sonra geniş bir sapma ile sonuçlanır. Buna ilave olarak bazı küçük, hafif panel parçaları ince takviyelere benzerlik özellikleri gösterir.

#### **2.1.4.2. Boyutsal onay metrikleri**

Çoğu imalatçı boyutsal kabul tanımlamalarında ana kriter olarak Cpk gibi geleneksel onay yaklaşımını kullanır. Parça onayı için Cpk'yı kullanmaya bir alternatif de Cpk'da birarada bulunan ortalama ve değişkenlik uygunluğunu ayırmaktır. Bu prensip arkasında yaklaşım rijit olmayan sac metal bileşenler için, ortalamanın değişkenliğini kontrol etmek, ortalamanın dizayn nominalinin göreceli yerinden çok daha kritiktir.

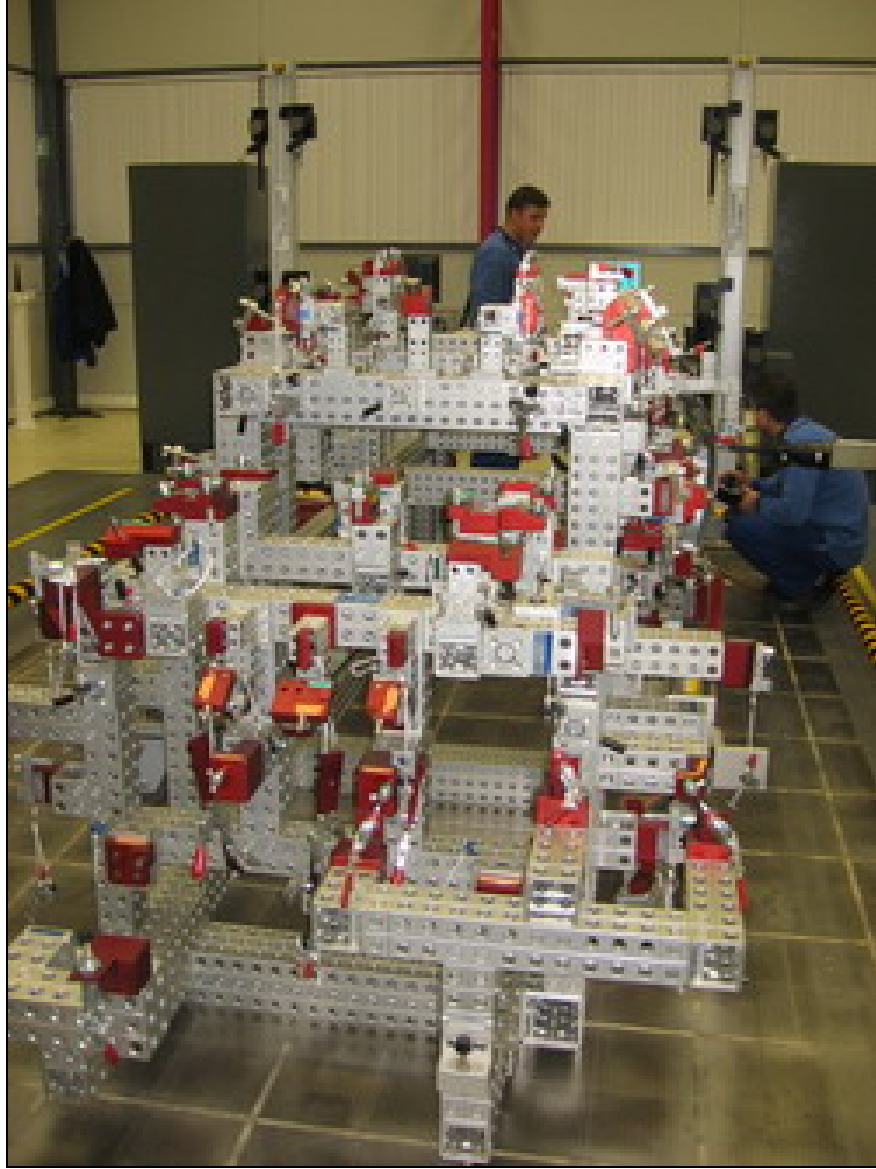
Değişkenliği değerlendirmek için bu çalışma Cp veya CR (yeterlik oranı=  $1/ C_p$ ). Bu indisler kısa dönemli proses yeterliliğini efektif olarak ölçer ve parça basımının değişkenliğinin beklenen sapma değerinin tanımlanmış tolerans aralığında olup olmadığını tanımlar (Anonim 2000).

#### **2.1.5. Resimli Açıklamalar**

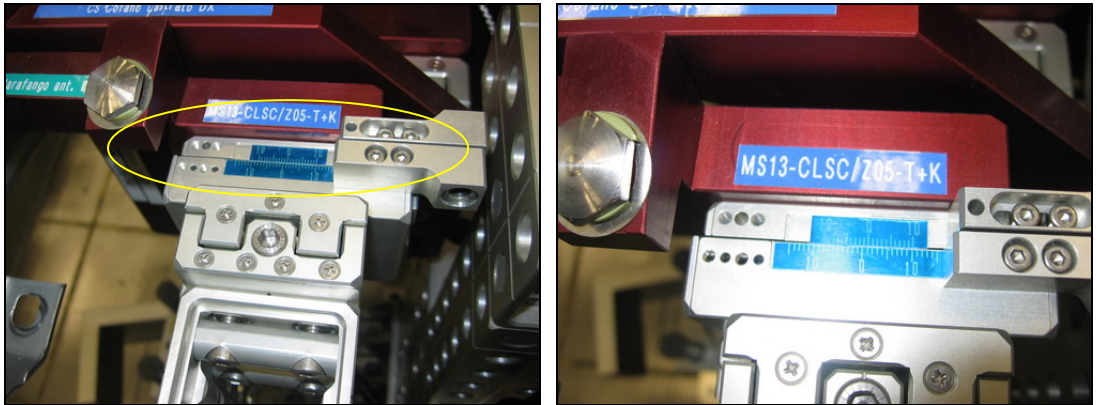
##### **2.1.5.1. Genel görünüş**

Şekilde 2.13'de gördüğü gibi aracın modeline göre uygun olan yapı alüminyum bloklar birbirine birleştirmek suretiyle yapılır. Aracın parçalarının uzaydaki referansları blok üzerine taşınarak araç modellenmiş olur. 3-D cihazı pleyti üzerinde konularak aynı anda istenilen bölgeden ölçüm yapılarak raporlanabilmektedir.

İstenildiğinde referans şimlari çıkararak referans yüzeyleri ötelenerek parçaya göre kaydırılabilmektedir. Böylece parça üzerinde referans yüzeyleri arasında ne kadarlı bir kaçıklık ve ana gövdede bu kaçıklığın ne kadar bir hataya sebep olacağı görülmektedir.



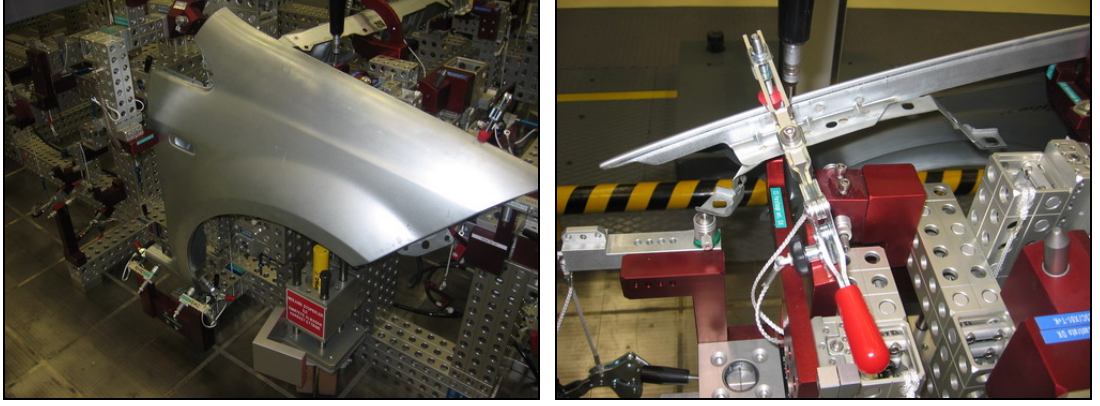
Şekil 2.13 Fonksiyonel gövde genel görünüş



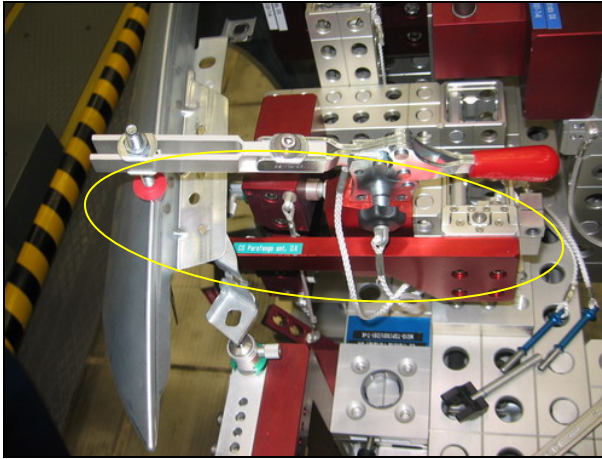
Şekil 2.14 Referans manuel ayar somun ve ayar kadranı

### 2.1.5.2. Örnek ölçümler

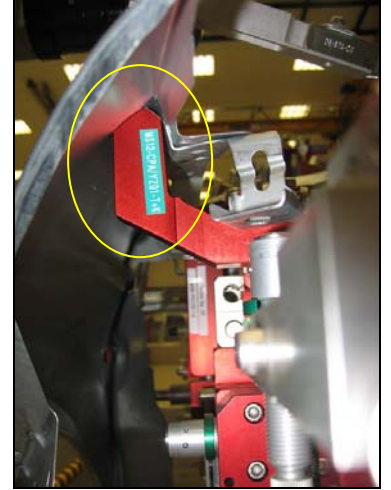
- Çamurluk sacı bağlantıları



Şekil 2.15 Çamurluk, fonksiyonel gövde sac referans noktalarına oturtulmuş ve bağlanmış

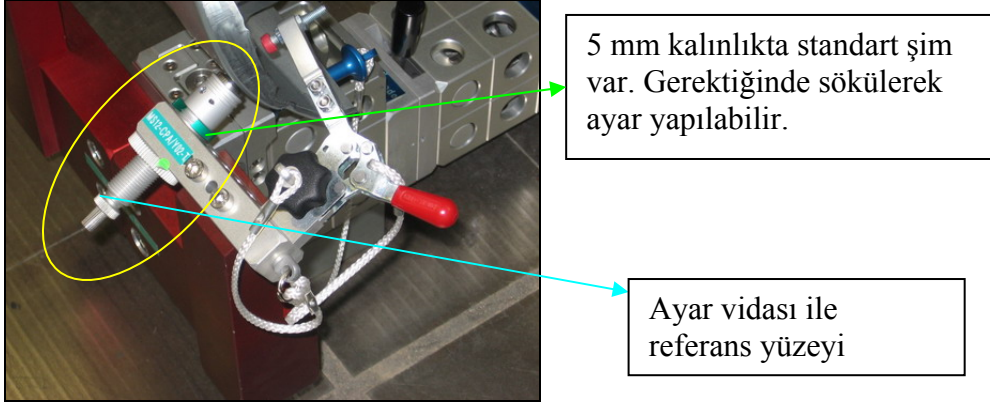


Şekil 2.16 Üstten klemple ref.noktasına basılmış.



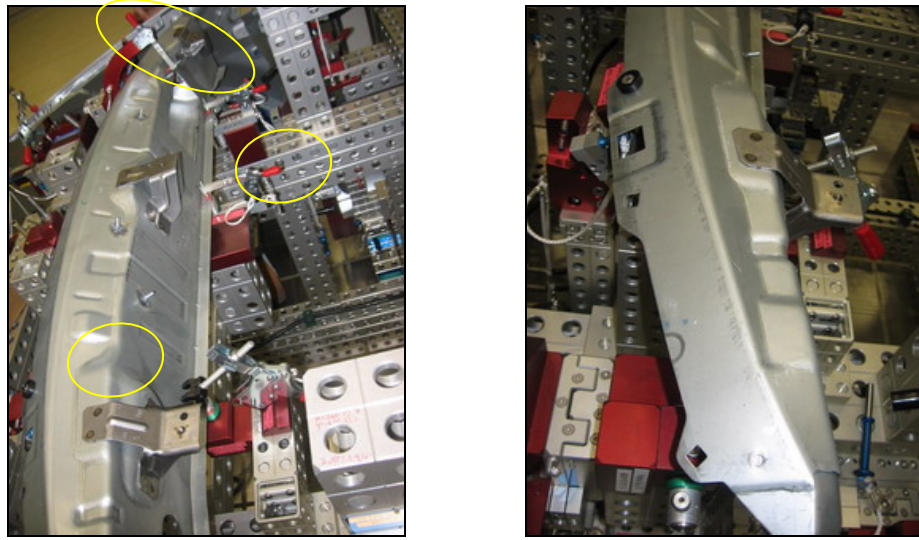
Referans yüzeyi alttan görünüş





Şekil 2.17 Çamurluk alt kısmının referanslaması

➤ Torpido bölgesi ölçümü



Şekil 2.18 Torpido parçası fonksiyonel gövde üzerine sabitlenmiş

## 2.2. Gövde Birleştirme Yöntemleri

Genel olarak gövde birleştirme metodlarını 3 ana başlık altında inceleyebiliriz

1. Manuel fikstürlerle birleştirme
2. Pnömatik ve otomatik sistemlerle birleştirme
3. Tam otomatik sistemler olarak sıralayabiliriz.

### 2.2.1. Manuel fikstürlerle birleştirme

Bu daha ziyada eski ve üretkenliği düşük olan ağır ve büyük üretim hatları kullanılmak suretiyle uygulanan bir yöntemdir.

#### İnsan:

- Aparata parça yükleme manuel olarak yapılır.
- Işık bariyer sistemleri olmadığı için iş güvenliği sistemleri açısından riskler mevcuttur.
- Ergonomik koşullar (asansör sistemleri, pense geçişleri simülasyonları, torç açıcıları çalışmalarıyla işgüvenliği ve sağlığı konularında )eksiklikler mevcuttur.
- Logic pnömomatik devreler söz konusu olduğu için sistem çalışması hataya daha elverişlidir.
- Sistem çalışmasında insan ön plandadır. Dolayısıyla her zaman çalışmanın sürekliliği için kalifiye işçi gerekliliği söz konusudur.
- Özellikle büyük ve havaleli parçaların taşınması manuel yapıldığı için, bu esnada ortaya çıkan iş kazalarının önüne geçilebilmiştir.
- Elektronik olarak sistem kontrol edilemediği için iş güvenliği açısından yüksek riskler oluşturmaktadır.

#### Metod:

- Tesfiye kaynaklı işler yoğunluktadır.
- PCL kontrollü sistemler olmadığı için birden fazla versiyon araç aynı aparatta veya hatta üretilebilmesi genellikle mümkün değildir.
- Versiyonların sevk ve idaresi manuel olarak yapıldığı için iş yükü gerektirir.
- Ayar zamanları çok yüksektir.
- Sadece mekanik poka-yokeler uygulanabilmektedir.
- Fikstür ve hatlar arasındaki taşımalar maneldir. Dolayısıyla taşıma kaynaklı hatalar hat safhadadır
- Genellikle manuel klempler yoğun olarak kullanıldığı için işlem süreleri oldukça uzundur.

- Fiktür üzerinde parça koyma, boşaltma, pense giriş ve çıkışlar ve torç kullanım açıları gibi ergonomi koşulları oldukça kötü olduğu için produktivite oldukça düşüktür.
- Manuel klemplerin kullanılmasıyla proses yeterliği açısından durum oldukça kötü olmaktadır. Klemp kapamayı unutma oldukça sık yapılan bir hatadır. Böylelikle geometri açısından süreçlerde değişkenlik oldukça yüksektir.
- Bu tip fikstürlerin dizaynında genellikle ergonomik koşullar gözönüne alınmadığı için parçaların yüklenmesi, çıkarılması, pense giriş ve çıkışları veya torç çalışma açıları gözöne alınmadığı için operatörün çalışması zorlaşmaktadır
- Ayrıca ağır ve hantal sistemler olduğu için bakım zorluğu oluşmaktadır. Bu da sisteme ilave bakım masrafları yüklemektedir.
- Özellikle görünüm parçaları olarak adlandırılan yüzey parçaları çok önem arz eden şiş-göçük- ezik gibi yüzey hatlarının büyük bir bölümü işçilik hatlarından ziyade taşıma sırasında oraya çıkmakta olup bu tip mekanik taşımalarda bu hatalar maksimuma ulaşmaktadır.
- Özellikle klemplerin çoğunlukla manuel olması nedeniyle uzun işlem süreleri gerektirirler.
- Elektronik olarak uygulanacak olan poke yoke sistemleri uygulanamadığı için sistemin işleyişi tamamıyla çalışan insiyatifine bağlıdır.

#### Çevre:

- Özellikle ağır ve büyük sistemlerde ortaya çıkan yağ, kir, toz çalışma alanını kötüleştirir. Bu tip kirlilikle mücadele için ayrıca bir efor sarfedilmektedir.

#### Ölçüm:

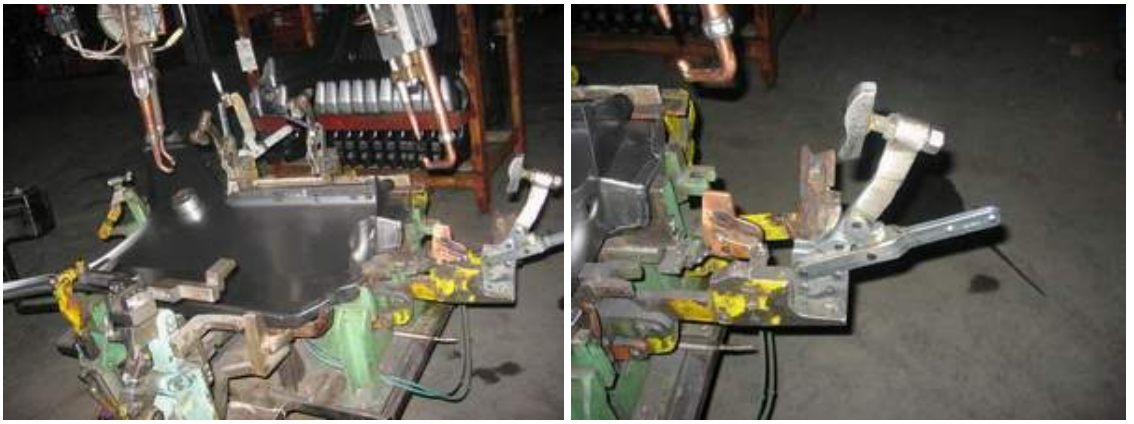
- Bu tip sistem ve aparatlar ayarlanabilir sistemler olmadığı için hem aparat ölçüm ve ölçümden sonra ayarlama zorlukları oluşmaktadır.

#### Makine:

- Ayrıca ağır ve hantal sistemler olduğu için bakım zorluğu oluşmaktadır. Bu da sisteme ilave bakım masrafları yüklemektedir.
- Fikstürler arası haberleşme olmadığı için sıralı hatlar arası skid (kaldır-götür sistemi) veya diğer taşıma sistemleri kullanımı imkansız hale geldiği için manuel taşıma veya operatör kontrollü celaskallara asma sistemiyle diğer fikstüre ve hatlara taşınmaktadır.

Örnekler:

1. Arka çamurluk toplama aparatı



Örnek 2.19 Şahin- Doğan arka çamurluk toplama aparatı

2. Taban toplama aparatı



Örnek 2.20 Şahin Doğan orta taban toplama aparatı

### 3. Davlumbaz toplama aparatı



Örnek 2.21 Şahin-Doğan çamurluk toplama aparatı

#### 2.2.2. Pnömatik, elektrikli ve yarı otomatik sistemlerle birleştirme

Bu sistemler geçiş dönemi olup manuel sistemlerle otomatik sistemler arasında geçiş dönemini ifade etmektedir. Araçlarda kalite bilincinin ortaya çıktığı ve rekabet koşullarının oluşmaya başlamasıyla ve özellikle PLC ve network sistemlerinde hızlı gelişme ile bu sistemlere geçiş hızlanmıştır. Genellikle yüksek derece işgücü gerektirmektedir.

Manuel sistemlere üstünlükleri:

İnsan:

- Aparata parça yükleme manuel olarak yapılabildiği gibi otomatik olarak da yapılabilmektedir.
- Işık bariyer sistemleri kullanıldığı için iş güvenliği olarak manuel sistemlere göre üstünlük gösterir.
- Ergonomik koşullar (asansör sistemleri, pense geçişleri simülasyonları, torç açıları çalışmalarıyla işgüvenliği ve sağlığı konusunun ) önemi artmıştır.
- Özellikle büyük ve havaleli sistemleri taşınması otomatize hale geldiği için, bu esnada ortaya çıkan iş kazalarının önüne geçilebilmiştir.
- Logic pnömatik devreler terk edildiği için bu sistemlerde ortaya çıkabilecek hatalar ortadan kalkmıştır.

- Sistem insana bağımlılıktan belli miktarda da olsa çıkarıldığı için sürekli olarak kalifiye işçi çalıştırılma zorunluluğu ortadan kalkar.
- Özellikle gelişen teknolojiyle emek yoğun işler azaldığı için standardizasyon artmış. Dolayısıyla tesfiye kaynaklı işler ortadan kalktığı için hata kaynakları azalmaktadır.

#### Çevre:

- Manuel sistemlere göre dizayn özellikleri olarak daha kompakt sistemlerdir.
- Ağır ve büyük sistemlerde ortaya çıkan yağ, kir ve toz gibi kötü çevre koşulları oluşmaz.

#### Ölçüm:

- Fikstürler ve aparatlar ayarlanabilir tip imal edildiği için ölçüm ve ayar kolaylıkları mevcuttur.

#### Metod:

- PLC kontrollü olduğu için birden fazla versiyon araç aynı aparatta veya hatta üretilebilir.
- Versiyonların sevk ve idaresi çok daha kolay hale gelir.
- Mekanik poka-yokeler yanında elektriksel olarak da poka-yoke uygulanabilir.
- Fikstür ve hatlar arasındaki taşımalar otomatik hale gelmiştir. Dolayısıyla taşıma kaynaklı hatalar minimize edilmiştir.
- Pnömatik ve elektikli klempler yoğun olarak kullanıldığı için işlem zamanları kısalmıştır.
- Fiktür üzerinde parça koyma, boşaltma, pense giriş ve çıkışlar ve torç kullanım açıları gibi ergonomi koşulları iyileştirildiği için prodüktivite artmıştır.
- Pnömatik ve elektrikli klemp sistemleri kullanılmasıyla proses yeterliği açısından daha rijit hale geldi. Böylelikle geometri açısından süreçler daha kararlı hale gelmiştir.

Malzeme:

- Parçalar üzerindeki hatalar özellikle poke yoke sistemleriyle tesbit edilebilir.

## Örnekler

### 1. Çamurluk toplama aparatı



Şekil 2.22. Doblo çamurluk toplama aparatı

### 2.2.3. Tam otomatik sistemler

İnsan:

- İnsan faktörünün çok az etkin olduğu, sadece bakım ve gözlemci olarak hatların başlarında bulunan sistemlerdir.
- Hatlara girilmeden önce sistemler bloke olduğu için iş kazası riski minimize olmuştur.

Çevre:

- İnsan faktörü olmadığı için arastok, ara stok sehpaları ve yoğun malzeme akışı yoktur. Parçaları robotlar taşır ve operasyonu robotlar yapar.

- Çevre kirliliği oluşturacak etkenler minimize edilmiştir.

Malzeme:

- Yarı otomatik sistemlere göre daha fazla poka yoke kullanılabilir. Sistemin dezavantajı robot sistemlerinin esnekliğinin fazla olmaması nedeniyle hata oluştuğu anda hattın bloke olmasıdır.

Ölçüm:

- Robot aparatları ölçümü sistemin karmaşıklığı ve kompaktlığı nedeniyle yarı otomatik sistemlere daha uzun zaman almaktadır.

Metod:

- Sistem esnekliği yoktur. Hata oluştuğunda genellikle tüm hat durur.
- Üretim esnasında hattın durmasına neden olduğu için aparatlara müdahale edilmesi imkansız hale gelir.
- Robotlar hep aynı açıda, aynı yere aynı kuvvetle punta kaynağı yaptığı için proses yeterlilikleri ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ ) özellikle  $C_p$  kararlı olarak 1,33 ün üzerinde gelecektir.
- Küçük parça hatalarında dahi sistem hata mesajı verip durduğu için kaynak edilecek yüzeylerdeki en küçük hatalara müsaade edilemez.
- Hatlar ve aparatlar arası taşımalar robotla yapıldığı için çarpma, vurma ve ezilme oluşan hem geometriyi etkileyen hem de dış yüzey parçalarında deformasyona sebep olan hatalar minimize olur.
- Hatalı pense kullanımı, parametre sonucu oluşan ve geometrik gidişatı etkileyen değişkenlikler ortadan kalkar.
- Özellikle gazaltı kaynaklarında hatalı açıda tutma, aşırı nüfuziyetten dolayı parça delinmesi gibi hatalar minimize olacaktır.

Hatalı operasyon ve ekipmanının hatalı kullanımı ile oluşan punta ve gazaltı hataları minimize olacaktır.



## Uygulama Örnekleri



Şekil 2.23. Punta robot grubu motor yanı için



Şekil 2.24. Punta robot grubu orta taban için



Şekil 2.25. Robot grubu burun hattı için

Bu metodların uygulamaları sırasında kullanılan imalat yöntemlerini ise şu şekilde sıralamak mümkündür:

1. Manuel fikstürlerle birleştirme
  - a) Punta kaynak yöntemi
  - b) Gazaltı kaynak yöntemleri
  - c) Tesfiye uygulamaları
2. Pnömatik ve otomatik sistemlerle birleştirme
  - a) Punta kaynak yöntemi
  - b) Gazaltı kaynak yöntemleri
  - c) Presleme yöntemi
  - d) Manuel clinching(büzdürme) işlemleri
  - e) Manuel perçinleme işlemleri
  - f) Kaynak saplaması kaynatma, civata çakma vs.
3. Tam otomatik sistemler
  - a) Robot punta kaynak yöntemi
  - b) Robot gazaltı kaynak yöntemleri
  - c) Robotlu clinching(büzdürme) işlemleri
  - d) Robotlu perçin işlemleri
  - e) Roller hemming yöntemi
  - f) Lazer kaynağı
  - g.) Otomatik kaynak civatası kaynatma, civata çakma vs.
4. Yeni teknolojiler
  - a) Patentler

#### 2.2.4. Clinching (büzürme) teknolojisi

Bu yöntemle 6mm kalınlığa kadar metaller, herhangi bir perçin elemanı gibi bir ara eleman olmadan lokal bir deformasyonla birleştirebilirler. Çok katmanlı birleşmiş yapılar basma butonuna benzerler ve hem kaplanmış ve ön laklama işlemeine tabi tutulmuş metaller yöntemle yüzeylerinde herhangi bir deformasyon olmaksızın biraraya getirilebilirler.

Sistemin avantajları :

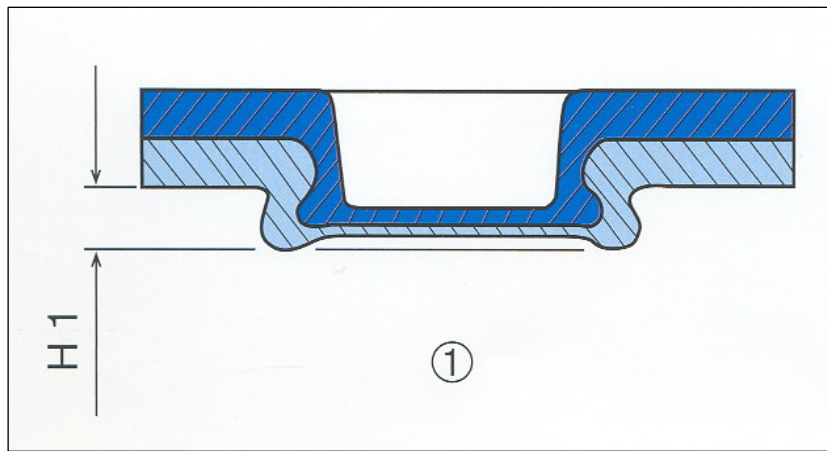
- Bağlantılar herhangi bir deformasyona sebep olmadan kontrol edilebilir.
- Herhangi bir malzeme harcanmaz
- Düşük enerji maliyetleri
- Birleşme bölgesi üzerinde herhangi bir termal yük oluşmaz
- İş parçası üzerinde bitmiş yüzeye herhangi bir hasar oluşmaz
- Film veya bağlayıcının geçici tabakaları çoğu durumda beraber değildir.
- Ön veya sonradan yüzey işlemei gerektirmez
- Çevreye dost iş alanı, duman ve gürültü yok
- Minimum bakım maliyetleri
- Minimum geometri deformasyonu

Bağlantının Şekli :

Genel olarak 2 adet bağlantı tipi kullanılmaktadır.

a. Dairesel Tip :

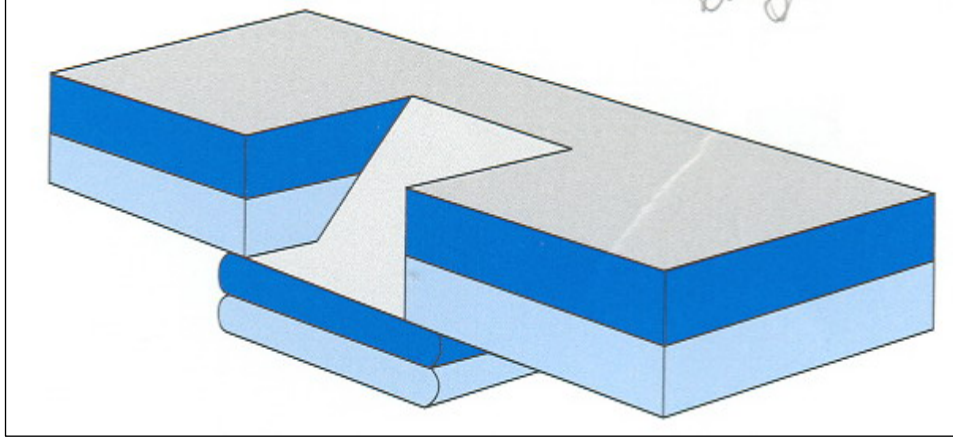
Birleşmiş parçalar lokal deformasyonla yüzüzedir. Bağlantının sonucu oldukça iyidir.



Şekil 2.26. Dairesel olarak clinching(büzürme) işlemei uygulanmış parçalar ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

b. Dikdörtgen Biçimli Tip :

Dairesel bağlantılar kesme ve deformasyon proseslerinin ortak bir sonucudur. Esas olarak sert metaller ve paslanmaz çelikler için uygundur.



Şekil 2.27. Dikdörtgen biçimli olarak clinching(büzdürme) uygulanmış parçalar ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

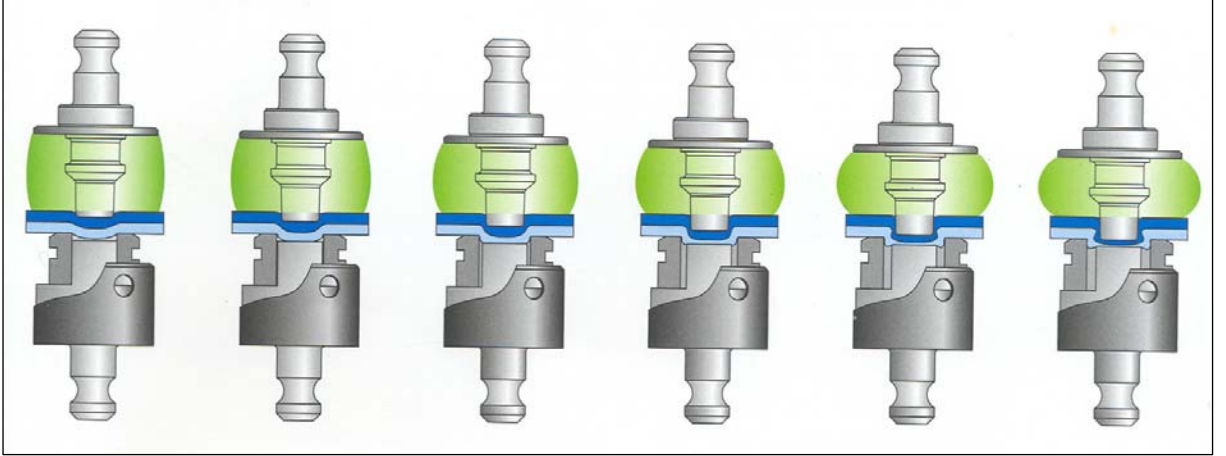
**2.2.4.1. Clinching (büzdürme) işlemi detayları**

Clinching (büzdürme) birleştirme işleminde malzemeler zımba tarafından ilk kuvvet etkisi ile matris içerisinde birleşeceklerdir. Matriste bulunan çoğu malzeme bu esnada zımbanın zorlamasıyla yatay olarak aşağıya doğru akacaktır. Bu nedenlerle hareketli matris kesitleri dışa doğru itilecektir ve malzemelerin düğme formuna akmasına izin verilecektir. Zımba sonra ya operatörün veya pnömatik zamanlamacının geri çekme kuvveti ile başlangıç noktasına hareket edecektir. Birleşmiş parçalar artık çıkartılabilir ve matrisin yan kısımları yay kuvveti ile geri çekilir.

Bu bağlantılar mevcut pres sistemleri veya herhangi bir uygun makina da kullanılabilir.

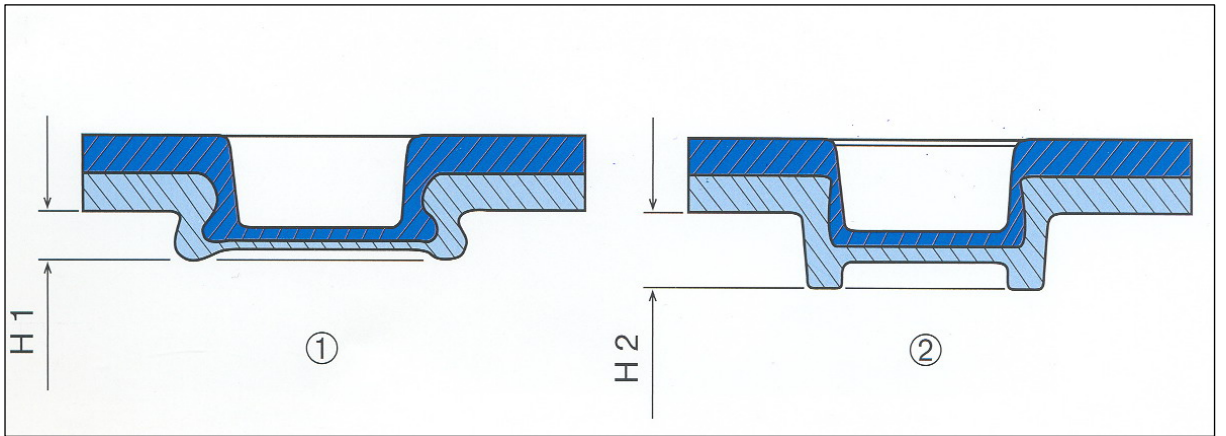
Bu sistem bir veya birkaç noktada aynı zamanda oluşturulabilir ve manuel makinalar ve robot sistemleri ile entegre çalışabilir.





Şekil 2.28 Clinching (büzdürme) işleminde işlem akışları

([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



Şekil 2.29. Clinching (büzdürme) ile normal kalıp prosesinin

karşılaştırması ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

#### 2.2.4.2. Clinching işleminin tek parça kalıp prosesleri ile mukayesesi

Clinching işleminin tek parça kalıp prosesleri üzerindeki avantajları şu şekilde sıralanır:

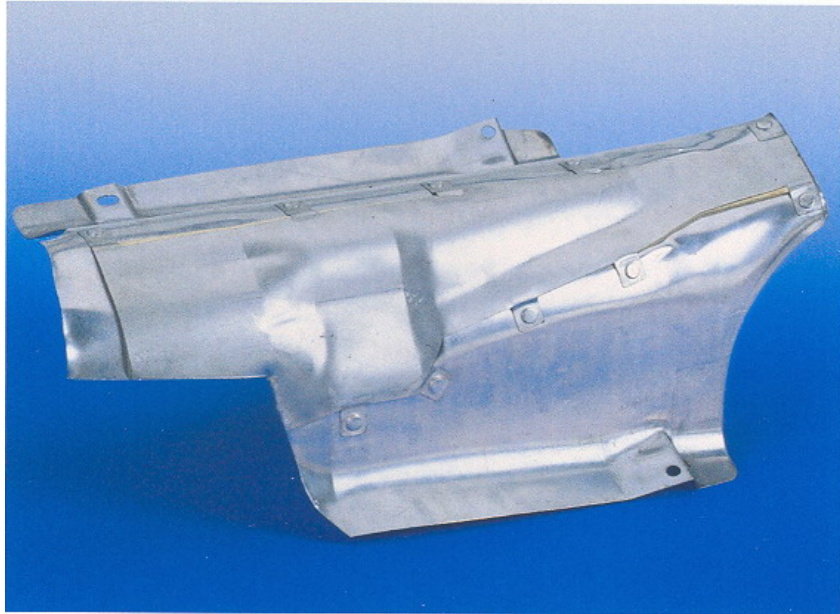
- Malzemenin daha iyi geri akışı nedeniyle çok yüksek kafa gerilim değerleri mümkün olur çünkü matris birleştirme prosesi sırasında malzemenin yanlara akmasını sağlamak için açılır.
- Bir takım kitiyle farklı sac kalınlıklarının malzemeleriyle birleştirme yapıldığı zaman daha fazla esneklik olur.

- Özellikle galvanizli ve kaplanmış yüzeylerde matris içerisinde yüksek radyal kuvvetler nedeniyle malzeme oluşmaz. Matrisler hacim daralması nedeniyle çapak yapmazlar. Bu da matrislerin daha uzun süre işlem yapabileceği anlamına gelir.
- Matristen parçayı çıkarmak için ilave bir çıkarıcıya ihtiyaç yoktur. Çıkarıcılarda genellikle otomatik sistemlerde probleme sebep olurlar.
- Malzemeler kalıplara sıvanmazlar. Böylece matris cidarlarında daha ince kalıp dizaynı sağlanır. Böylece iş parçasına daha iyi ulaşım sağlamak mümkün olur

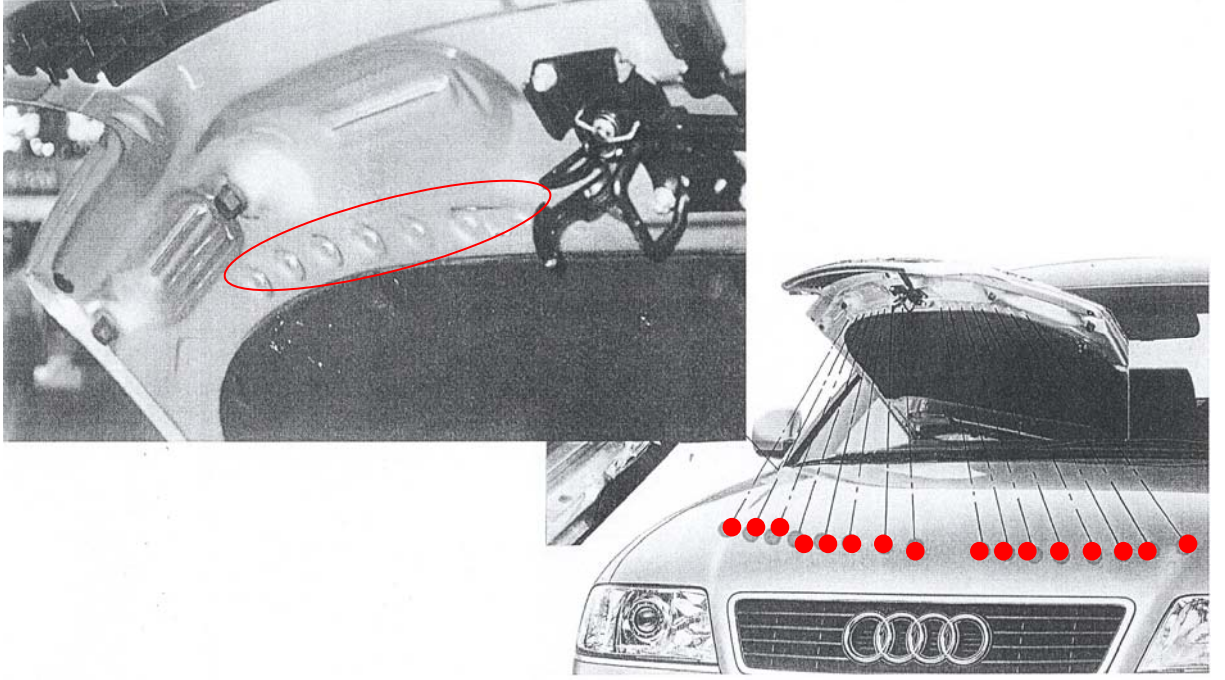
#### 2.2.4.3. Clinching(büzdürme) teknolojisi kullanım örnekleri

Otomotiv sanayindeki uygulamaları:

1. Motor kaputu
2. Bagaj kapağı
3. Direksiyon kolonu braketleri
4. Kapılar



Şekil 2.30 Egzos alüminyum ısı koruma sacı ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



Şekil 2.31 Alüminyum motor kaputu, Audi A6 ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

Otomotiv yan sanayindeki uygulamaları:

1. Yakıt tankı bağlantıları
2. Ön cam silecek motorları, süspansiyonlar
3. Koltuk çerçeveleri
4. Ayna gövdeleri

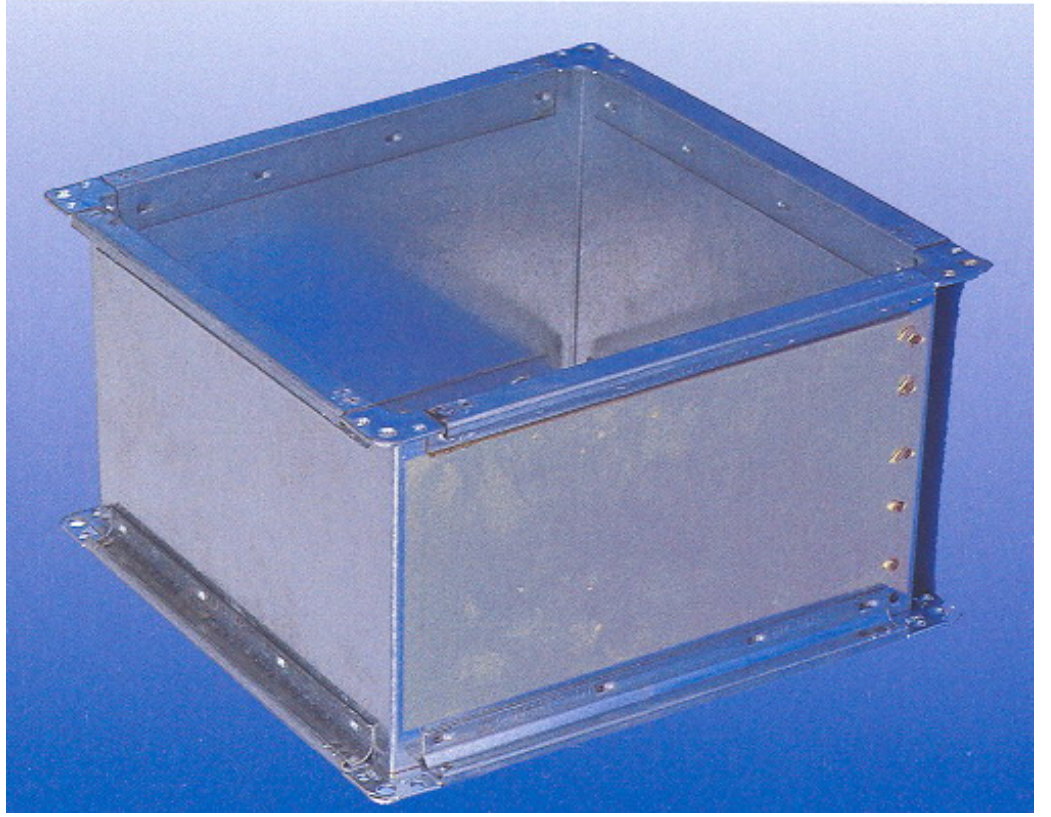


Şekil 2.32. Alüminyum hava yastığı kapağı ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



Isıtıcı , klima, havalandırma uygulamaları :

1. Filtre gövdesi
2. Radyatör
3. Havalandırma gövdesi



Şekil 2.33. Havalandırma borusu çelik ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

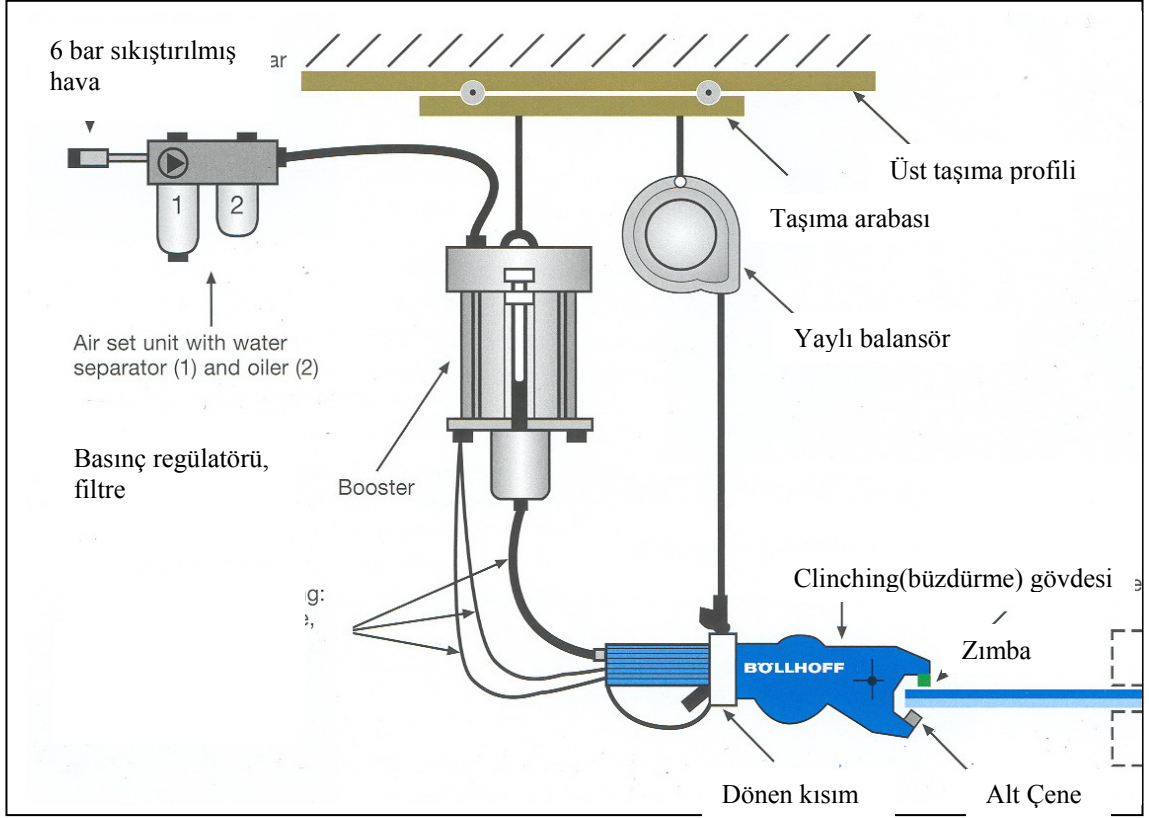
#### 2.2.4.4. Clinching işlemi ekipmanları ve atölye uygulamaları

Bu işlemi genel olarak manuel ve otomatik uygulamalar olmak üzere iki bölüme ayırmak mümkündür.

##### a. Manuel uygulamalar

Clinching (büzdürme) işlemi manuel uygulaması Şekil 2.34'de şematik olarak görülmektedir.



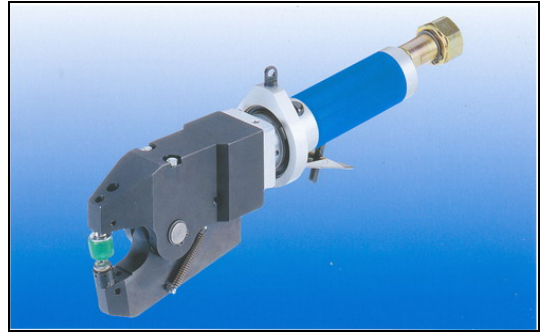


Şekil 2.34 İşletme içi clinching(büzürme) işlemi ekipmanları

([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de),2006)



Şeki 2 .35 Birleştirme kuvveti 25kN,  
Birleştirme Kalınlığı çelik için 2,5mm

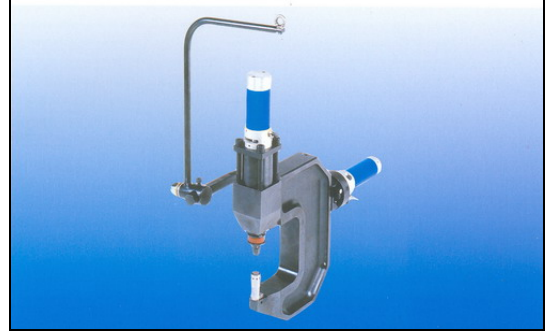


Şekil2.36. Birleştirme kuvveti 35kN, maks  
birleştirme kalınlığı çelik için 3mm

([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

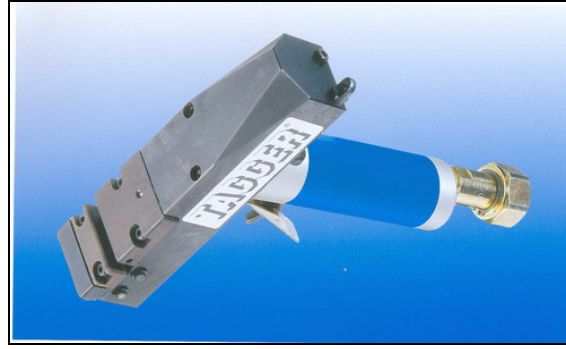


Şekil 2.37 Birleştirme kuvveti 35kN,max  
Birleştirme Kalınlığı çelik için 4mm



Şekil 2.38 Birleştirme kuvveti 50kN, max  
birleştirme kalınlığı çelik için 4mm

([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

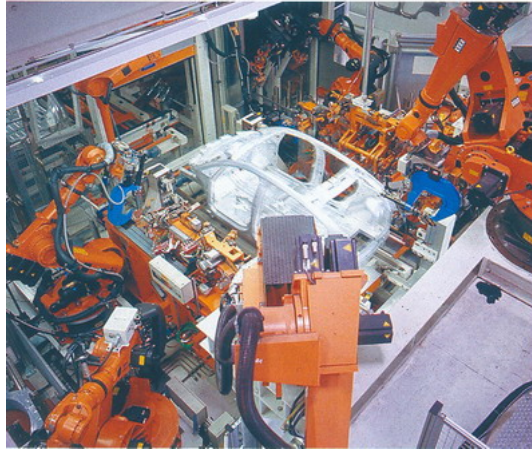


Şekil 2.39 Birleştirme kuvveti 365bar,max ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

Birleştirme Kalınlığı çelik için 1,4mm

#### b) Otomatik uygulamalar

Robot kollarına bağlanmış clinching(büzdürme) üniteleri ile bu işlem yapılabilmektedir. Bu sayede işçilik hataları, çevrim zamanları düşmekte, gövde geometri iyileşmektedir.



Şekil 2.40. Robot clinching(büzdürme) işlemi ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

### **2.2.5. Kendinden delmeli perçin teknolojisi**

Kendinden delmeli perçin teknolojisi mekanik bir birleştirme yöntemi olup, bir ara eleman ile yüksek basınç altında parçaların birleşmesidir ve problemsiz çok katmanlı bağlantılara izin verir. Kendinden delmeli perçinleme mekanik bir clinching(büzdürme) yöntemi olup, özellikle şimdiye kadar yaygın olarak kullanılan punta kaynağı ve kör kafalı veya tam perçin yöntemlerine göre umut vermektedir.

Punta kaynağının tersine, kendinden delmeli perçin ince cidarlı iş parçalarının bitmiş yüzeylerinde herhangi bir deformasyona sebep olmaksızın birleştirmeye olanak sağlar.

#### **2.2.5.1. Geleneksel kaynak yöntemleri ile punta kaynak yöntemi mukayesesi**

Fonksiyonellik :

- Proses otomasyon ve diğer imalat operasyonları içindeki integrasyonu idealdir.
- Perçin elementleri dizayna bağlı olarak diğer fonksiyonları garanti eder.
- Kısa ayar zamanları vardır.

Malzeme Karışıklığı :

- Pekçok malzeme kombinasyon seçenekleri malzeme tipi ve kalınlığına göre mümkündür.
- Kaplanmış metalik malzemeler metalik, organik ve inorganik kaplamalar bir araya getirilerek birleştirilebilir.
- Plastik ve sürtünme gibi geçici tabakalar proses uyumludur.

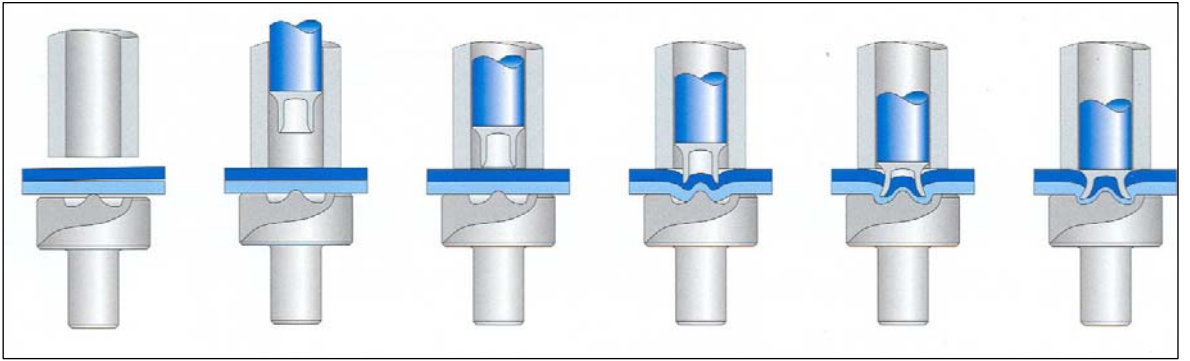
Proses Güvenirliliği :

- Kontrol edilebilir proses
- Bağlantılar tam tahribatlı kontrol ile kontrol edilebilir.
- Birleşme bölgelerinde termal yükler yoktur.
- Uygulamak kolaydır.
- Uygulama öncesinde/sonrasında yüzey temizliği veya birleşen yüzeylerinden sprey artıkları kaldırılmasına gerek yoktur.
- Alaşım elementlerine hasar vermez ve aşırı ısı oluşmaz

Çevre :

- Zararlı olan duman ve gazlar proses esnasında oluşmaz
- Düşük gürültü düzeyine sahiptir.
- Düşük enerji maliyetleri vardır.
- Artık yok (sıçrıntı, malzeme yığılması vs.)

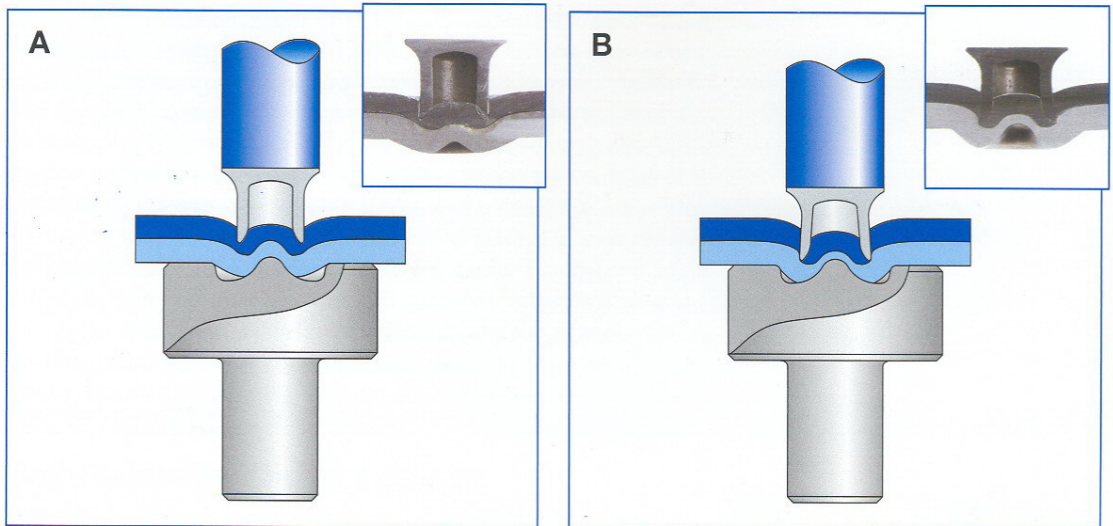
Kendinden Delmeli Perçinleme İşlemi Adımları:

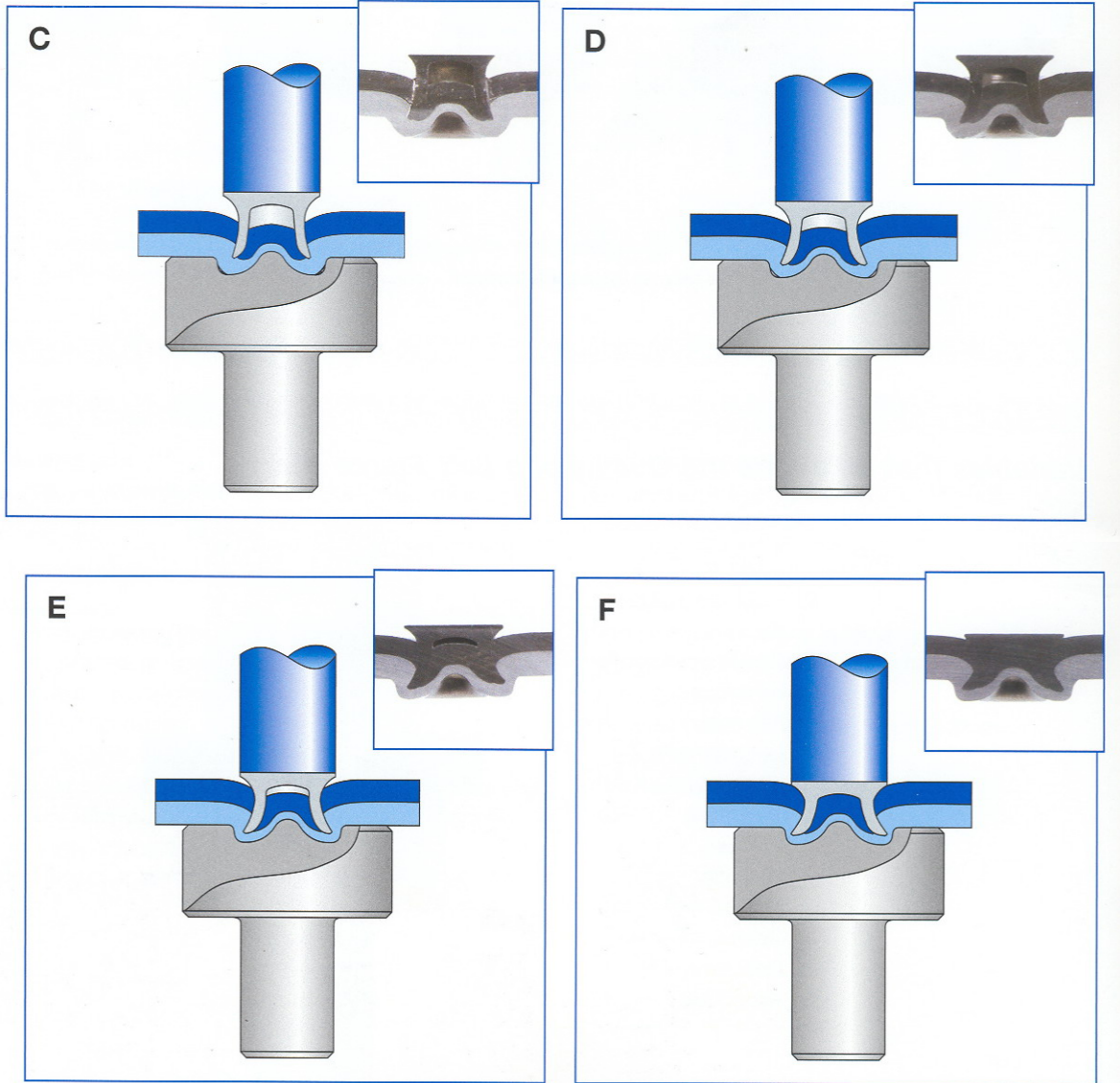


Şekil 2.41 Kendinden delmeli perçinleme işlemi adımları

([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

Uygulama Örnekleri :





Şekil 2.42 Kendinden delmeli perçin işlemleri detayı ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

Bu işlem :

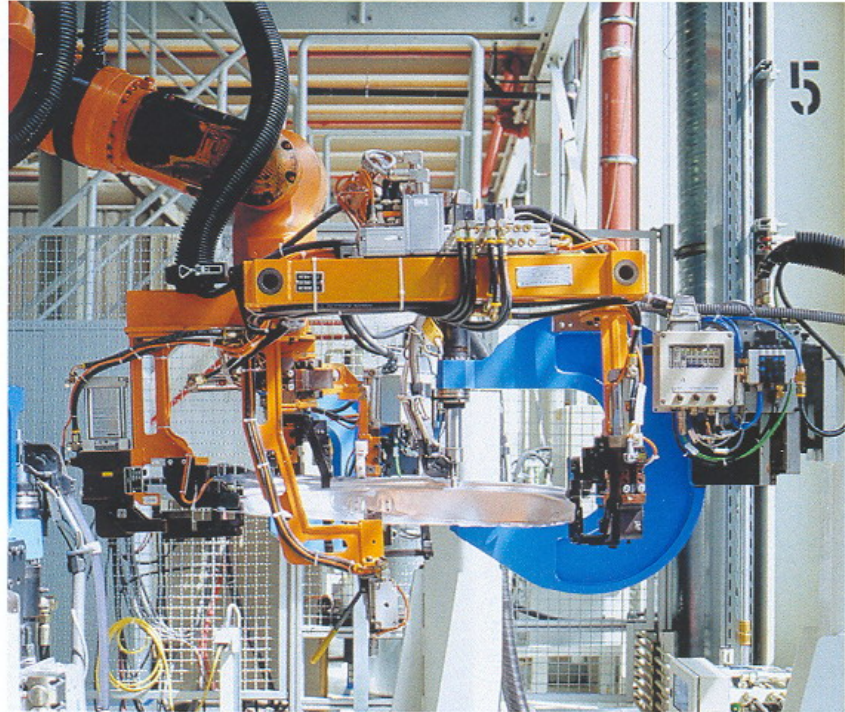
- Toplam kalınlık 1,2 ila 6,5 mm arasındaki çelik saclara
- 1,8 ila 11 mm kalınlığındaki alüminyum parçalara
- Bakır gibi demir olmayan malzemelere
- Farklı malzemelerin çeliklerine
- Plastiklere
- Ahşap malzemelere
- Kompozit malzemelere uygulanır.



### 2.2.5.2. Kendinden delmeli perçinlerin ekipman uygulama örnekleri



Şekil 2.43. Manuel bileşen taşıma statik kendinden delmeli perçin sistemi  
([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



Şekil 2.44. Otomatik taşıma sistemi robot besleme bileşenleri ve kendinden delmeli perçin sistemi ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



Şekil 2.45. Sabit bileşen sisteminde kendinden delmeli sistemin manueli  
([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



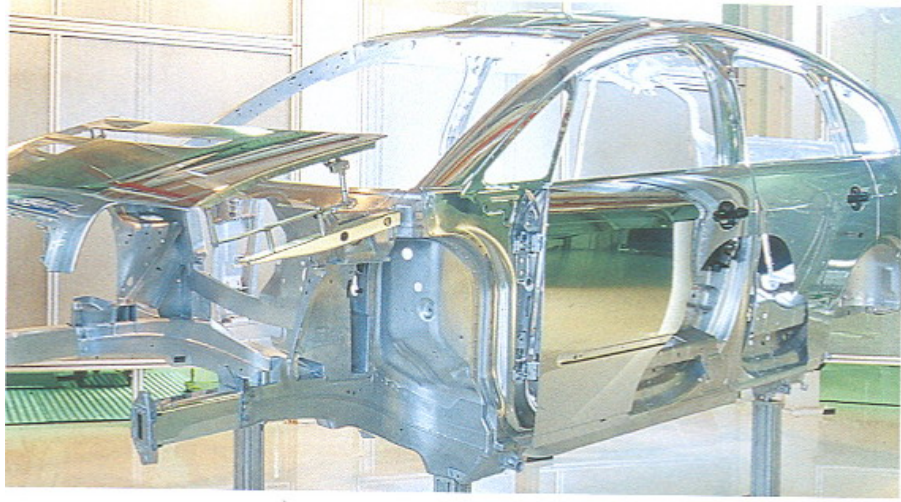
Şekil 2.46. Robot kendinden beslemeli tam otomatik üretim hattında otomatik taşıma  
([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

Otomotiv alanındaki uygulamalar:

- a) Taşıt endüstrisinde
  - Taşıt Gövde Uygulamalarında
  - Kanatlarda
  - Pencere aralıklarında



- Ön cidarlarda
- Kapı bağlantılarında aralıklarında
- Ön/arka motor kapağı
- Taban yarı komplelerde
- Süspansiyon tutturma braketlerinde



Şekil 2.47. Audi A2 alüminyum gövde ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

b) Taşıt yardımcı sistemler endüstrisinde

- Akü bağlantılarında
- Isı koruma paneli montajında
- Koltuk montajında
- Volan gövde takviyelerinde
- Açılır tavan

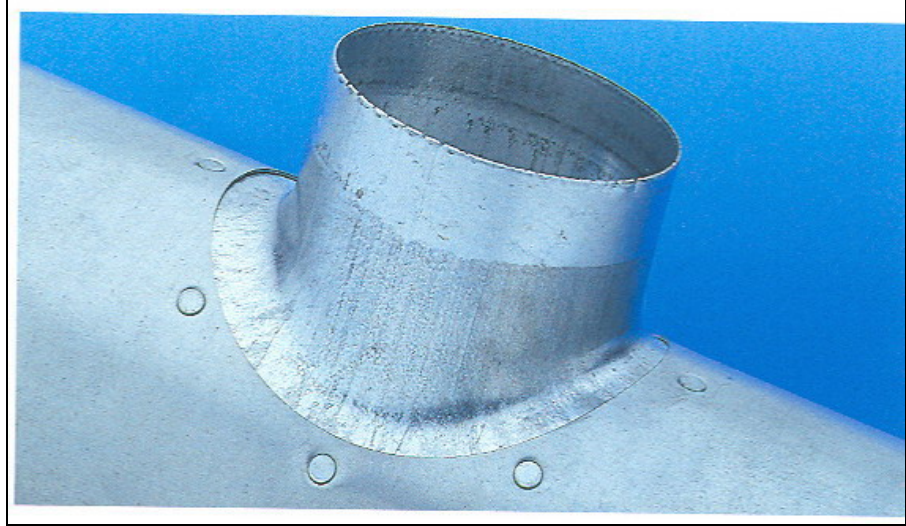


Şekil 2.48. Volan, çelik ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)



c) Isıtma, klima ve havalandırma Sistemi Uygulamalarında

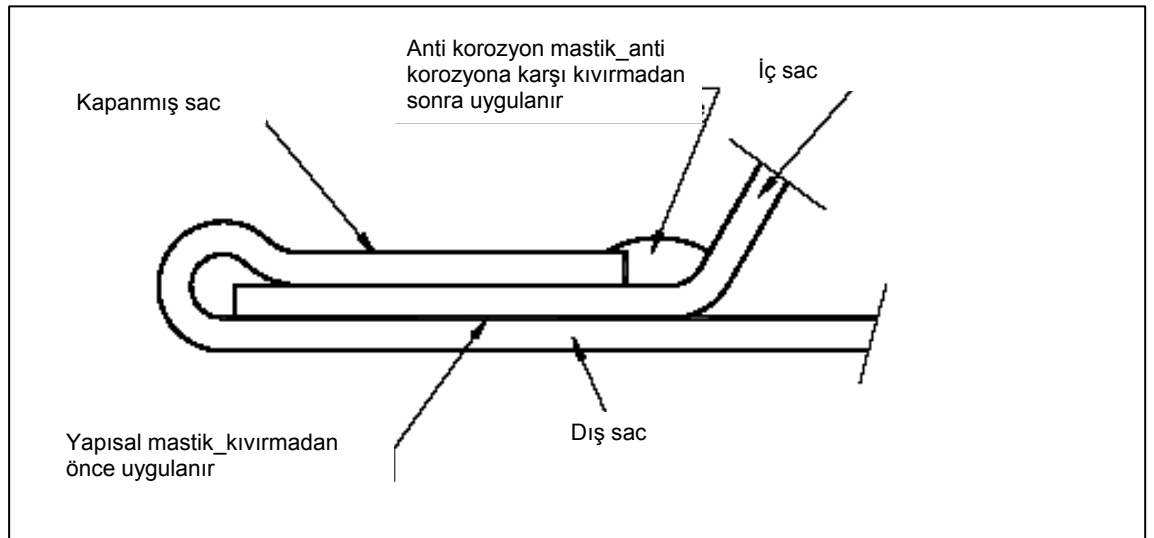
- Ventilasyon borularında
- Hava kanalı montajında
- Havalandırma kanalı borularında
- Radyatör montajında



Şekil 2.49. Havalandırma Borusu, çelik ([www.boellhoff.de](http://www.boellhoff.de), 2006)

**2.2.6. Kenar bükme işlemi nedir?**

Kenar kıvrıma bir dış sacı iç sacı üzerine, kenardan 6 mm uzakta olacak şekilde farklı ekipmanlarla kapatılması işlemidir.

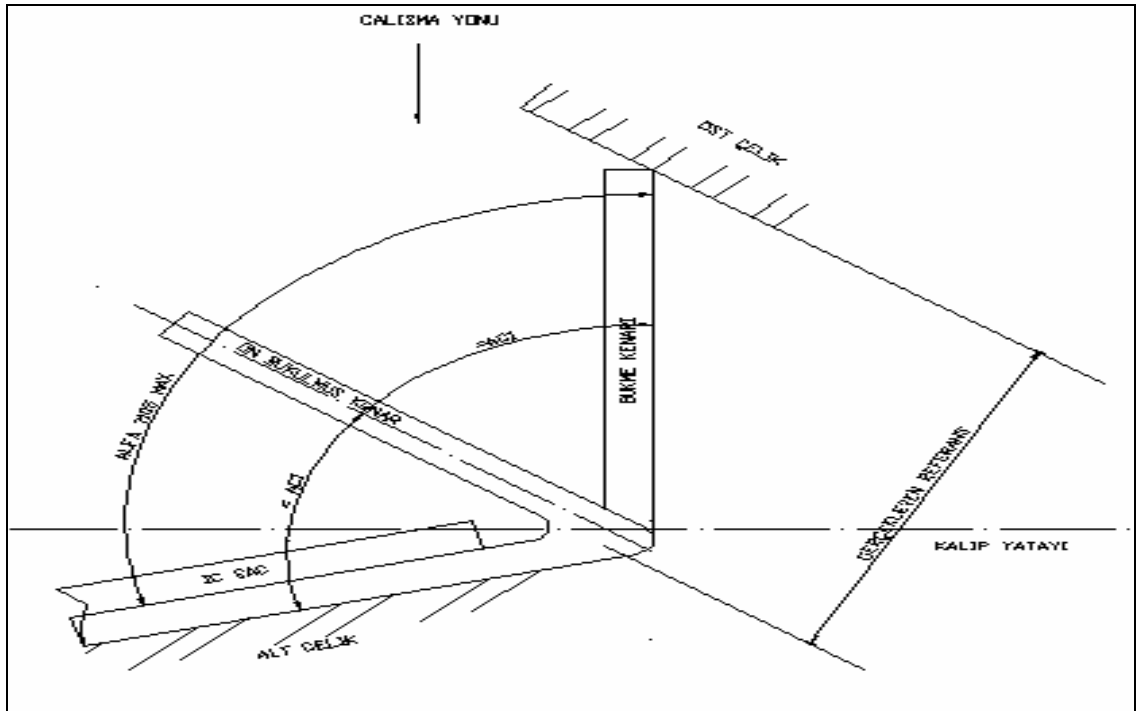


Şekil 2.50. Kenar kıvrıma işleminin genel görünüşü

Kaynak: Couration, D.,Outilage de Presse, Outil de Presertisage, Fondamentaux Pour  
Conception 2003, s.4

### 2.2.6.1. Kenar bükme işlemi için gerekli operasyon sayısı nasıl belirlenir?

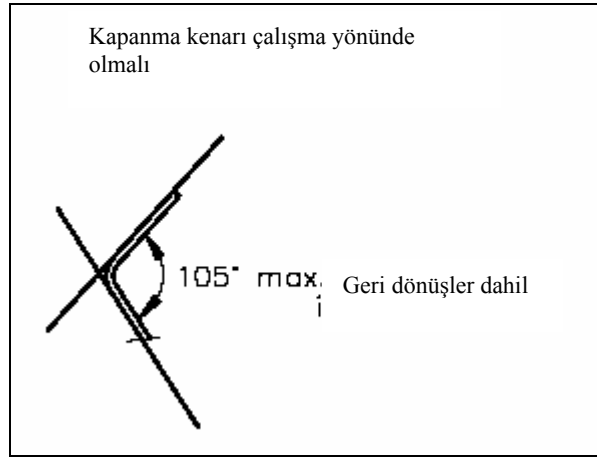
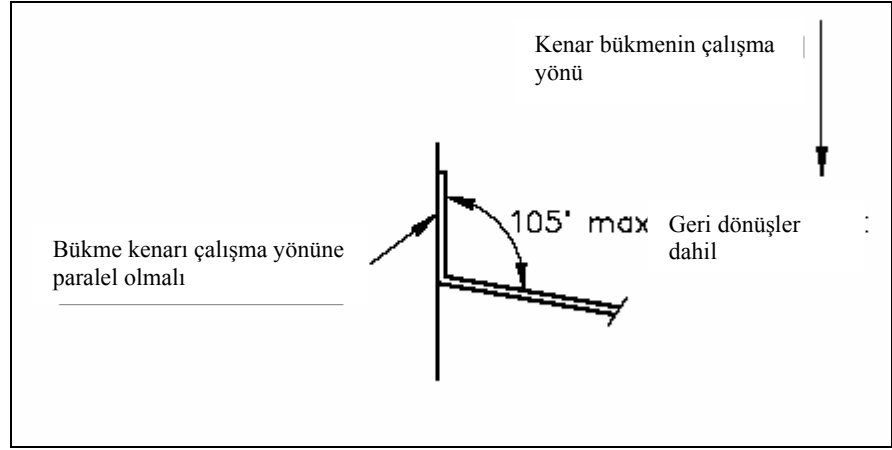
- a) Eğer  $\alpha$  açısı kenardan itibaren-kenar büküldüğünde-  $\leq 105^\circ$  ise iki operasyon yeterlidir.
- Ön kenar bükme
  - Nihai kenar bükme
- b) Eğer  $\alpha > 105^\circ$ , üç operasyon gereklidir.



Şekil 2.51. Bükme işleminde kenar bükme açıları

Kaynak: Couration, D.,Outilage de Presse, Outil de Presertisage, Fondamentaux Pour  
Conception 2003, s.4

Kenar bükme yapabilmek için, bükülecek kenar ya çalışma yönünde olmalı veya kapanma çalışma yönünde olmalıdır.

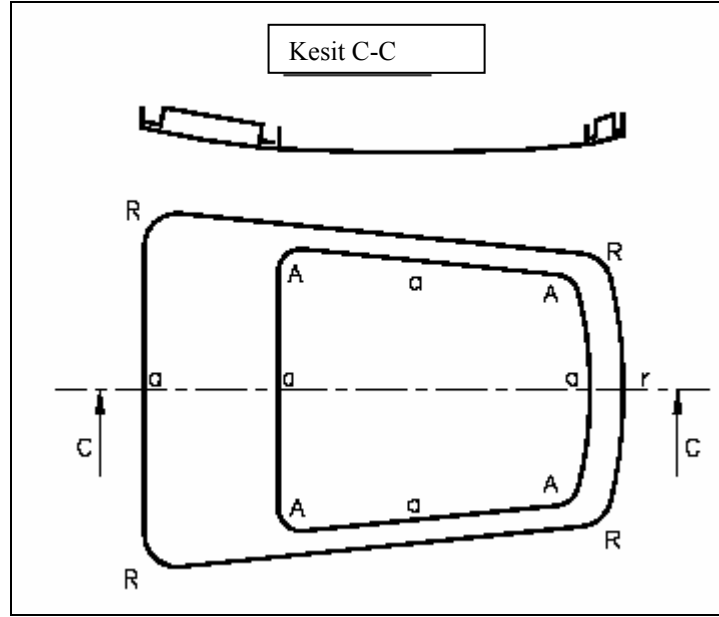


Şekil 2.52. Kenetleme sırasında açılar

Kaynak: Couration, D., Outilage de Presse, Outil de Presertisage, Fondamentaux Pour Conception 2003, s.5

### 2.2.6.2. Kenetleme işlemi sırasında sac deformasyonu

Kenar bölgelerde kenetleme işlemi sırasında, parçanın geometrisine bağlı olarak çekme ve uzamalar meydana gelir.



Şekil 2.53. Kapı parçasında kenetleme sırasındaki durumu

Kaynak: Couration, D., Outilage de Presse, Outil de Presertissage, Fondamentaux Pour Conception 2003, s.5

A= Önemli uzama

a = Zayıf uzama

R = Önemli çekme

r = Zayıf çekme

### 3.2.6.3. Bükme kenarının geometrisi

Güçlü uzama ve çekmenin olduğu bölgelerde, kenarın yüksekliği düzeltilmelidir.

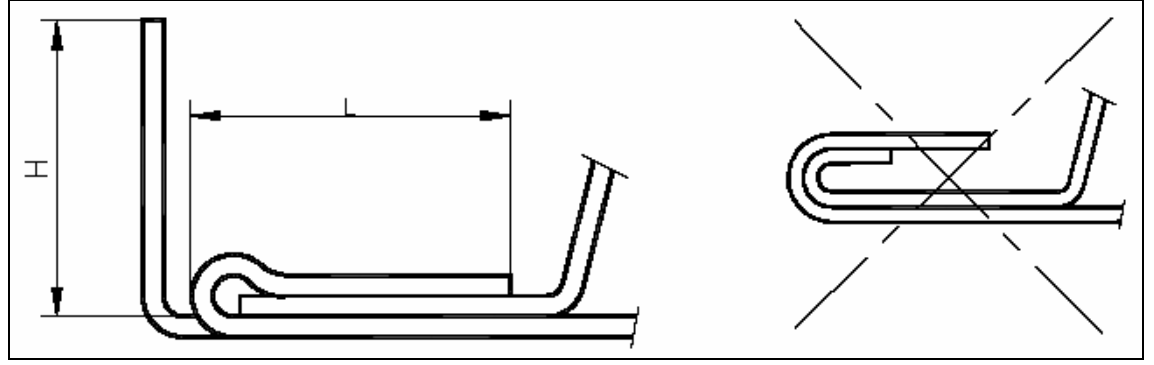
Bundan sonraki örnekler içerisinde tüm kenarlar sac içerisindeydir.

H kenarı, kenar bükme işleminden önce bükme kenarının yüksekliğidir.

L kenarı, fonksiyonel kenar bükme işleminin kapama kenarıdır.

Radyus > 800 ise L=8 mm çelik için, 10mm alüminyum ve düz parçalar veya zayıf eğrilik yarıçapı için. Lokal olarak L çelik için 5mm ye eşit ve alüminyum parçaları daha kolay birleştirmek için 7mm olarak ele alınır. (Couration 2003)

H bükme işlemlerinde L kenar uzunluğunun bir fonksiyonu olarak hesaplanır.



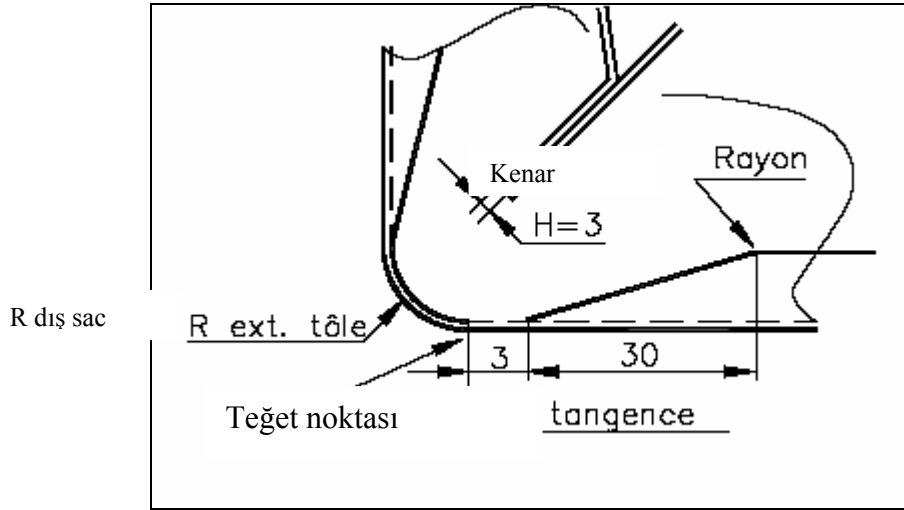
Şekil 2.54. Bükme kenarının durumu (Couration )

Kaynak: Couration, D., Outilage de Presse, Outil de Presertissage, Fondamentaux Pour  
Conception 2003, s.6

a) Önemli Çekmelerin Olduğu Radyus Kenarlarının Geometrisi

Çelikler için  $R < 5$  ise  $H = 3\text{mm}$

Alüminyum için  $R < 6$  ise  $H = 3\text{mm}$  alınır.

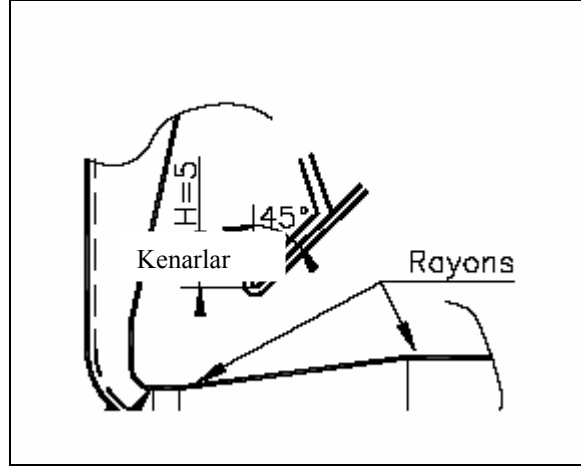


Şekil 2.55. Önemli çekmelerin olduğu radyus kenarlarının geometrisi

Kaynak: Couration, D., Outilage de Presse, Outil de Presertissage, Fondamentaux Pour  
Conception 2003, s.7

Çelik için R5 den R8 ön-kenar bükme  $H = 4\text{mm}$

Alüminyum için R6 dan R10 ön-kenar bükme  $H = 5\text{mm}$



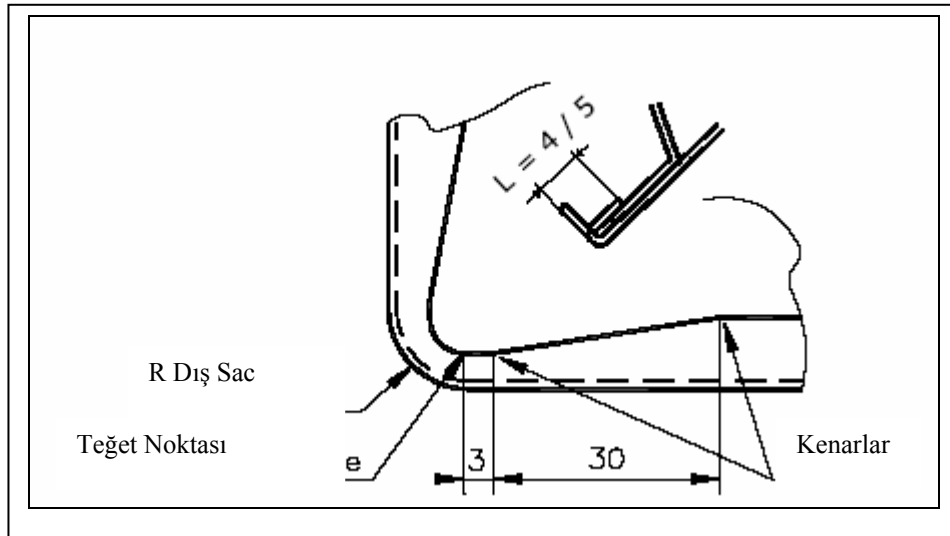
Şekil 2.56. Önemli çekmelerin olduğu radyus kenarlarının geometrisi ön-kenar bükme  
Kaynak: Couration, D.,Outilage de Presse, Outil de Presertisage, Fondamentaux Pour  
Conception 2003, s.7

Çelikler için :

R8 ila R30 nihai kenar bükme için  $L=4\text{mm}$

Alüminyumlar için:

R10 ila R30 nihai kenar bükme için  $L=6\text{mm}$



Şekil 2.57. Nihai kenar bükme

Kaynak: Couration, D.,Outilage de Presse, Outil de Presertisage, Fondamentaux Pour  
Conception 2003, s.7

b) Önemli Uzamaların Olduğu Radyus Kenarının Geometrisi

Çelik için

... $\beta > 90^\circ$  (tam kenar bükme)

$R < 50$  ise  $L = 4\text{mm}$

R50 ile R80 arasındaysa  $L = 5\text{mm}$

Alüminyum için

$R < 55$  ise  $L = 5\text{mm}$

R50 ile R80 arasındaysa  $L = 6\text{mm}$

Kenar bükme için gerekli güç

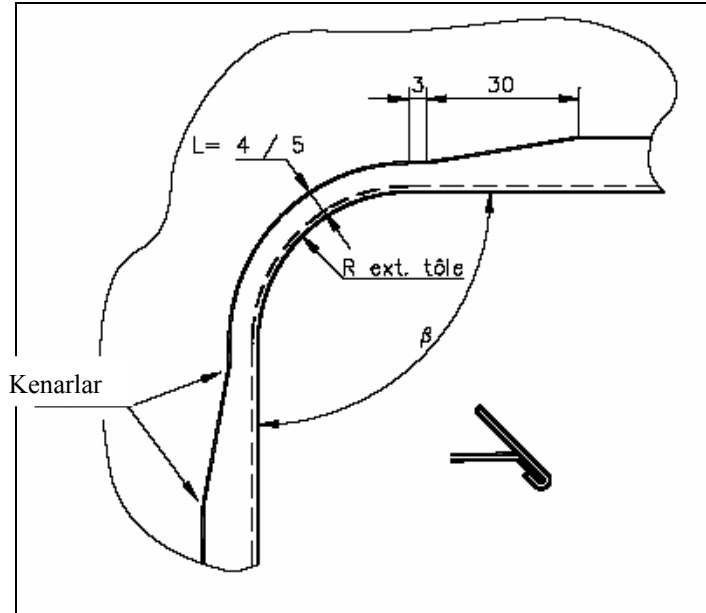
Ön-kenar bükme: 30 KN/m ortalama

Nihai kenar bükme: 150 KN/m ortalama (Couration 2003)

#### 2.2.6.4. Parça çevresinin geometrisi

Sacın çevresinin yer değiştirmesi

- İçe doğru, zayıf uzama ve çekme bölgelerinde, parçanın hacmine göre
- Güçlü çekme bölgelerinde dışa doğru, bükme kenarının tanımı, sacı ön-kenar bükmede yerdeğiştirmesinin bir fonksiyonudur.

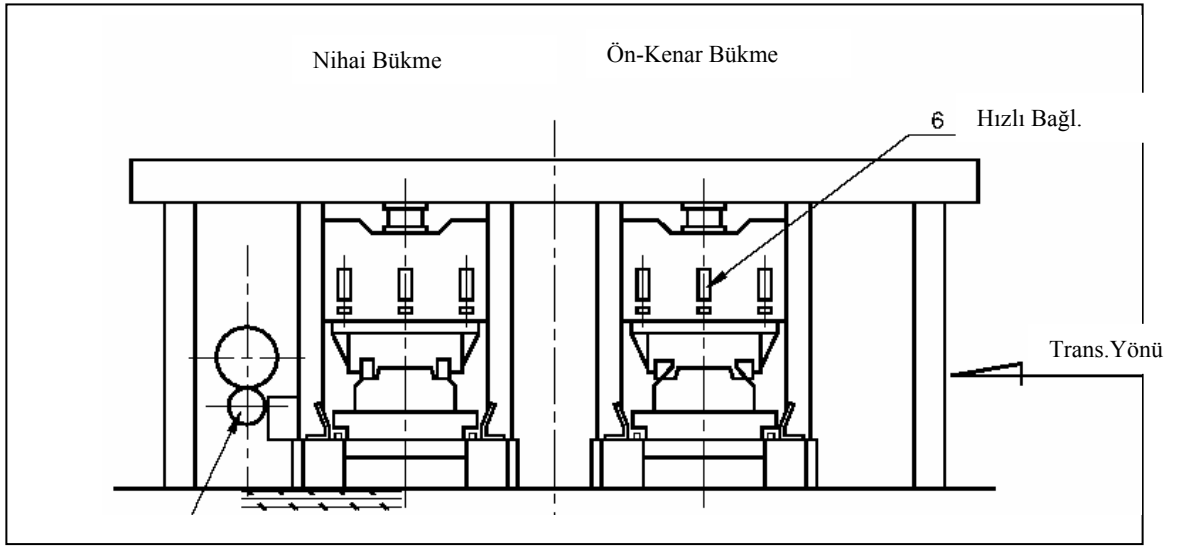


Şekil 2.58 Parça çevresinin geometrisi

Kaynak: Couration, D., Outillage de Presse, Outil de Presertisage, Fondamentaux Pour Conception 2003, s.8

### 2.2.6.5. Kenar Bükme Ekipmanları

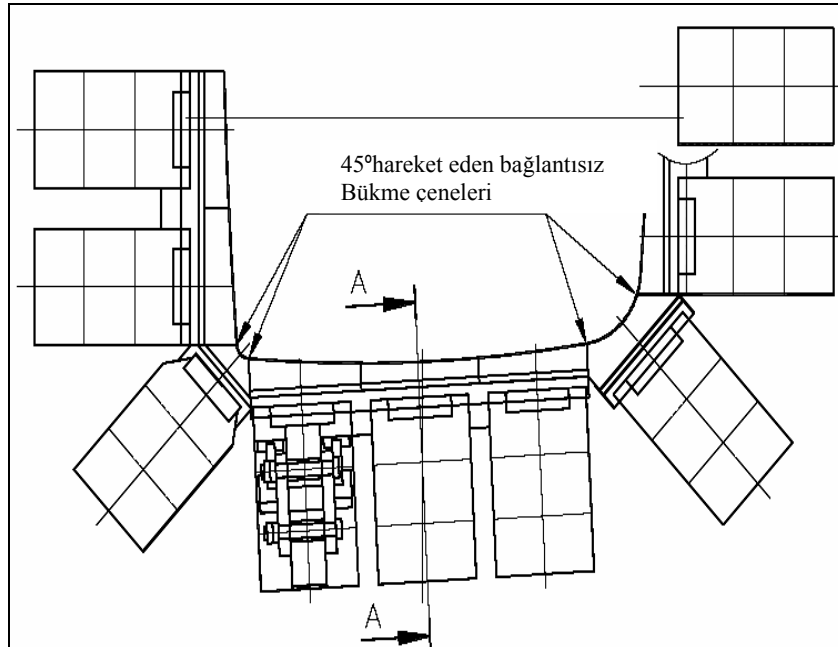
#### a) Transfer Hatlı Hidrolik Pres



Şekil 2.59 Kenetleme presi

Kaynak: Couration, D., Outilage de Presse-Sertissage, Choix du Process et Geometrie des Bords A Sertir 2003, s.8

#### b) Elektriksel Bükme Cihazı



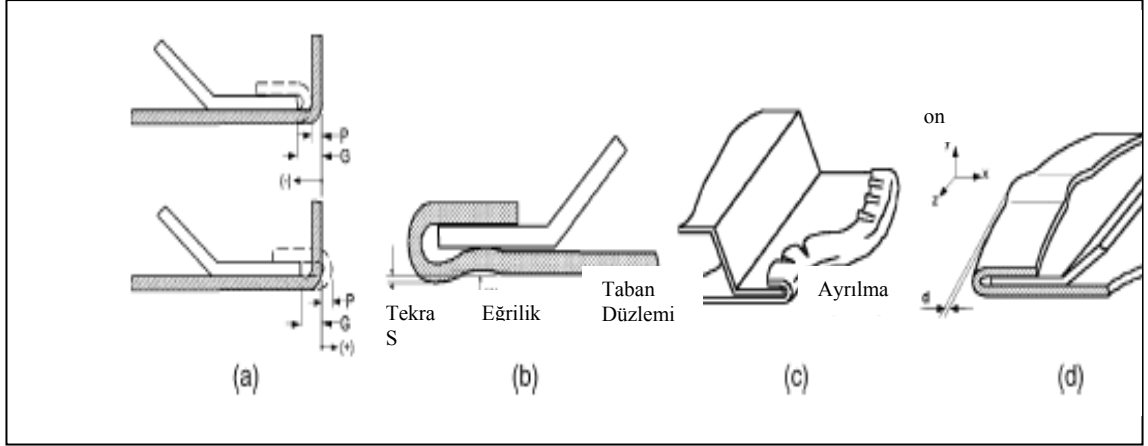
Şekil 2.60 Elektrikli kenetleme aparatı

Kaynak: Couration, D., Outilage de Presse-Sertissage, Choix du Process et Geometrie des Bords A Sertir 2003, s.12



### 2.2.6.6. Kenar Bükme İle İlgili Deneysel Çalışmalar

Livatyalı ve Larris (2004) çalışmalarında çelik sac plakalarda uygulanan kıvrırma işleminin geometrik etkileşimini deneysel olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada kıvrırma işlemi ve sonrasında en çok karşılaşılan hatalar Şekil 2.61'deki gibi sınıflandırılmıştır.



Şekil 2.61 Kenar kıvrırma işleminde en çok karşılaşılan hatalar

Kaynak: Livatyalı H., Larris S.J., Experimental investigation on forming defects in flat surface–convex edge hemming: roll, recoil and warp, Journal of Materials Processing Technology 153–154 (2004) 913–919.

Çalışmada bundan sonra kontür yarıçapı, flanş uzunluğu ve final kıvrırma kuvvetinin etkisi incelenmiştir. Elde edilen tablolar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 2.6 Kontür yarıçapı ve flanş uzunluğuna bağlı olarak kırışıklık oluşumu

Kontür yarıçapı	Flanş uzunluğu [mm]			
	6	8	10	12
140	H	H	E	E
254	H	H	H	E
508	H	H	H	H

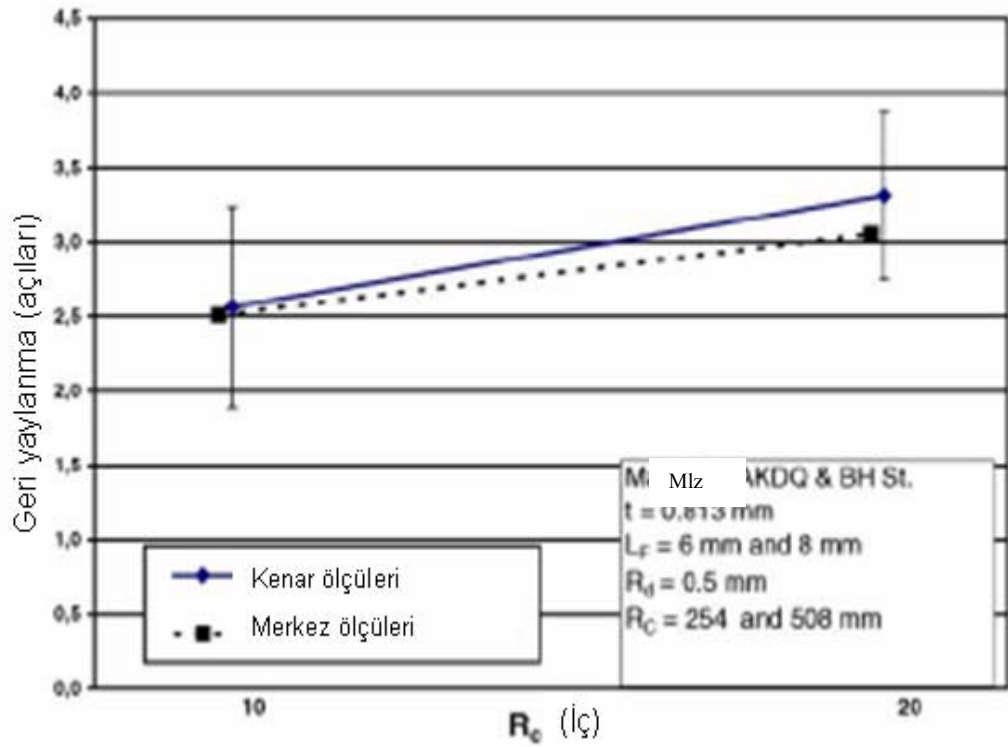
(E: Kırışıklık oluşuyor, H: Kırışıklık oluşmuyor)

Çizelge 2.7 Son kıvrırma işleminden sonra Kontür yarıçapı ve flanş uzunluğuna bağlı olarak Hem-Out (dışa kenar uzaması)

Kontür yarıçapı	Flanş uzunluğu [mm]			
	6	8	10	12
140	H	H	H	E
254	H	H	H	E
508	H	H	H	H

(E: Kırışıklık oluşuyor, H: Kırışıklık oluşmuyor)

Livatyalı ve Larris (2004) çalışmalarında ayrıca geri yaylanma miktarı için de sonuçları Şekil 2.62’de vermişlerdir.

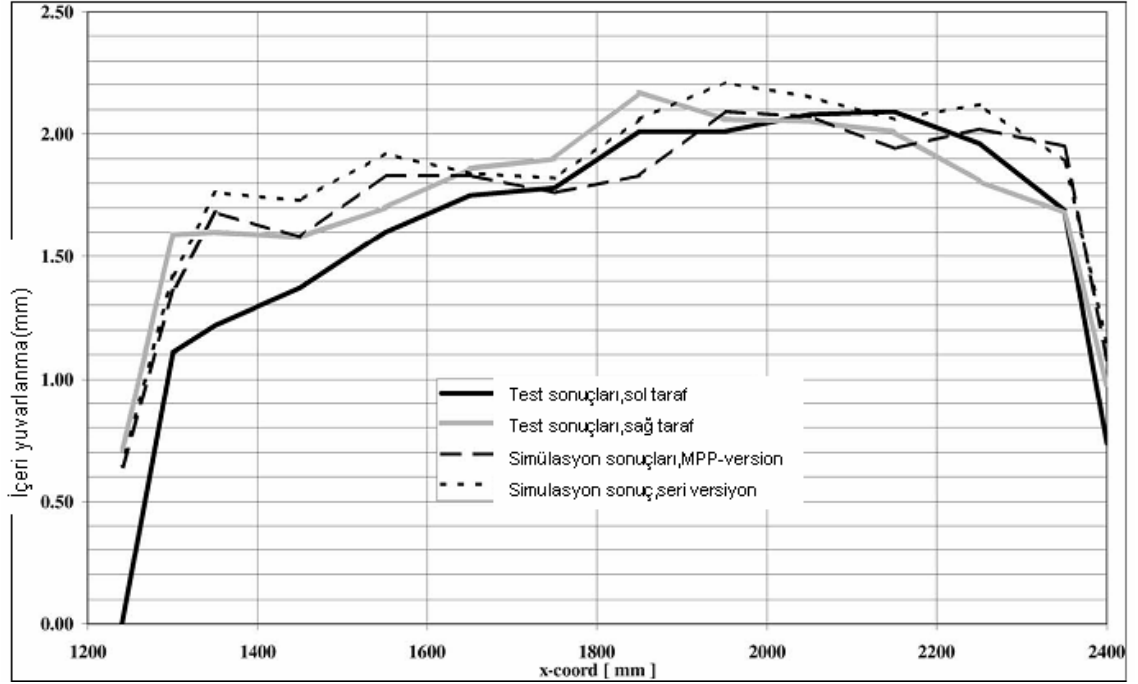


Şekil 2.62 Flanş oluşumunun ardından kontür radyüsü ve flanş uzunluğuna göre geri yaylanma miktarı

Kaynak: Svensson M., Mattiasson K., Three-dimensional simulation of hemming with the explicit FE-method, Journal of Materials Processing Technology 128

(2002) 142–154.

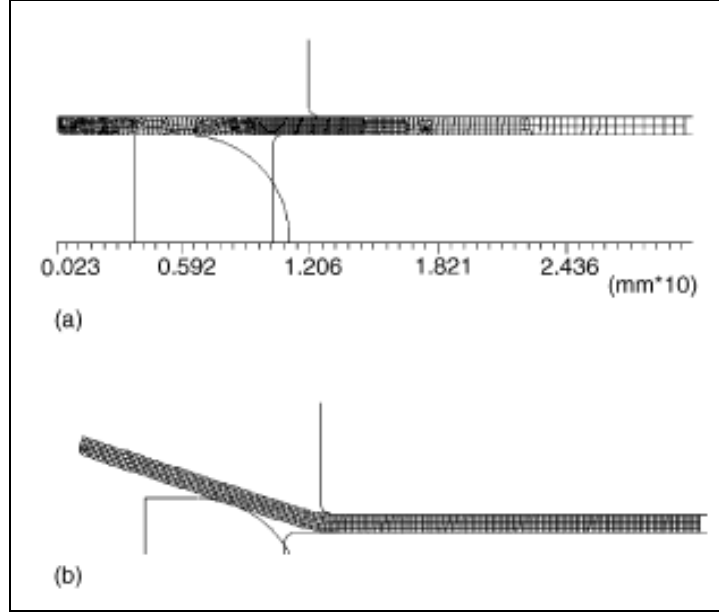
Svensson ve Mattiasson (2002) ise çalışmalarında kenar kıvrırma işleminde oluşan koordinat değişimlerini LS-DYNA programı kullanarak yaptıkları sonlu elemanlar analizleri ile incelemiştir. Test ve bilgisayar simülasyonu sonuçlarının karşılaştırıldığı ve sac parçanın bir doğrultusunda koordinat değişimini gösteren örnek Şekil 2.63' de verilmiştir.



Şekil 2.63. Başlığın bir kenarı boyunca yapılan ön kıvrırma işlemi sonrasında içeri yuvarlama (Roll-in)

Kaynak: Livatyali H., Wu H.C., Altan T., Prediction and elimination of springback in straight flanging using computer-aided design methods Part 2: FEM predictions and tool design, Journal of Materials Processing Technology 120 (2002) 348–354.

Livatyali ve ark. (2002) önceki çalışmalarının devamında bu kez geri yaylanma problemine çözüm önerilerini sonlu elemanlar analizleri yardımı ile sıralamışlardır. ABAQUS ve DEFORM programları yardımı ile yapılan analizler ayrıca yapılan deney sonuçları ile de karşılaştırılmıştır. Programlar için kurulan modellere örnekler Şekil 2.64' de verilmiştir.



Şekil 2.64 FEM simülasyonun adımları. a-başlama, b-orta

### 2.2.7. Klasik Kenetleme Teknolojisi

Bu teknoloji daha ziyade yarı pnömatik kenetleme fikstürleri ve/veya prosese ilave bir kenetleme presi ve kalıbı konulması ile gerçekleştirilen ir prosestir. Özellikle hareketli gövde parçaları diye tanımlanan ön kaput, ön ve arka kapılar ve bagaj kapağı parçalarına uygulanır. Genel olarak bakıldığında birden çok aparattan oluşan bir hat yapısı ile gerçekleştirilirler. Özellikle kaput parçasının prosesinde bir adet kenetleme presi ve kaputu mevcuttur.

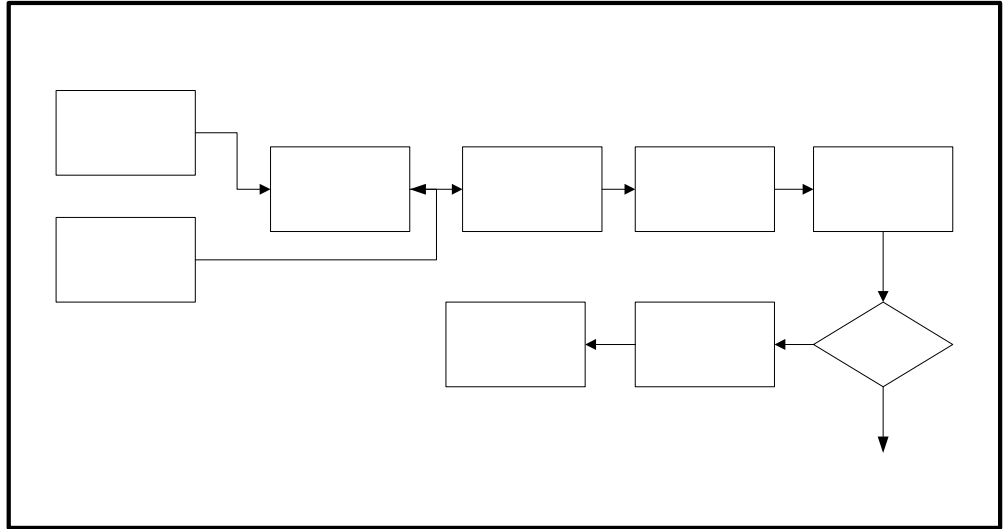
Örnek 1: Kaput prosesi:



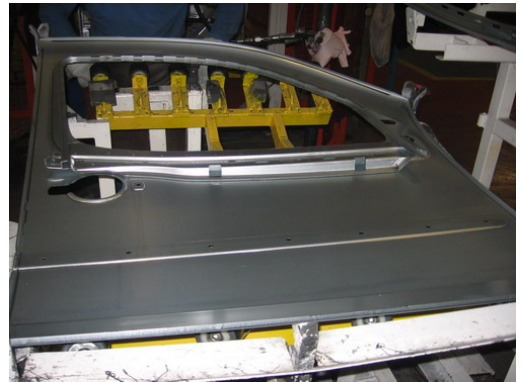


Şekil 2.68 Kaput 90° kenetleme presi ve kalıbı, punta tamamlama ve menteşe takma prosesi

Örnek 2. Kapı prosesi:



Şekil 2.69 Kapı kenetleme prosesi adımları



Şekil 2.70 Dış sac toplama ve macun işlemleri

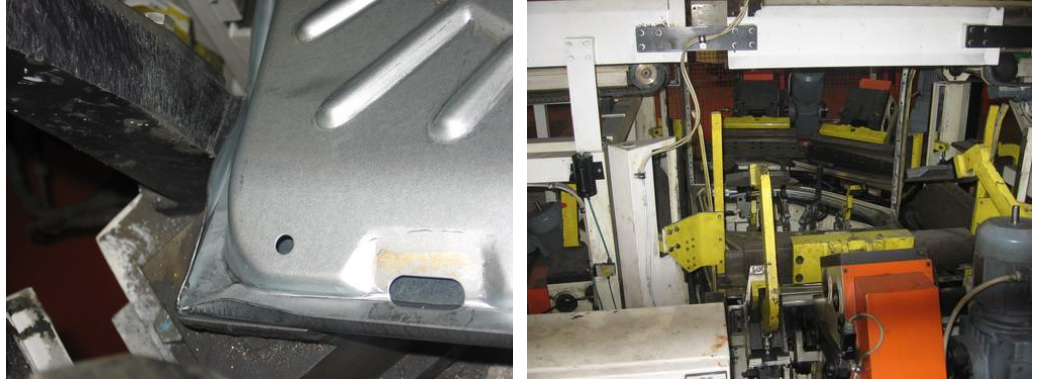
İÇ SAC BİLEŞEN  
TOPLAMA

DIŞ SACA  
MACUN SÜRME





Şekil 2.71 Dış ve iç sac puntalama işlemi, ön kenetleme işlemi



Şekil 2.72 45°kenetlenmiş kenar ve 90° kenetleme işlemi



Şekil 2.73 Macun ısıtma işlemi konveyörü ve ısıtma işlemi operasyonu

## 2.2.8.Gövde birleştirme yöntemleri konusunda alınmış patenler

- a. Bir gövde panel montajının yapılması metodu (Method of making a body panel assembly)

Bir araç için gövde panel saclarının bir imalat yöntemini içerir. Bu metotta ilk ve ikinci paneller aparata konur. Hemming işlemi uygulanır. Yarı komplemin en az bir tarafına yapıştırıcı uygulanır. Yarı komplemin en az bir tarafındaki yapıştırıcı eriyinceye kadar ısı verilir. Yapıştırıcı eriyince iç ve dış panellerin içerisine akar ve doldurur (<http://www.freepatents.com>, 2006).

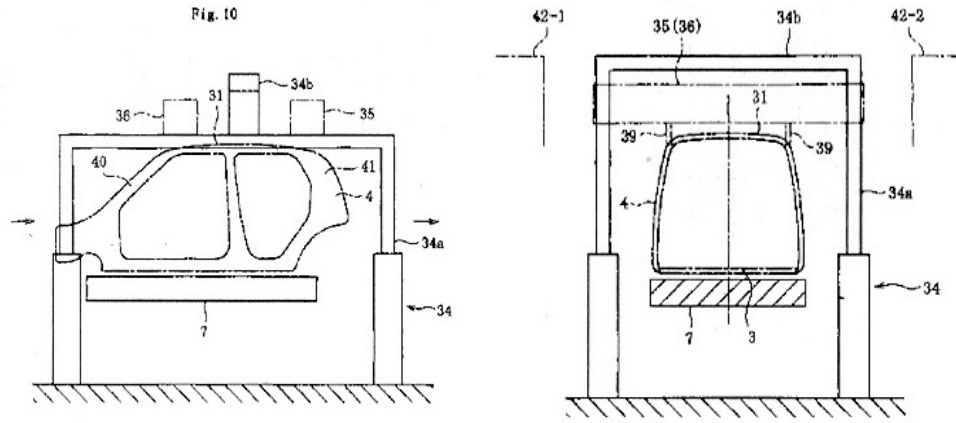
b) Bir araç gövdesi için montaj metodu (method for assembling a vehicle body)

Bir taban montajını sabitlemek için orta taban ve arka tabanı gazaltı kaynağı ile tuturma kaynakları atılır; orta ve arka tabandaki pekçok parçayı tamamıyla sabitlemek için punta kaynağı yapılır; bir araç gövdesine geçici montajı oluşturmak için anahtar kaynak prosesi olarak sol yan panel, sağ yan panel, kaput ve tavan konulur. Bir araç gövdesinin tamamıyla sabitleyebilmek için punta tamamlama prosesi olarak sol yan panel, sağ yan panel, kaput ve tavan punta kaynağı ile birleştirilir. Araç gövdesine nihai formu verebilmek için burun araç gövdesine nokta kaynağı ile birleştirilir (<http://www.freepatents.com>, 2006).

c) Gövde montaj birleştirme metodu (vehicle body assembling method):

Bu çalışmanın amacı yan panellerin ve tavan aparatlarının boyutlarını azaltmak ve aracın gövde tavan ve yan saclarının kolay montajı ile ilgili problemlerin analizini basitleştirmek. Birinci adımda, 11-1 dan 1-4 a klempleri kullanarak, sol ve sağ yan şasi kolları 4 nın sol ve sağ tarafları bir burun-orta-arka taban kompleksine göre pozisyonlanmıştır (ki bir araç gövde montaj hattı 2 de saptanmış pozisyonunda sabitlenmiştir) ve kaynatılmıştır. 2. adıma devam edildiğinde 11-1 den 11-4 e kadar klempler açıldığında 31 nolu tavan sol ve sağ yan kuşakların 4 üst kaynak noktaları üzerine konumlanır. Bu konumlama esnasında 35-36 nolu süspansiyon aparatları kullanılır ki sonra onlar bu alanda kaynatılır (<http://www.freepatents.com>, 2006).





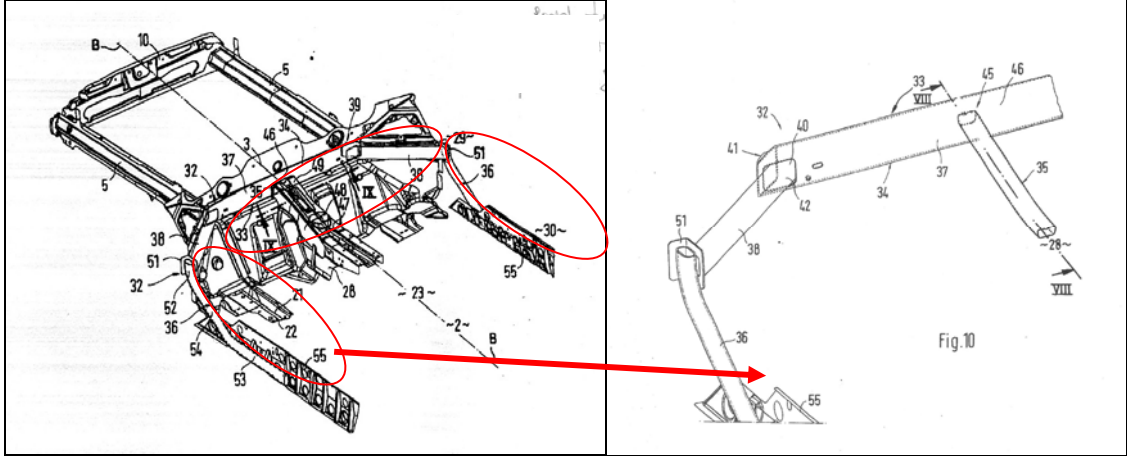
Şekil 2.74. Gövde aparatının yandan(31.nolu) ve arkadan(35-36 nolu) görünüşü  
(<http://www.freepatents.com>, 2006)

d. Kaynak yapıştırma metodu ( Weld Bonding Method):

Bu çalışma bir kaynak birleştirme metodu olup, hem yapıştırıcı hem de punta kaynağı ile birleştirmeyi sağlar. Uygulanan yapıştırıcı içerisinde termoset epoxy resin ve ayrıca hacmin %1 ila 15 oranında bir veya daha fazla seçilmiş katkı maddesi içeren bir gruptan oluşan iletken metal, metal karbid, metal nitrid, metal silicidetan oluşur. Bu katkı maddeleri toz halinde olup partikül kalınlığı 10µm veya daha az olabilir. Ayrıca bunlar parçalanmış ve yassı hale getirilmiş ve kalınlığı 10µm veya daha az da olabilirler (<http://www.freepatents.com>, 2006).

e. Gövde Montajı ve aynısını yapma metodu (body assembly and method of making same):

Bu buluş yolcu araçları gövde montajının şekliyle ilgilidir. Aracın ön kısmı ile yolcu kompartmanı arasında bir ön göğüs (direksiyon ve ön panel) mevcuttur. Burada 2 adet boylamasına kiriş ön göğüsün her iki yanında olacak şekilde bağlanmıştır. Yanal dış ön duvarlar(motor yanları), taban ve dik A colonları bağlantılıdır ki burada ön göğüs alanında takviye kirişle desteklenmiştir. Ön boylaması kiriş bağlantıları güç taşıyıcıları gibi çarpışma enerjisini dik A kolonlarına, ön duvarlara ve ön göğüse ve orta tünele aktarır (<http://www.freepatents.com>, 2006).

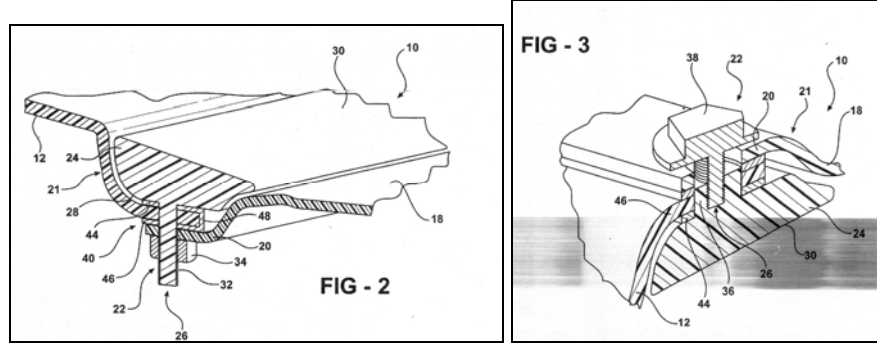


Şekil 2.75 Yanal kirişlerin araç üzerindeki durumu ve ön güğüsle bağlantısı  
(<http://www.freepatents.com>, 2006)

f. Araç gövde montaj metodları ve bir aracın gövde yapısı (car body assembling method and body structure of a vehicle)

“2” ile gösterilmiş olan bir tavan, içinde 3 adet tavan yapısal parçası bulunan 3 adet parçaya bölünmüştür. Ön parça 2F, orta parça 2C ve arka parça 2R olarak isimlendirilir ve bunlar dökülmek suretiyle şekillendirilmiş olup birbirine ve çatı yapısının içerisinde bulunan yarı komplelerle birbirine bağlanmışlardır. Herbir sağ ve sol gövde yanını “3” ile gösterilir. 3F ön kısmı, 3C orta kısmı ve 3R ise arka kısmı temsil eder. Bunlar da dökümde şekillendirilmişlerdir ve herbiri, ilgili parçaya ve gövde yanını yapısı içerisinde bulunan alt komplelere bağlanmışlardır. “2” ile gösterilen çatı “3” ile gösterilen gövde yanları yapısı montaj edilir ve diğer ana hat bağlanır. Böylece “1” ile gösterilen üst gövde yapısı oluşur. Normalde büyük parçaların birleşmesinden meydana gelen hatalar kümülatif olarak toplanıyordu. Bu yöntemi sayesinde küçük montaj geometrisi önemli ölçüde artacak ve aparat sayısı montaj edilebilirliğine bağlı olarak mümkün olduğunca azalacaktır (<http://www.freepatents.com>, 2006).

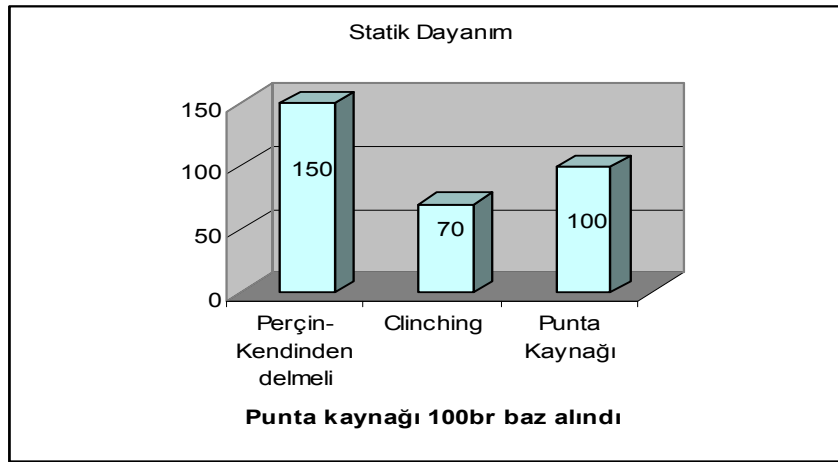




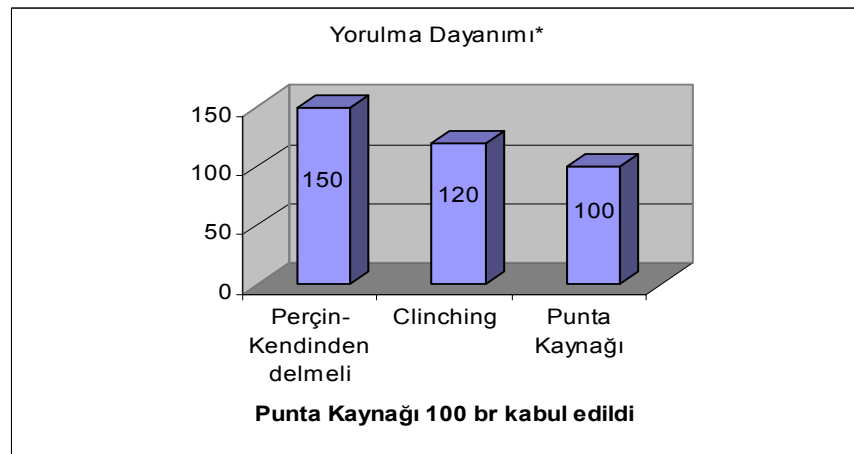
Şekil 2.78. Tavanın gövdeye montajı (<http://www.freepatents.com>, 2006)

## 2.2.9. Kendinden Delmeli Perçin, Clinching(büzdürme) ve Kaynak Mukayesesi

a. Mekaniksel olarak karşılaştırıldığında:

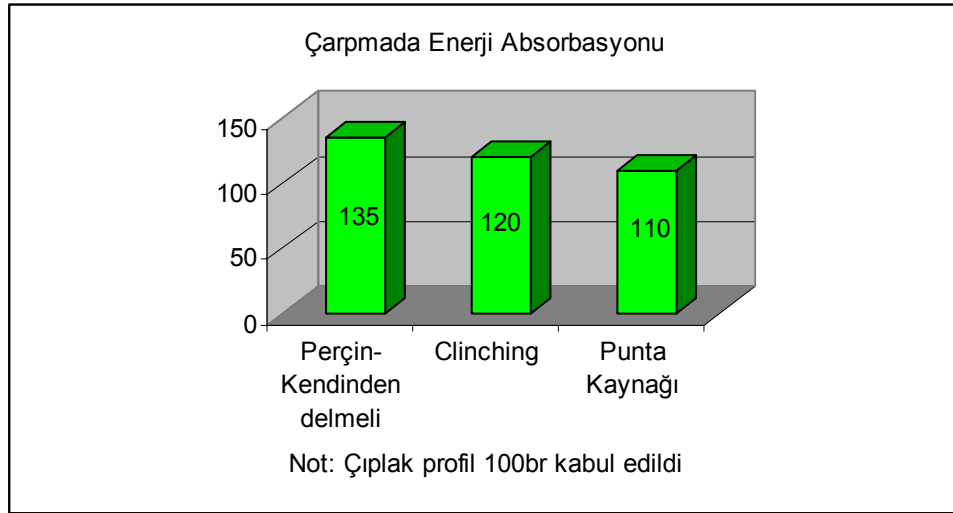


Şekil 2.79 Gövde birleştirme yöntemlerinin statik dayanımının karşılaştırması  
Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.1. 1997, s.1



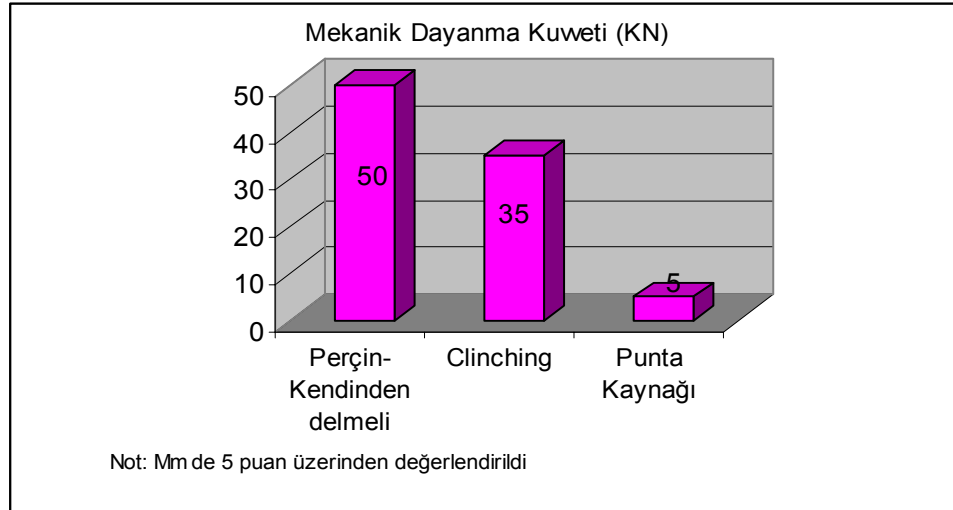
Şekil 2.80 Gövde birleştirme yöntemlerinin yorulma dayanımlarının karşılaştırması

Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.1. 1997, s.1



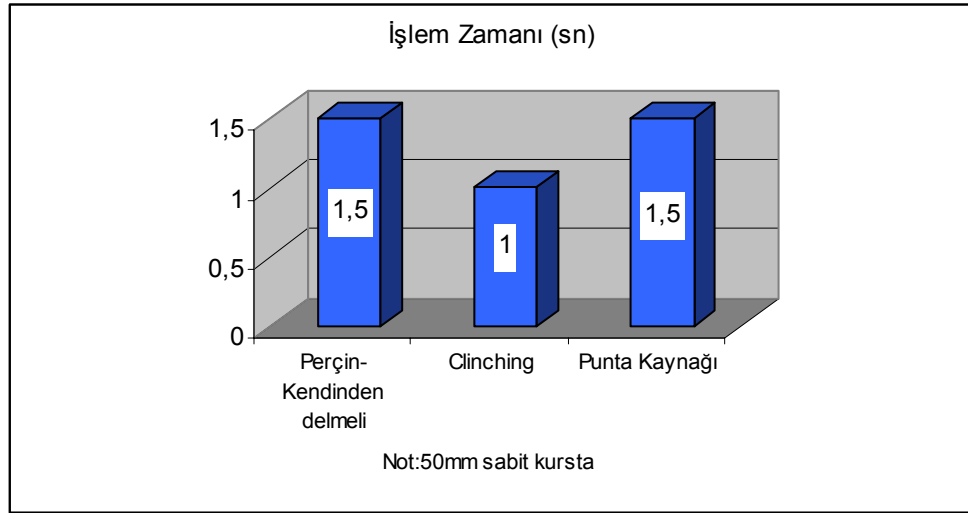
Şekil 2.81 Gövde birleştirme yöntemlerinin çarpmada enerji absorbasyonu

Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.1. 1997, s.2



Şekil 2.82 Gövde birleştirme yöntemlerinin mekanik dayanım kuvveti karşılaştırması

Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.1. 1997, s.2



Şekil 2.83 Gövde birleştirme yöntemlerinin işlem zamanı karşılaştırılması

Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.1. 1997, s.4

Yukarıdaki grafiklerden de anlaşılacağı üzere kendinden delmeli perçinleme işlemi diğer 2 işleme göre mekanik özellikler olarak daha iyi görünmektedir. Tek önemli dezavantajı çevrim süresinin clinching(büzdürme) işlemine göre daha uzun olmasıdır.

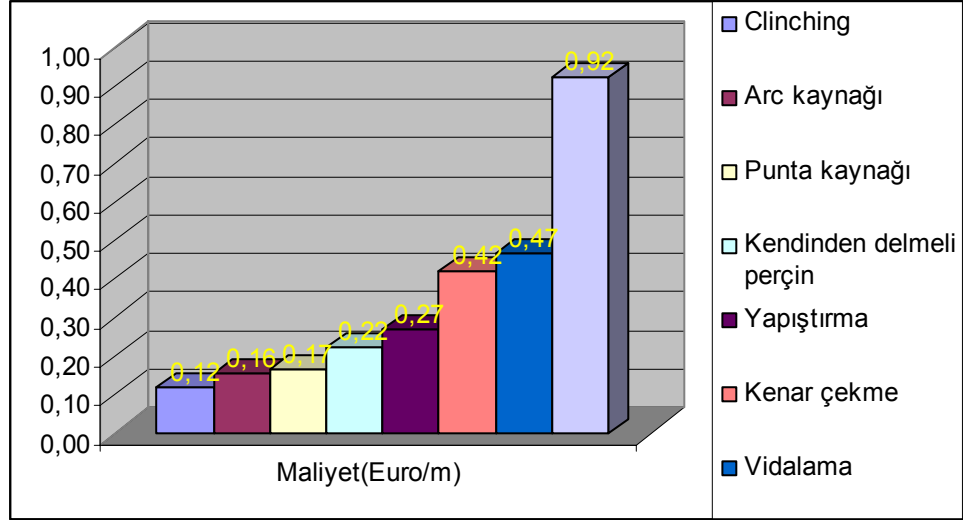
**b. Teknik açıdan karşılaştırıldığında:**

Çizelge 2.8. Gövde birleştirme yöntemlerinin teknik açıdan karşılaştırması (Anonim 1997a)

	Perçin- Kendinden delmeli	Clinching(büzdürme)	Punta Kaynağı
<b>Teknoloji</b>	Sacların deformasyonu+bileşen	Sacların deformasyonu	Malzemelerde local ergime
<b>Ulaşılabilirlik</b>	2 kenar	2 kenar	2 kenar
<b>Enerji gereksinimi</b>	Hidrolik/ Pnomatik	Hidrolik/ Pnomatik	Sıkıştırılmış hava elektrik/ Su
<b>İlave malzeme</b>	Evet	Hayır	Hayır
<b>Farklı malzeme montajı</b>	<b>Evet</b>	<b>Evet</b>	Hayır
<b>Proses kontrolü</b>	<b>Sürekli, %100 güç/kurs</b>	<b>Sürekli, %100 güç/kurs</b>	<b>Sürekli %100, akım ve baskı</b>
<b>Nokta kontrolü</b>	<b>Tahribatlı değil/ form</b>	<b>Tahribatlı değil/ kenar st, form</b>	<b>Tahribatlı</b>
<b>Sacın durumuna etkisi</b>	<b>Hiçbir etki yok</b>	<b>Zayıf etki/ Yağlama</b>	<b>Güçlü etki / temizlik ve yüzeyin durumu</b>

**b) Ekonomik olarak karşılaştırıldığında**

Bu çalışma BMW' de 1997 yılında yapılmıştır. Malzeme olarak AlMg5 , sac kalınlığı 1,5mm kaplaması Titane Zirkonyumdur.

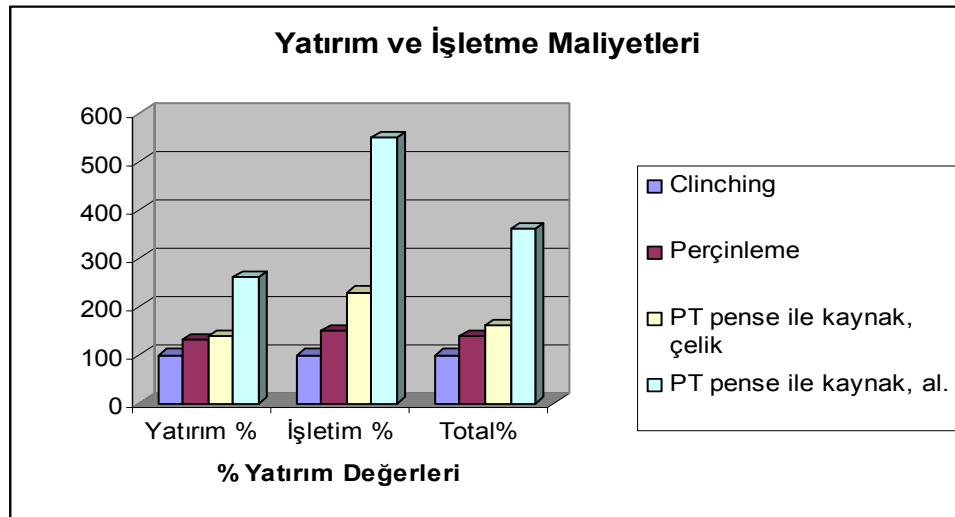


Şekil 2.84 1m sac için birleştirme yöntemlerinin maliyet olarak karşılaştırması

Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.2. 1997, s.1

**c) Yatırım ve işletim değerleri baz alındığında:**

Bu çalışmada Audi ve BMW firmaları değerleri baz alınmıştır.



Şekil 2.85 Gövde birleştirme yöntemleri yatırım-işletme ve toplam % değerleri

karşılaştırması

Kaynak: Anonim ,Comparatif Economique 3.2. 1997, s.3

Yukarıdaki grafiklerin yorumunda; yatırım, işletme ve toplam değerler karşılaştırıldığında en uygun birleştirme yönteminin clinching (büzdürme)'dir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez konusuyla ilgili bilgilerin bir çoğu otomotiv imalatçı firmaların kendi kaynaklarındandır. Yerli ve yabancı üniversitelerin bu konuyla ilgili yayınları sınırlı olup mevcut olanlar genellikle teorik bazı bilgileri içermektedir. Otomotiv imalatçıları kendi bünyelerinde bu işlemleri uyguladıkları için hem teorik hem de uygulamalı olarak yüksek bir bilgi birikimine sahip bulunmaktadır. Zaman içerisinde karşılaşılan problemler bilgi birikiminin artması için bir fırsat kaynağı olmakta ve problemlerin çözümleri mevcut bilgilere yeni bilgiler katmaktadır. Ayrıca ana otomotiv firmalarına makina ve ekipman sağlayan firmalar kendi ürünlerini rakip firmalardan daha üstün olabilmesi için sürekli olarak kendi alanlarında çalışmalar yapması sonucunda pek çok yararlı kaynak ortaya çıkmaktadır.

#### 3.1. Robot hemming(kenar kıvrırma) teknolojisi

##### 3.1.1. Operasyon modu

Genel Prensipte:

Hemming roller robot kafası üzerinde sabittir ve bileşenler etrafında hareket eder ve birkaç kanal içerisinde kenar kıvrırma üzerinde döner.

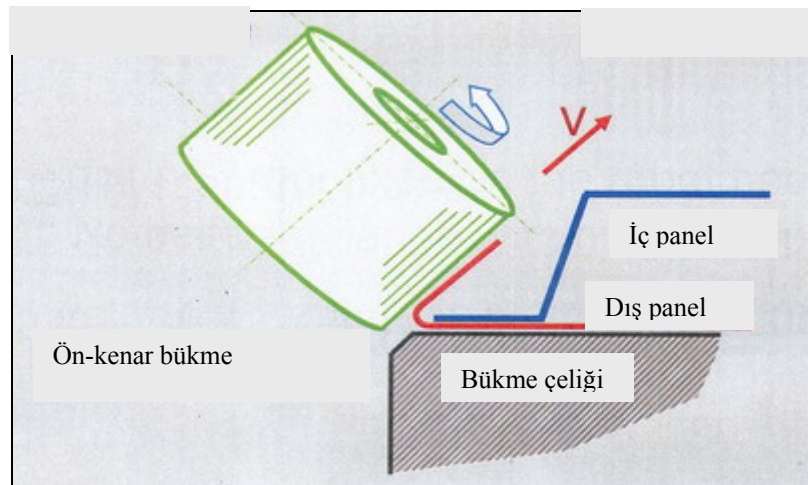
Parametreleri

Kenar kıvrırma hızı\*[V] yaklaşık 300 mm/s

Kıvrırma kuvveti \*[F] yaklaşık 300- 800 N

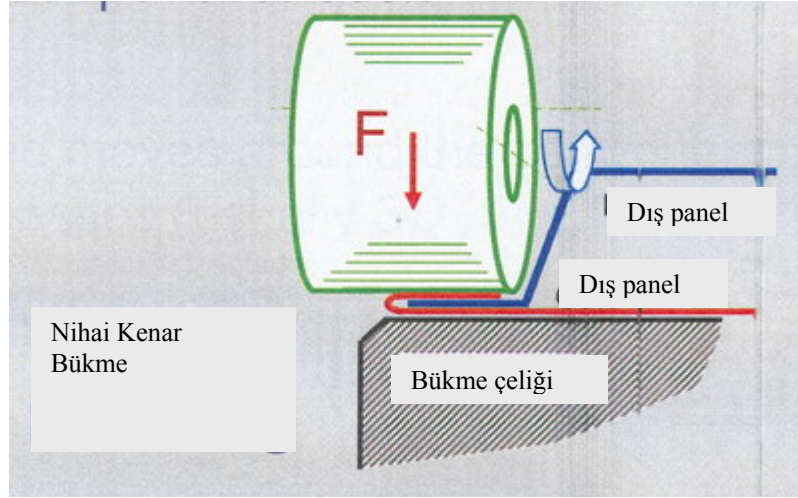
Flaş Açısı 0...180°

Kenar bükme açısı yaklaşık 30 °- 80 ° bir devir için



Şekil 3.1. Ön kenar bükme işlemi (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)





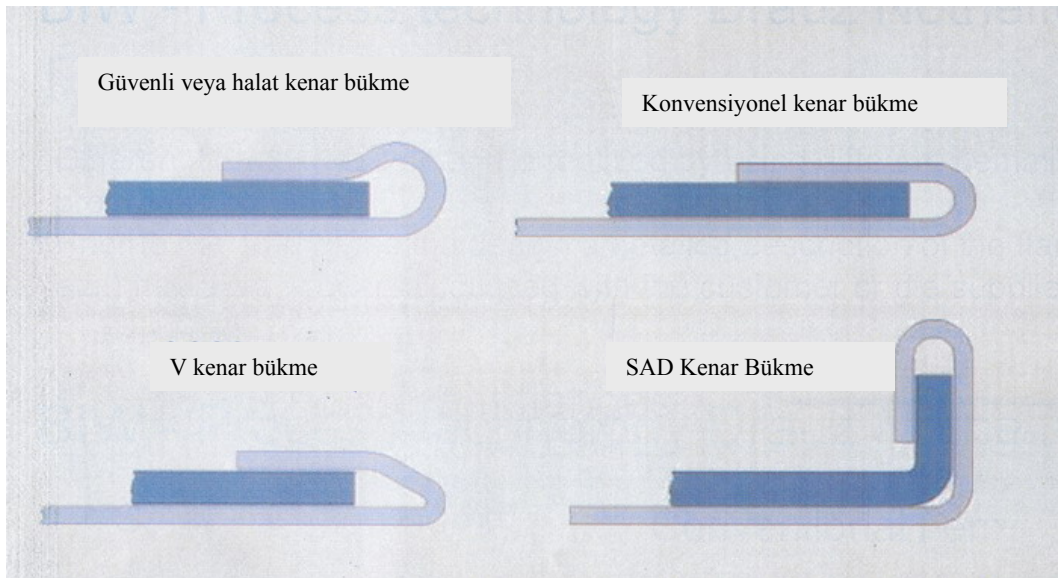
Şekil 3.2. Final bükme işlemi (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

Not: \* panel kalınlığına, bileşen konturuna ve kenar bükme silindirin çapına bağlıdır.

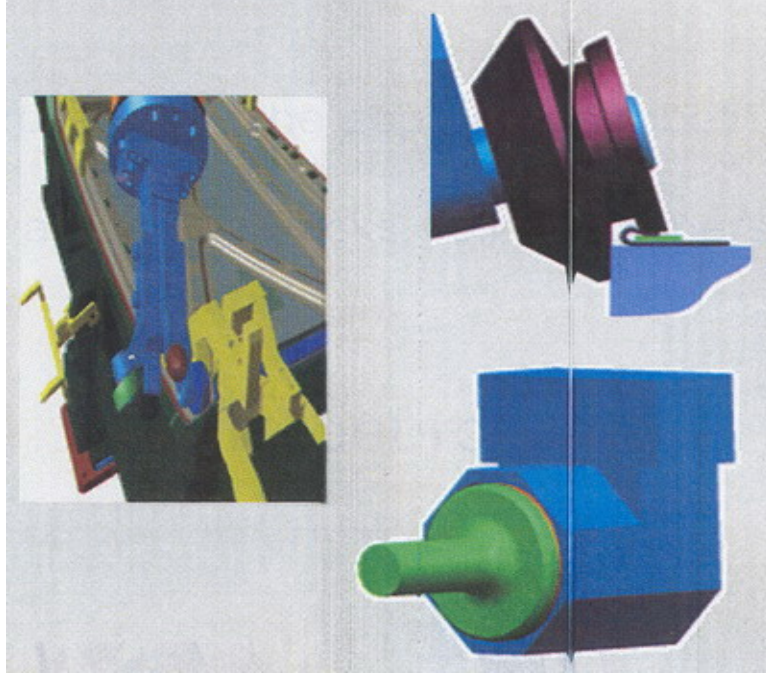
### 3.1.2. Flaş geometri

Farklı flaş geometrisi, farklı kenar bükme silindirleri ve uygun robot programları kullanılarak farkedilmiştir.

Aparat dizaynına başlamadan önce, flaş alanlarının (kesme kenarı, yuvarlanma içi, köşeler vs.) detaylı bir tanımlaması müşteri ile aparat tedarikçisi tarafından tartışılmış olmalıdır.



Şekil 3.3. Flaş çeşitleri (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)



Şekil 3.4. Farklı yuvarlanma silindirleri (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

### 3.1.3. Modüler yapı

Robot ( Taban Platformu İle) :

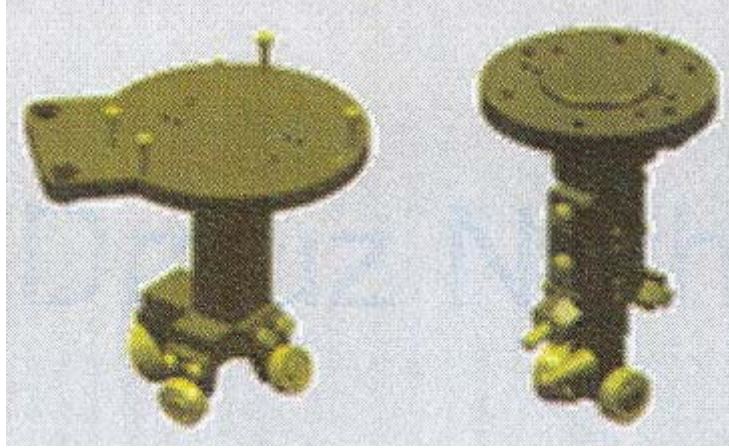
- Herhangi bir sorun yaşanmıyacak farklı tipte robotlar kullanmak mümkündür
- Yükler yaklaşık olarak 150 kg civarındadır. (pleyt kalınlığına ve geometriye bağlı olarak)
- Laser ölçüm cihazı kullanarak taban karkası olmaksızın oluşturmak mümkündür.



Şekil 3.5. Hemming robot ve fikstürü (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

Hemming- head (kenar bükme kafası) bükme silindirleri ile:

- Standart dizayn sabit ve esnek yuvarlanma silindirleridir
- Kenar alanları için özel geometrileri ve güvenli (halat) kenar bükme
- Kuvvet sensörleri entegrasyonu mümkündür
- Esnek sistemler kullanmak mevcuttur

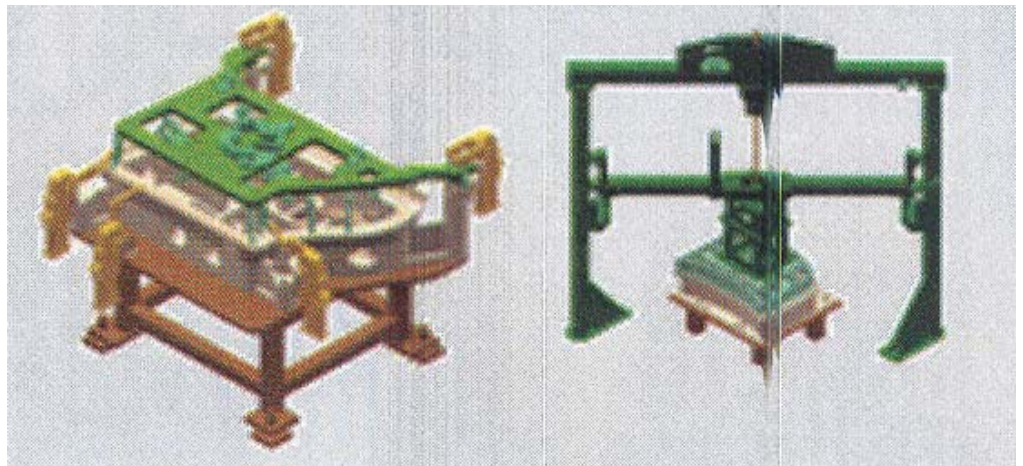


Şekil 3.6. Yuvarlanma silindirleri ile birlikte kenar bükme kafası

(<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

Kenar kıvrırma aparatı ve klemp üniteleri :

- Gripper gibi alt tutucu, klemp tekniği veya yuvarlanma silindiri tutucu ana çerçeve
- Kenar bükme yatakları serileri prototipler veya preseri parçaları



Şekil 3.7. Baskı üniteleri ile bükme kenarı oturma grupları

(<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

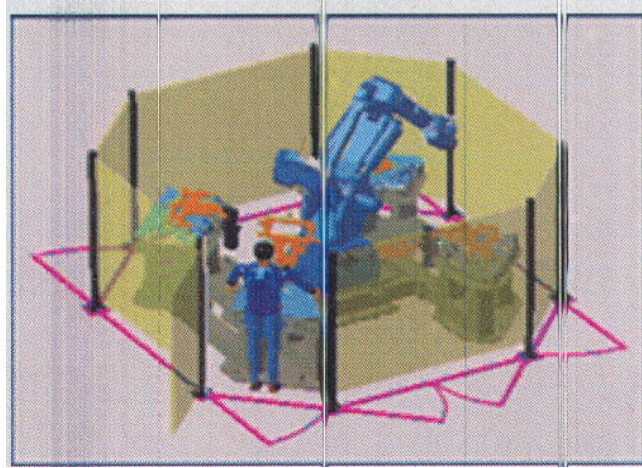
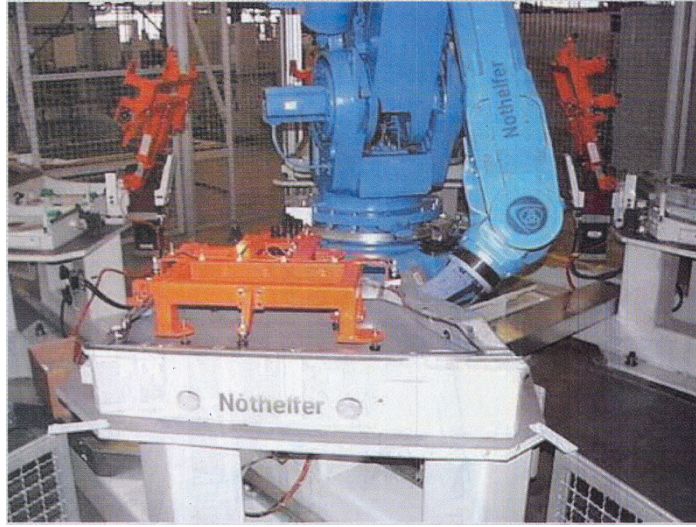
### 3.1.4. Uygulama alanları ve özellikleri

- Yuvarlanma silindiri ile parça arasında daha düşük rölatif hareketin olduğu yerlerde (yuvarlanma silindirleri üzerinde kaldırma hareketinin olmadığı , özellikle alüminyum uygulamaları)
- Başlangıç ve ayar zamanları oldukça kısadır- 10..15 sn arasında ok parça alınabilir.
- Konturun +/-0,3mm limitlerinde etkisi kolaydır. (takım için taşlama ve gerektirmez)
- Parçaların yüzeylerine negatif etkisi yoktur
- Bakım işleri sınırlıdır. Nadiren temizlik ve bükme silindirleri kontrolü yapılır.
- Genişleme elemanları gerektirmez (mevcut robot elastik bir elemandır)
- Laser sensörleri ile ölçüm yapılırken off line programlarına ayarlamak mümkündür.
- Basınç sensörleri kullanarak proses kontrol yapmak mümkündür.
- Alüminyum bileşenli parçalarda uygulanır.
- Çevrim zamanı yaklaşık 90s olanlar için( ekteki parçada 4000-50000mm çevresel bükme uzunluğu söz konusudur).
- Düşük çevrim zamanı ve kısa kenar bükme uzunlukları için- örn. Cant alanı.
- Prototipler için( düşük seraj maliyetleri ve yataklar ile)
- Yedek parça üretimleri için yüksek esnek kalıp için



### 3.2. Uygulama Örnekleri

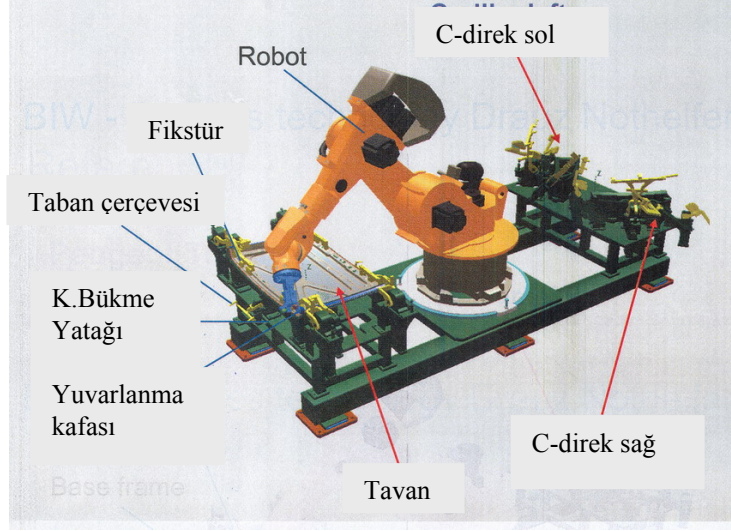
#### Örnek1- Audi C5 Hunter



Şekil 3.8. Audi C5 Hunter hemming robot hücresi (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

- 4 kapı 1 adet robotta yapılmaktadır
- Manuel yükleme ve boşaltma vardır
- Bileşenler, tutucunun ters dönmesi sırasında sabittir.
- Robot ve kenar bükme grupları bir sabit pleyt üzerine sabitlenmiştir.

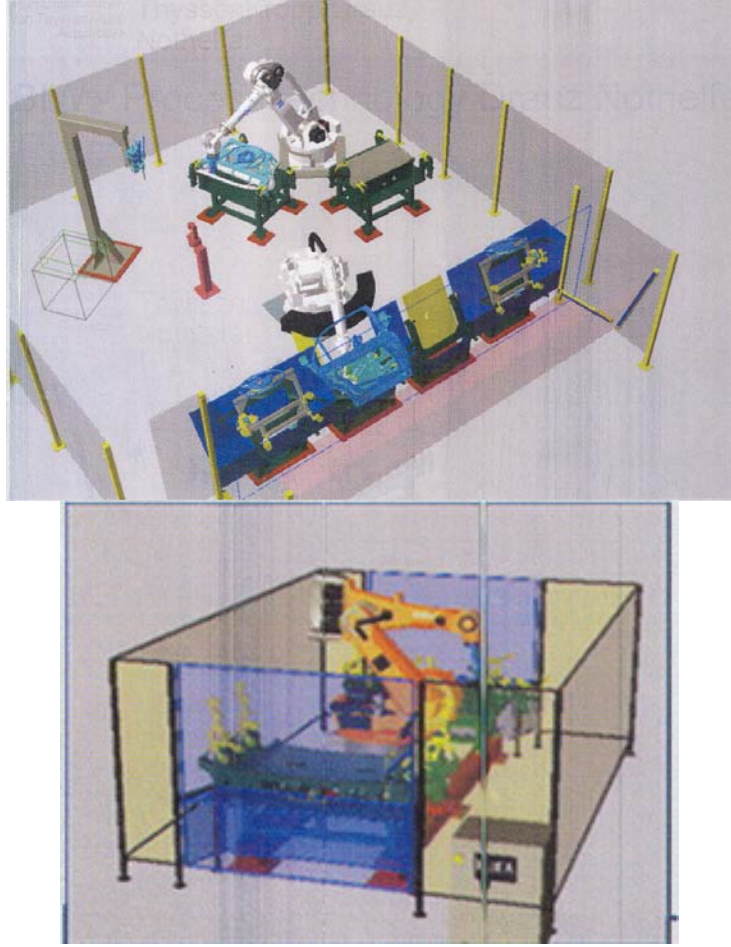
## Örnek2 Peugeot T5



Şekil 3.9. Sabit kenar bükme 3 yuvarlanma silindiri ile mevcuttur (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

- Parçalar pnömatik klempler ile sabitlenir
- 3 parça için 240s işlem zamanı var.

### Örnek 3 Jaguar X350 LWB

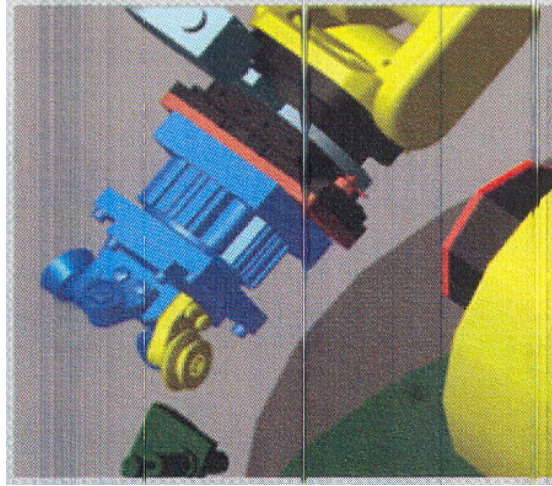
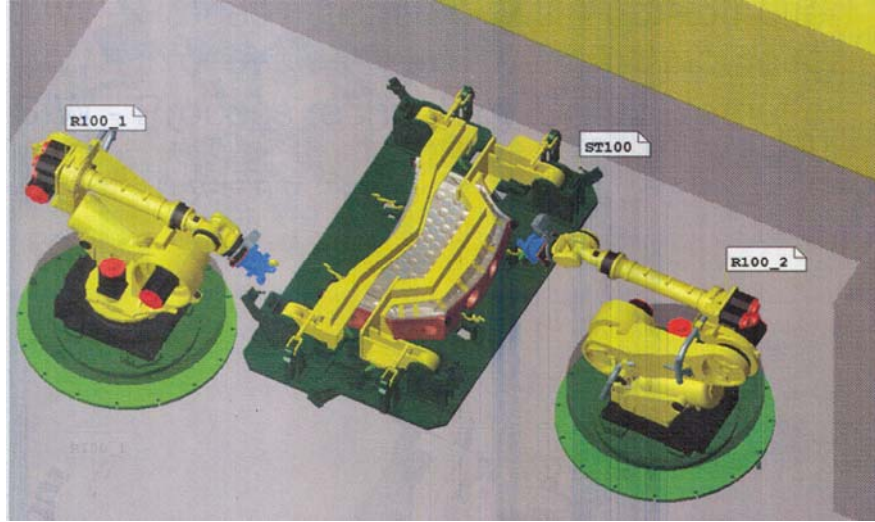


Şekil 3.10. Jaguar X350 LWB (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

- LWB arka kapılar sağ/ sol kenar bükülmüştür
- Malzemeler Alüminyum 6111
- Kenar bükme kafasına 4 adet yuvarlanma silindiri sabitlenmiştir.
- Parça tutucu kenar bükme istasyonu için alt tutucu olarak kullanılır.
- Çevrim zamanı 240 s dir.



## Örnek 4 Opel 3370



Şekil 3.11. Opel 3370 kenetleme sistemi (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

- Farklı gelişmiş yuvarlanma silindiri geometrisi kullanarak neredeyse her bileşeni geometrisini elde etmek mümkündür.
- Bükme step gereksinimlerini azaltarak çevrim zamanı azaltılabilir. Ekipmanlarda basitleştirme yapılabilir
- Komple motor kaputu kenar bükme operasyonu yapıldı.
- Yay montajlı 4 adet yuvarlanma silindiri, yuvarlanma kafası üzerinde mevcuttur.
- Parçalar pnömatik bir fikstür kullanılmasıyla sabitlenir.
- Robot lazer ölçüm cihazı ile kalibre edilir.
- Çevrim zamanı 62 s'dir.

Yuvarlanarak bükme tekniği, üretim hatlarında çok esnek ve maliyet verimliliği sağlar. (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006).



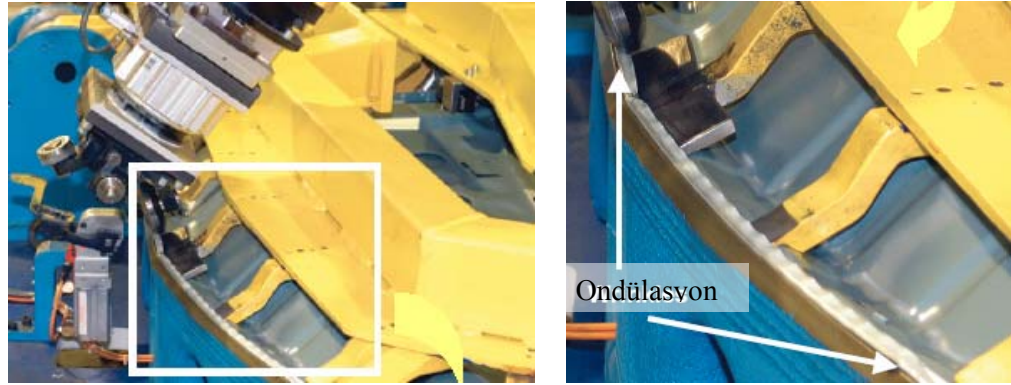
### 3.3. Sistemin kriterleri

Ön- kenar bükmenin ondülasyonu:

Ondülasyon final kenar bükme operasyonu esnasında nadiren tam olarak düzleşmemiş yerlerde olabilir.

Final parçanın kesme hatlarının aynı hizada olmaması ve yüzey bölgelerinde deformasyonlar meydana gelebilir.

En önemli problemlerden biri de yuvarlanma silindiri ile senkronizasyondur.

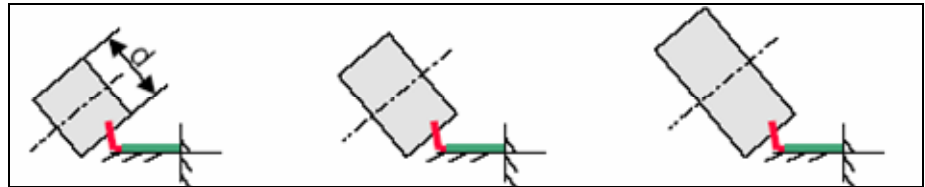


Şekil 3.12. Parça üzerinde ondülasyon kenarı

Kaynak: Baumgarten ve Plapper, Numerical Analysis of High Speed Roler Hemming  
2005, s.3

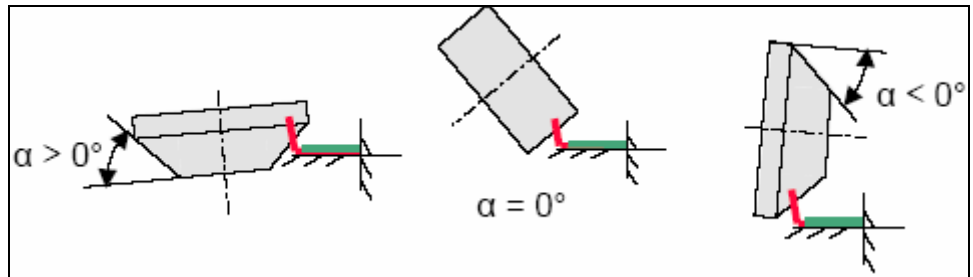
Ana Proses Parametreleri:

- Ön kenar bükme yuvarlanma silindiri çapları



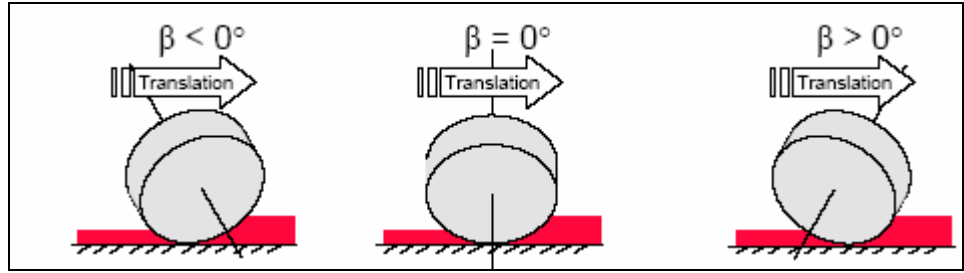
$$d = 20mm, 40mm, 60mm$$

- Yuvarlanma silindiri koniklik açıları



$$\alpha > 0, \alpha = 0, \alpha < 0$$

- Yuvarlanma silindiri ilerleme açıları



$$B > 0^\circ, B = 0^\circ, B < 0^\circ$$

### Sonlu Elemanlar Analizi (FEA)

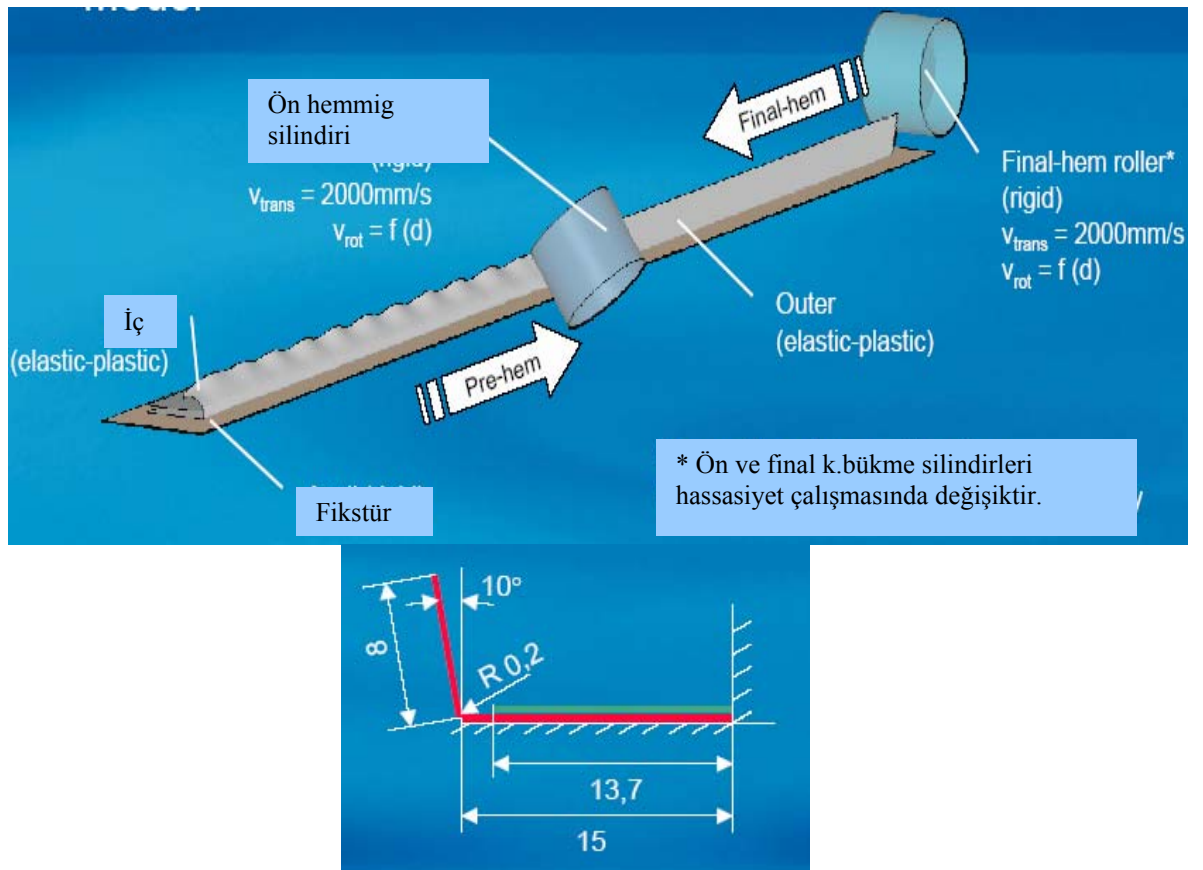
İş parçası:

İç ve dış uzunluğu= 300 mm

Sac kalınlığı dış = 0,75

Sac kalınlığı iç = 1,7

Malzeme= FEE 355



Şekil 3.13. Ön hemming ondülasyonu

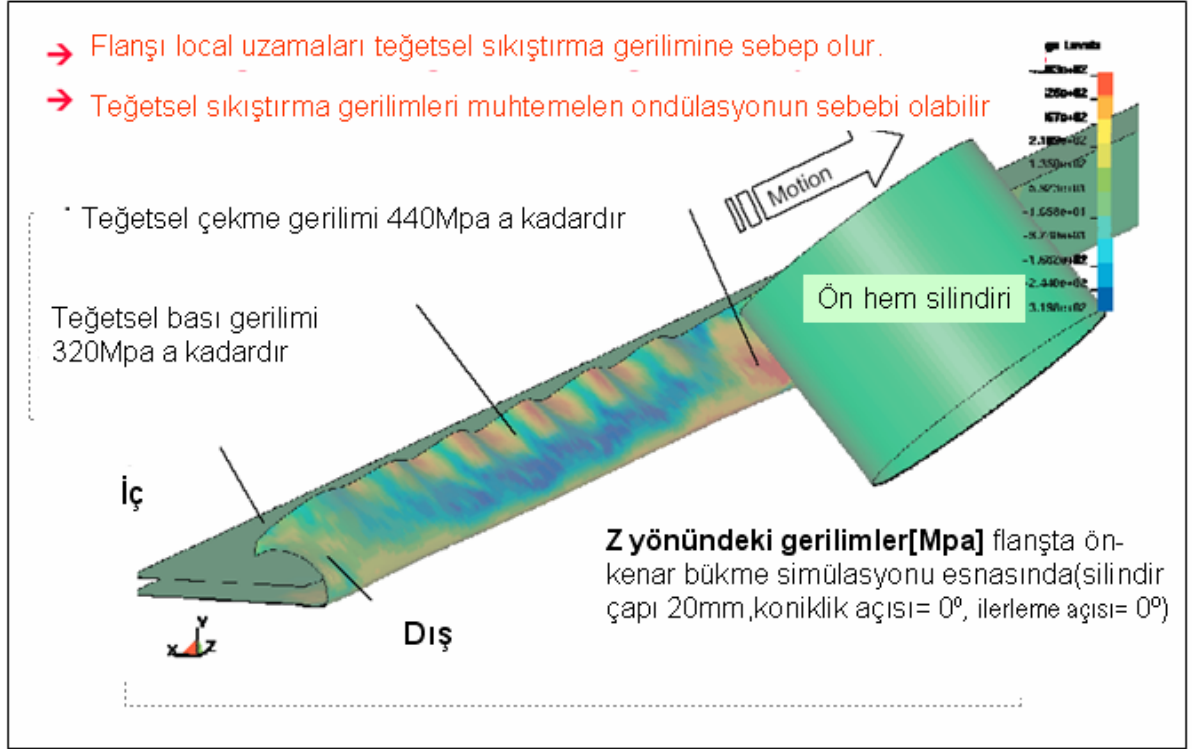
Kaynak: Baumgarten ve Plapper, Numerical Analysis of High Speed Roler Hemming

2005, s.5

Bükme simülasyonu sırasında Z yönündeki [Mpa] gerilimin değerlendirilmesi (teğetsel gerilim)

Bükme silindiri= 20mm Koniklik açısı= 0° İlerleme açısı= 0

FEA analizi kullanılarak kenarlardaki dalgalanma olguları yeniden yapılabilir.



Şekil 3.14. FEA analizi (Baumgarten ve Plapper 2005)

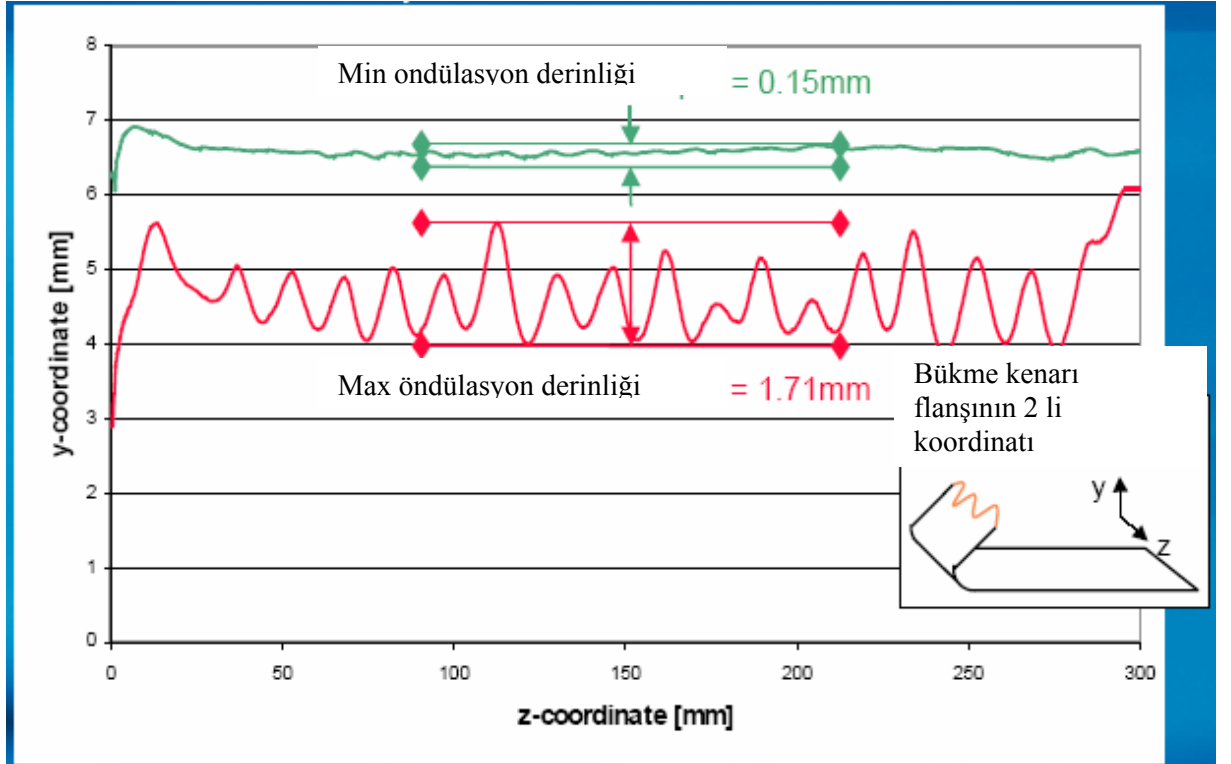
Kaynak: Baumgarten ve Plapper, Numerical Analysis of High Speed Roler Hemming  
2005, s.6

Hemming Flanş Kenarının Pre- Hemming İşleminde Uzaması

Lokal uzamalar toplamı, gerçek boyun %5 kadardır.

Geniş yuvarlanma silindirlere eğrilik yarıçapı, düşük uzama değerlerine karşılık gelir.

Pre Hemming (Ön Kenar Bükme) Ondülasyon Derinliği :



Şekil 3.15. Ondülasyon derinliği grafiği

Kaynak: Baumgarten ve Plapper, Numerical Analysis of High Speed Roler Hemming  
2005, s.7

Geniş ondülasyon derinliğinin meydana gelmesi, bükme kenarı flanşının geniş uzaması ile eş zamanlı gerçekleşmektedir.

Flanşın uzaması teğetsel bası gerilimine bu da bükme kenarı ondülasyonuna neden olur.

Ölçüler flanş uzamasının azalması, daha düşük ileriye doğru ondülasyon eğilimi ortaya çıkarır.

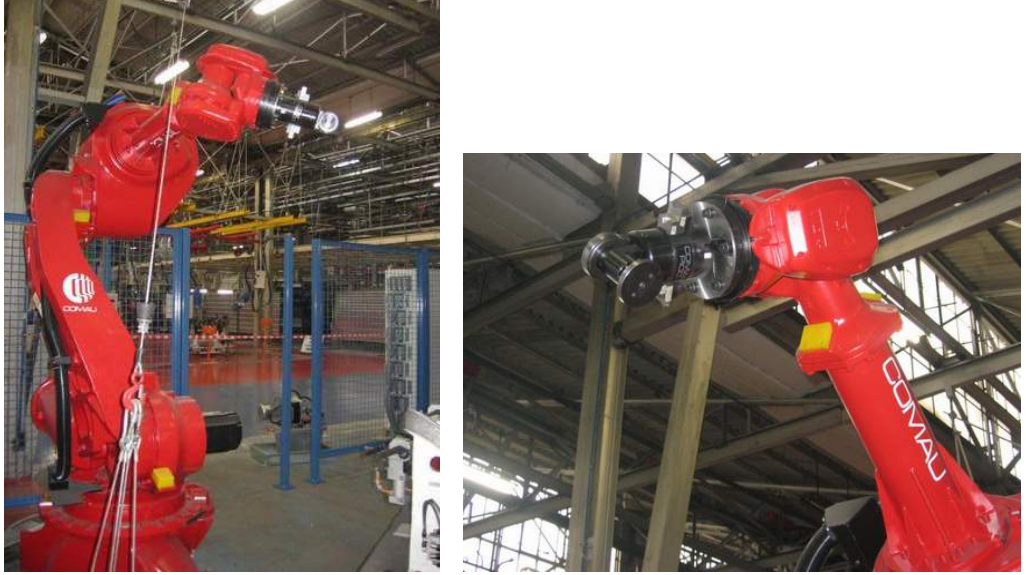
Doğrulama :

- Deneysel sonuçlar ile simülasyon arasında iyi nicel uygunluk.
- Simülasyon doğruluğu iyileşmeyi istemektedir.
- Araştırılmış proses parametreleri, ondülasyon genişliğini etkilemektedir.

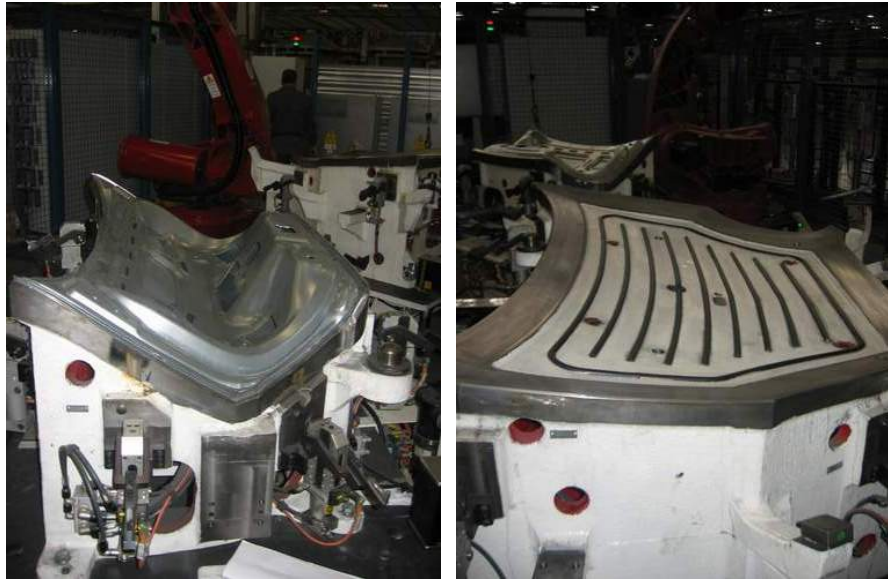
(Baumgarten ve Plapper, P.2005)

### 3.4. Robot hemming tekniğinin pratik uygulaması

İmalat firmamızda Hemming tekniğinin avantajları incelenerek yeni model araçları kapı ve kaputunun imalatında uygulanmasına karar verilmiştir. Uygulama ile ilgili sonuçlar son bölümde verilecektir.



Şekil 3.16. Hemming robotu



Şekil 3.17. Bagaj kapağı ve kaput hemming aparatı



Şekil 3.18. Bininin bükülmeden önceki Bininin büküldükten sonra durumu

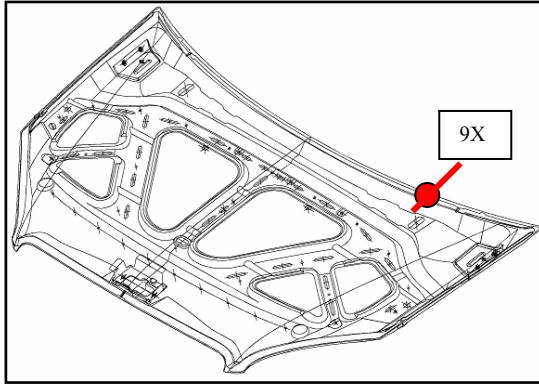


#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

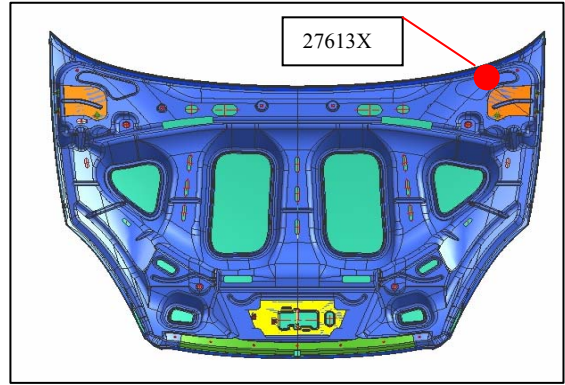
Bu bölümde birbiri ile benzer özelliklere sahip prosesler karşılaştırmaktadır. Buna göre özellikle kendinden delmeli perçin, clinching (büzdürme) ve kaynak işlemlerini aynı grupta değerlendirilecektir. Diğer grupta ise klasik kenetleme ile hemming yöntemi karşılaştırılacaktır.

##### 4.1. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Geometrik Karşılaştırma

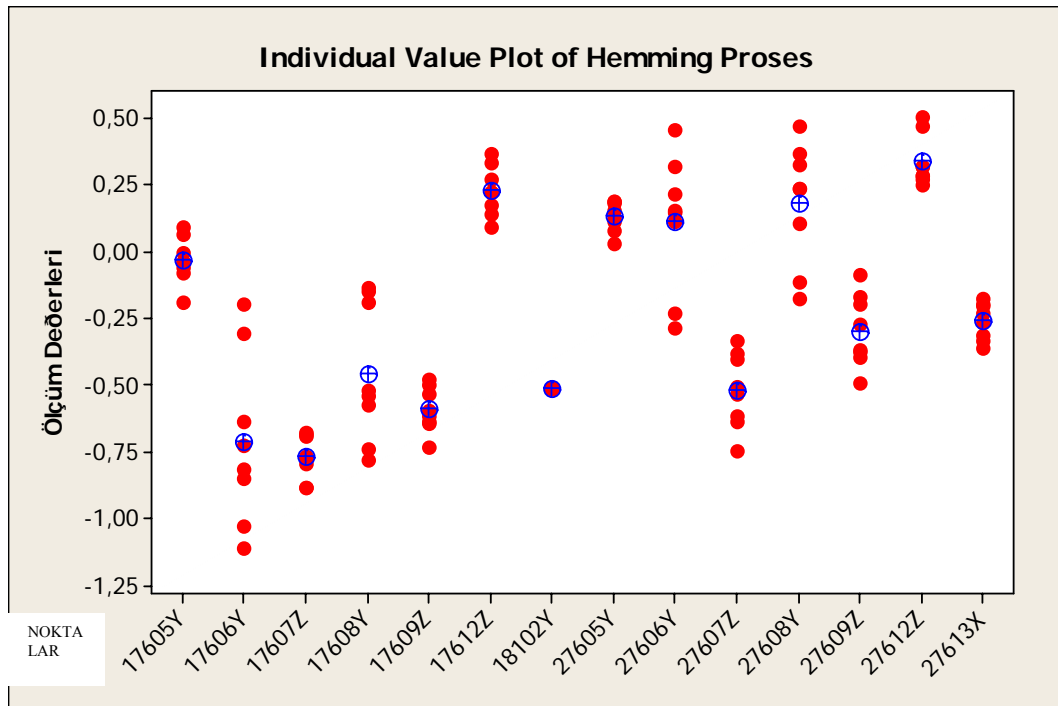
Bu çalışmada iki model için motor kaputu verileri baz alınmıştır.



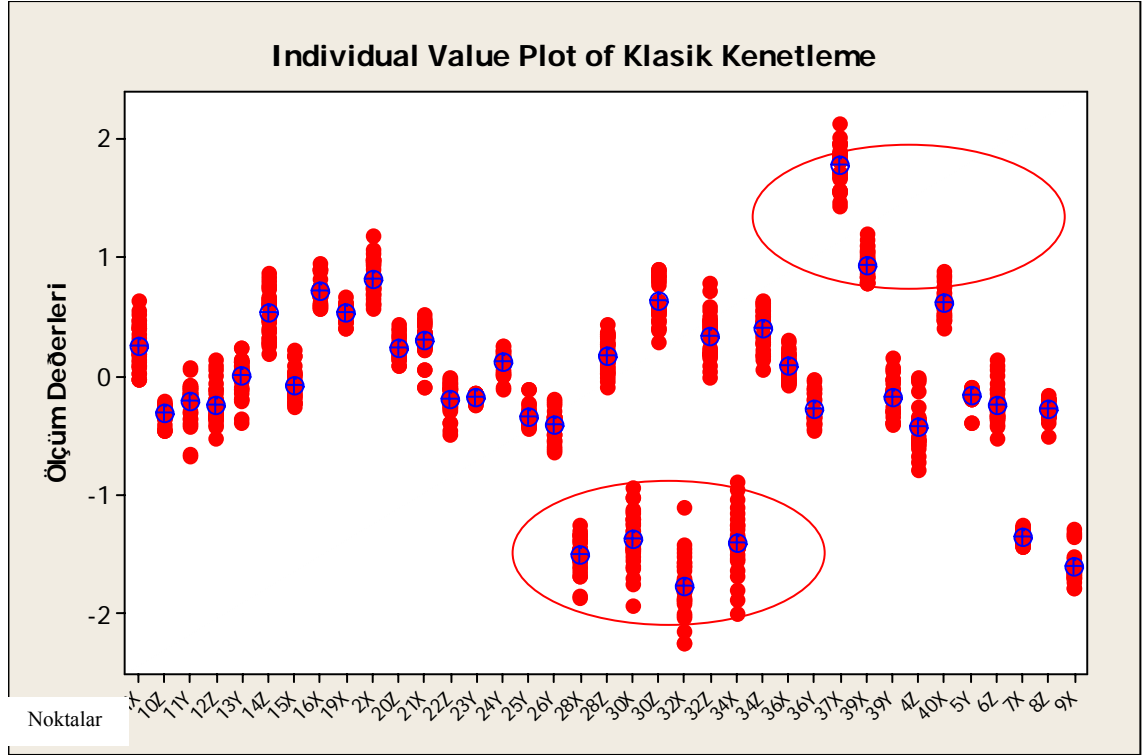
Şekil 4.1. Kenetleme yöntemi



Şekil 4.2. Hemming yöntemi



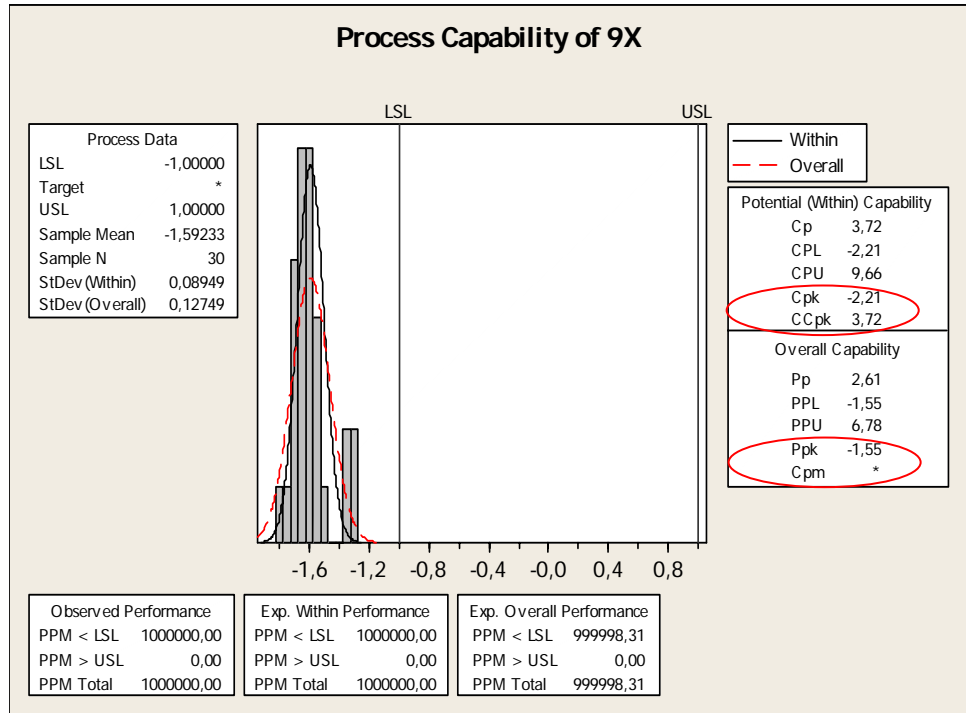
Şekil 4.3 Hemming uygulanan yöntemdeki noktaların genel gidişatı



Şekil 4.4. kenetleme işlemi uygulanan modeldeki 37 adet noktanın gidişatı

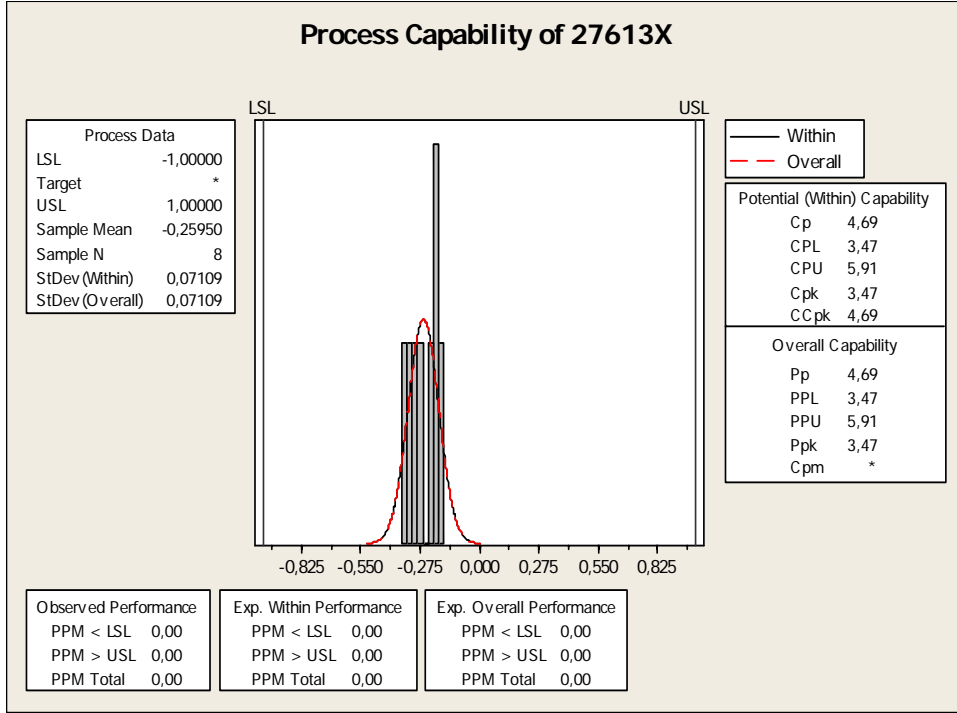
Şekil 4.5'deki metottaki değerlerin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu bağlamda hemming metodunun klasik metoda üstünlüğü mevcuttur.

Nokta bazında durum analiz edildiğinde:



Şekil 4.5. Kenetleme yöntemi ile üretilen modeldeki 9X noktasının proses kapasitesi





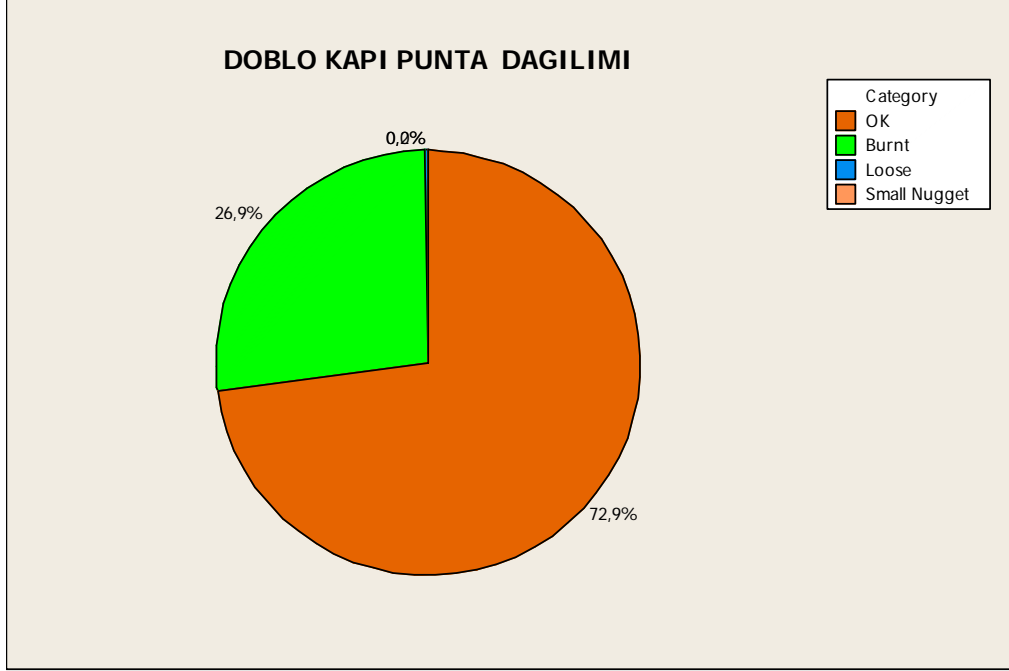
Şekil 4.6. Hemming yöntemi ile üretilen modeldeki 27613X noktası proses kapasitesi

Kenetleme işleminin yapıldığı 9X noktasında cp 3,72 cpk değeri -2,21 olup proses değişkenliği oldukça fazladır. Roller hemming yönteminin uygulandığı 27613X noktasında ise Cp 4,69 ve Cpk 3,47 olup proses olarak son derece kararlı bir yapıya sahiptir.

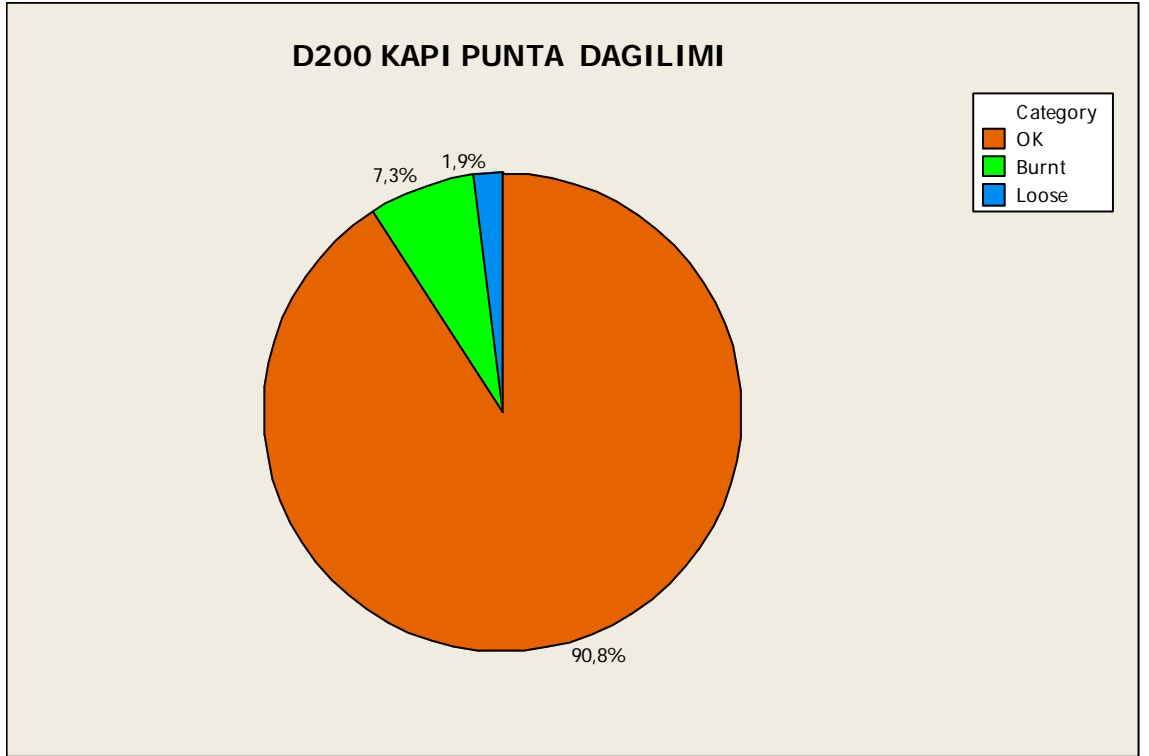
#### 4.2. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Karşılaştırma

Klasik kenetleme uygulanan Doblo modeli ile roller hemming metodu uygulanan D200 modeli kapı ve motor kaputu punta değerleri karşılaştırılmıştır, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8.

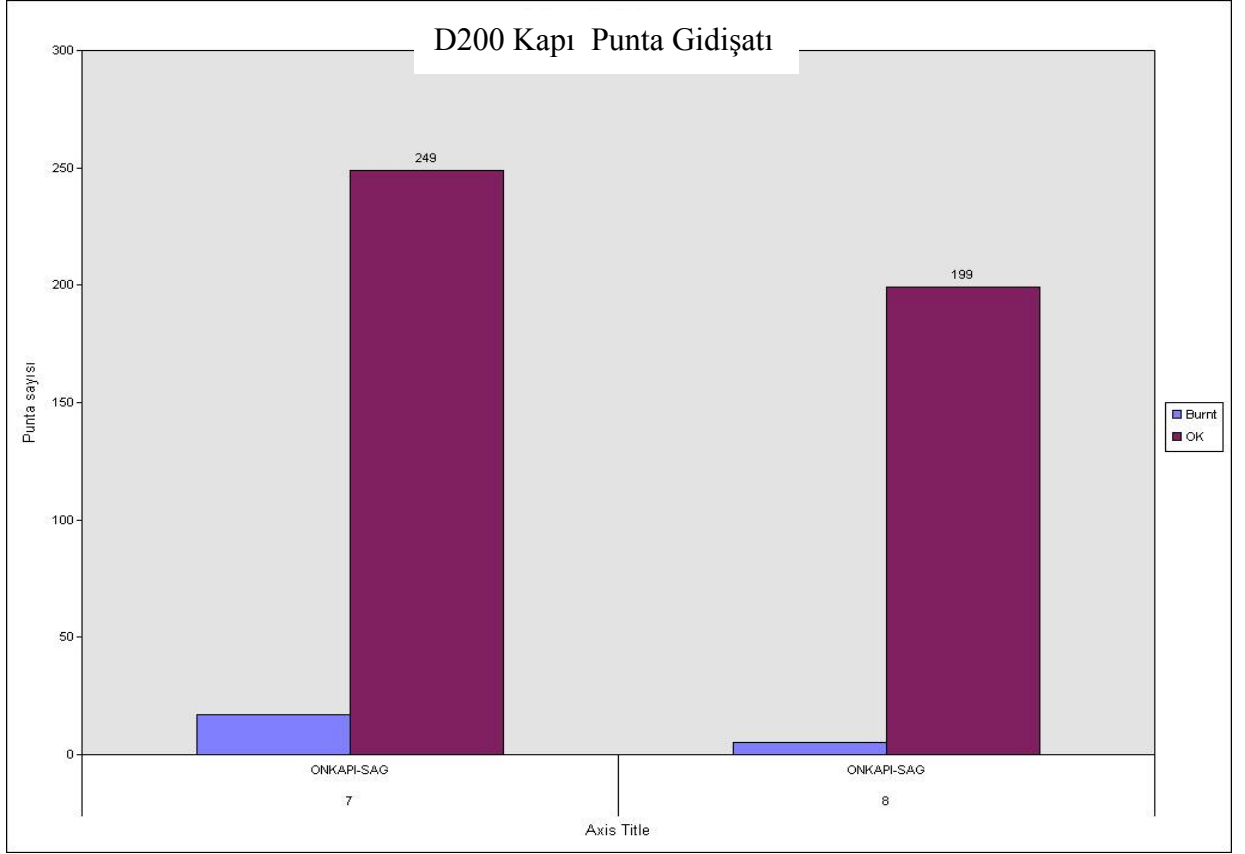
Punta değerlendirmelerinde genel olarak burnt punta, punta hatası olarak değerlendirilmeyip uygun punta olarak değerlendirilmektedir. Loose ise punta hatası olarak ele alınır ve hatanın kök nedenini bulmak için çalışma yapılması gerekmektedir



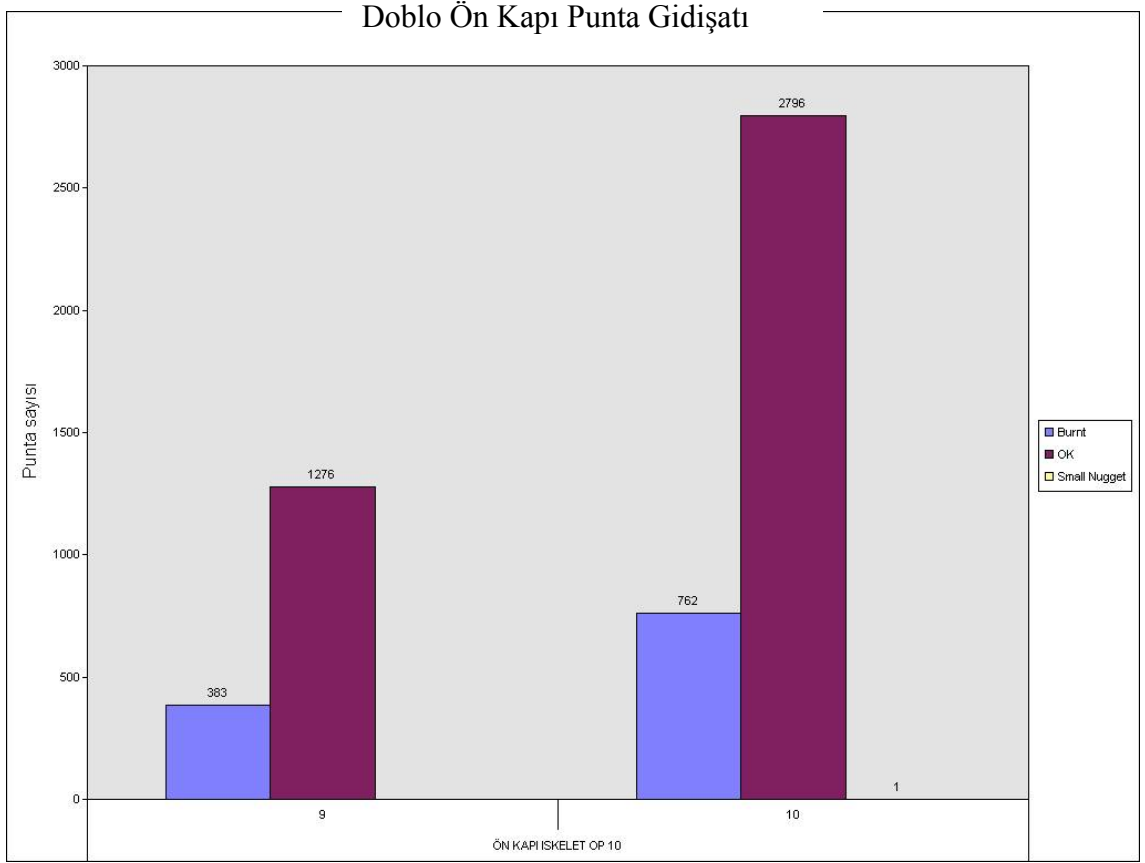
Şekil 4.7 Doblo kapı punta dağılımı (bunt: aşırı akımlı, yanık punta, loose: penetrasyonu zayıf, small nugget: çekirdek çapı küçük punta)



Şekil 4.8 D200 kapı punta dağılımı (bunt: aşırı akımlı, yanık punta, loose: penetrasyonu zayıf, small nugget: çekirdek çapı küçük punta)



Şekil 4.9 D200 projesi iki haftalık kapı punta gidişatı



Şekil 4.10 Doblo projesi iki haftalık kapı punta gidişatı

Yukarıdaki grafiklerde görüldüğü üzere burnt punta genel olarak Doblo modelinde daha fazla çıkmaktadır. Özellikle bu D200 bölgesinde kaynakların robot tarafından yapılmasının buna katkısı son derece fazladır. Ayrıca binilerin düzgün olması bunda son derece önemli olması önemlidir.

### 4.3. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Ekonomik Olarak Karşılaştırma

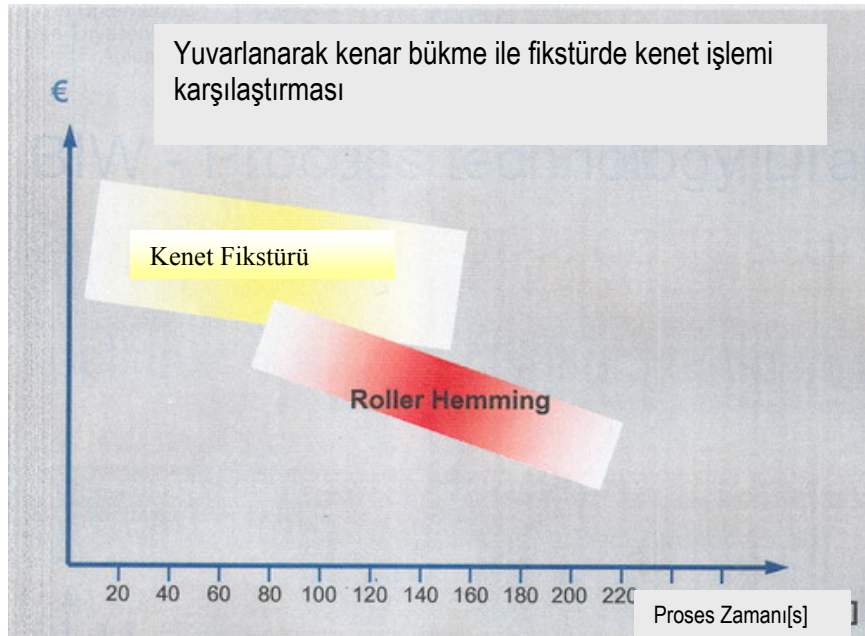
1m<sup>2</sup> kapalı alanın 350 euroya mal olduğu düşünüldüğünde 50 m<sup>2</sup>'lik alan kazancı bize  $350 \times 50 = 17500$  euro kazanç sağlamaktadır.

Klasik kenetleme işleminde macun ,hazırlık ve ön kenetleme işleri için 3adam gereksinimi vardır. Roller hemming operasyonunda ise sadece 1 adam yükleme ve boşaltma işlemlerini yapmaktadır. Dolayısıyla 2 adamlık bir kazanç söz konusudur. Yıllık toplam işçilik kazancı  $10 \text{ euro} \times 2 \times 270 \times 6 = 32400$  euro/yıl dır.

Kenetleme presi ve kenetleme kalıbı yaklaşık 450.000 euro'dur. Robot hemming ise 100.000 euro civarında bir ilk yatırım maliyeti söz konusudur. İlk yatırım maliyetleri karşılaştırıldığında roller hemming son derece avantajlı bir proses olarak görülmektedir.

İşletme giderleri gözönüne alınıp değerlendirildiğinde üzerinde hidrolik ekipmanlar bulunan pres ve üzerinde elektronik devreler bulunan kalıbın bakım maliyetlerinin robota göre son derece yüksek olduğu tebit edilmiştir.

Şekil 4.11'de kenetleme prosesi ile roller hemming prosesinin maliyet olarak karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 4.11 Proses zamanı- maliyet ilişkisi (<http://www.thyssenkrupp.com>, 2006)

Şekil 4.11'de görüldüğü gibi roller hemming teknolojisinin işlem zamanı klasik kenetlemeye göre (parça taşıma zamanları hariç) uzun olmasına karşın ilk yatırım, işletme ve işçilik kazançları gözönüne alındığında roller hemming teknolojisi daha ekonomik bir proses olarak görülmektedir.

#### 4.4. Klasik Kenetleme İle Hemming Yöntemini Teknik Olarak Karşılaştırma

Çizelge 4.1. Klasik kenetleme ile hemming yöntemlerinin karşılaştırması

	Klasik Kenetleme	Hemming
<b>Teknoloji</b>	Sacların deformasyonu	Sacların deformasyonu
<b>Ulaşılabilirlik</b>	2 kenar	2 kenar
<b>Enerji gereksinimi</b>	Hidrolik+elektrik+pnömatik	Elektrik+pnömatik
<b>Proses kontrolü</b>	Kontrol zayıf, güç-kurs	Sürekli %100, elektrik
<b>Nokta kontrolü</b>	Yok	Var
<b>Sacın durumuna etkisi</b>	Yüzeye iz yapıyor	Kısmen ondülasyon var
<b>Set-up zamanı</b>	Kenetleme presi, fikstürler- Ayarlanmalı	Robot, Ayar gerekmez
<b>Çevrim zamanı</b>	Uzun	Kısa
<b>Lay-out alanı</b>	Çok fikstür- Alan büyük	Tek fikstür- Alan az
<b>İlk yatırım maliyeti</b>	Pres+kalıp+fikstürler- Maliyet fazla	Tek fikstür+robot- Maliyet düşük
<b>İşletme maliyetleri</b>	Yüksek	Maliyeti çok düşük
<b>Üretim hatlarında esneklik ve verimlilik</b>	Kısıtlı	Esneklik var

#### 4.5 Tartışma ve Sonuç

Önceki bölümde yapılan yöntemler arası karşılaştırma ve analiz çalışmalarının sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

Özellikle kenar kıvrıma teknolojisi ile ilgili makalelerde belirtilen ondülasyon (bir tür buruşukluk) problemleri ile pratik uygulamalarda da karşılaşılmıştır. Özellikle estetik olarak isimlendirilen bu bölgelerdeki kaynak puntaları, ondülasyon oluşumu nedeniyle kritik hale gelmektedir. Flanş uzunluğu ve kontur yarıçapının bir parametresi olan ondülasyon ve kenetlemenin dışa doğru kayma eğilimi, özellikle ön kenetleme (pre-hemming) ardından final kenetleme ile büyük oranda giderilse de hala bir kısmı operasyon sonunda kalmaktadır. Özellikle burada seçilen malzeme ve proses değerlerinin (içe veya dışa büküm), sac ruloların yeniden sarımları, sacın kendi içerisindeki eğrilik yarıçaplarının ayrı ayrı etkileri gelecekteki çalışmalarda incelenebilir.

Bükme operasyonundan sonra flanş düz değildir ve enine kesitte spring back (geri esneme) mevcut ve sağ ve sola yakındır. Sağ kenarlarda farklı deformasyon şartları nedeniyle eşit değildir. Ondülasyon dahil edildiğinde, kontür kenarı açılı enine kesiti boyunca giderek genişleyen spring back (geri yaylanma) açılı önemini kaybeder.

Kenar bükme operasyonu tamamlandığında, parçalarda ondülasyon gözlenmektedir. Minimum kontür radyüsü maksimum flanş uzunluğu, maksimum çekme ve en yüksek ondülasyon oluşumu eğilimine sebep olur. Kontür radyüsü küçük ve flanş nisbeten uzun ise, dış kenar üzerindeki sıkışmalardan kaynaklanan deformasyon enerjisi öyle yüksek hale gelir ki, deformasyon sınırı aşılar.

Ön kenar bükme sırasında oluşan ondülasyonlar, sonraki aşamalarda ciddi ondülasyon oluşumlarına neden olur. Bu ondülasyonlar nihai kenar bükme sırasında düz hale gelir. Kenar bükme montaj edilen panel (kapı, kaput gibi) parçalarının iç kısmına uygulandığı için, minör ondülasyonlar kabul edilebilir. Bununla birlikte pratik uygulamalar göstermiştir ki ön kenar bükmeden sonra oluşan ondülasyonlar istenmeyen şekiller olup hem-out (dışa kenar bükme) olarak adlandırılır. Bu yüzden düzgün panel kenarları elde etmek için kenarlama ve kenar bükme operasyonları sırasında ondülasyon oluşundan kaçınılmalıdır.

Ayrıca kendinden delmeli perçin yönteminin diğer yöntemlere göre önemli handikaplarından olan ve imalat maliyetlerini önemli ölçüde etkileyen bir faktör olan işlem zamanı iyileştirmesi konuları araştırılabilir. Bu dezavantaj giderildiği durumda, kendinden delmeli perçin yöntemi diğer yöntemlere göre en ideal birleştirme yöntemi olacaktır .

## KAYNAKLAR

Anonim 1997. Comparatif Economique 3.1. Bollhoff Oталu S.a, Paris. 8 p.

Anonim 1997. Comparatif Economique 3.2. Bollhoff Oталu S.a, Paris. 5 p.

Anonim 2000. Event Based Functional Build. Auto/Steel Partnership Program, Southfield. p.1-32.

Baumgarten, J., Plapper, P.2005. Numerical Analysis of High Speed Roler Hemming. Adam Opel AG,Germany.10 p.

Couration, D. 2003. Outilage de Presse, Outil de Presertissage, Fondaementaux Pour Conception. Renault, Paris. 27 p.

Couration, D. 2003. Outilage de Presse-Sertissage, Choix du Process et Geometrie des Bords A Sertir. Renault, Paris. 10 p.

<http://www.boellhoff.de>, Erişim Tarihi: 25.07.2006. Konu: Rivet and Clinch Technology.

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 01.07.2006. Konu: Weld Bonding Method

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 12.06.2006. Konu: Method for Assembling a Vehicle Body.

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 15.07.2006. Konu: Body Assembly and Method of Making Same.

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 20.06.2006. Konu: Car body assembling method and Body Strusture of a Vehicle.

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 20.06.2006. Konu: Vehicle Body Assembling Method.

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 22.06.2006. Konu: Method of Making a Body Panel Assembly.

<http://www.thyssenkrupp.com> , Erişim Tarihi: 30.09.2006. Konu: DV Automation Products, Robot Hemming.

<http://www.freepatents.com>, Erişim Tarihi: 18.06.2006. Konu: Vehicle Body Assembly.



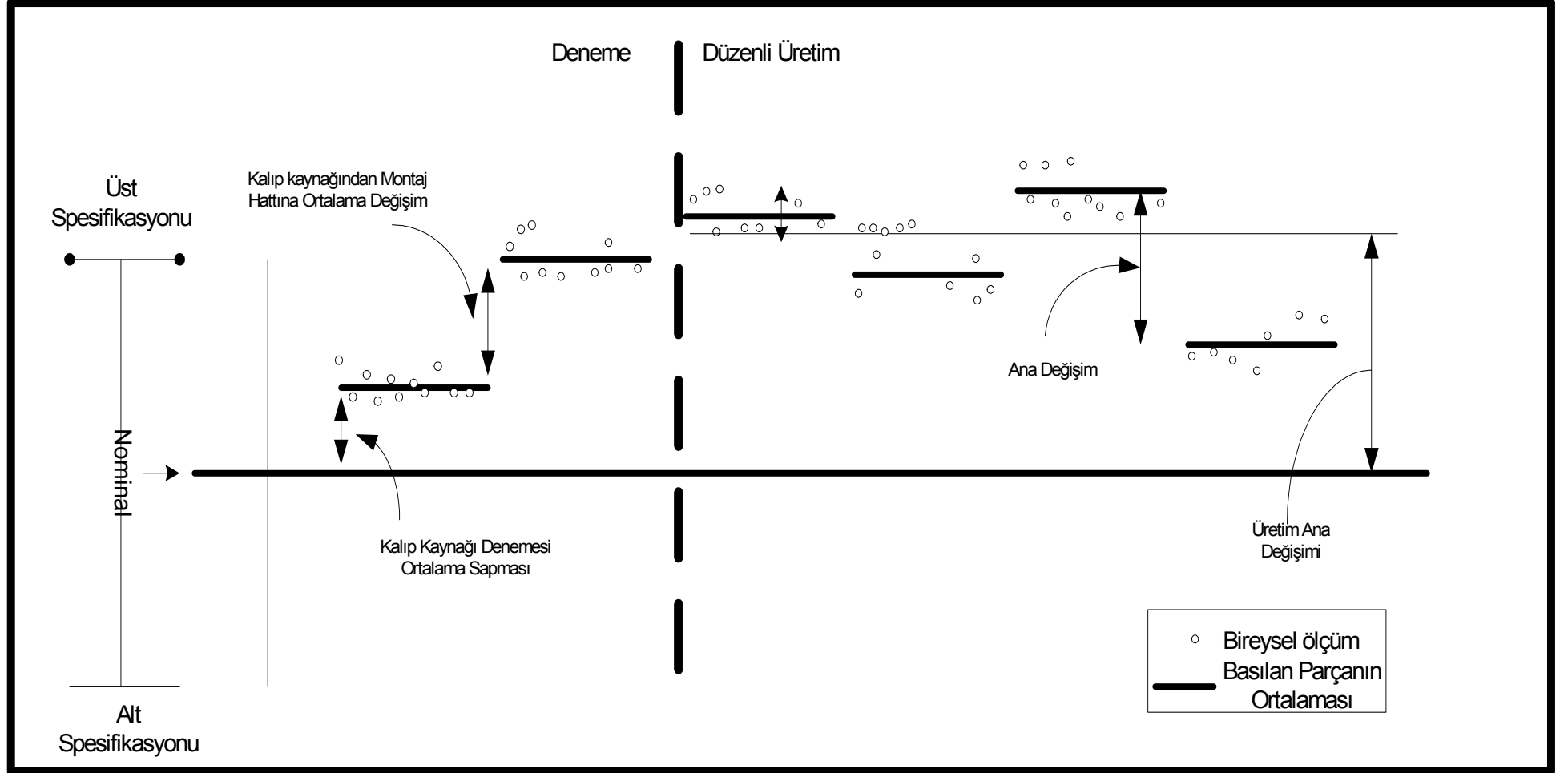
Livatyalı H., Larris S.J., Experimental investigation on forming defects in flat surface–convex edge hemming: roll, recoil and warp, *Journal of Materials Processing Technology* 153–154 (2004) 913–919.

Livatyalı, H., Laxhuber, T., Altan, T. Experimental Investigation of Forming Defects in Flat Surface-Convex Edge Hemming. *Journal of Processing Technology*, 146(2003):20-27.

Livatyalı H., Wu H.C., Altan T., Prediction and elimination of springback in straight flanging using computer-aided design methods Part 2: FEM predictions and tool design, *Journal of Materials Processing Technology* 120 (2002) 348–354.

Svensson M., Mattiasson K., Three-dimensional simulation of hemming with the explicit FE-method, *Journal of Materials Processing Technology* 128 (2002) 142–154.

## EKLER\_1 Değişkenlik Kaynakları



## **ÖZGEÇMİŞ**

1975 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta lise öğrenimini Bursada tamamladı. 1998 yılında Uludağ Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Askerlik hizmetine kadar farklı işletmelerde çalıştı. 2002-2005 yılları arasında Coşkunöz A.Ş. de metod mühendisliği ve proje liderliği görevlerinde bulundu. 2006 yılı itibariyle Tofaş A.Ş. Gövde Bölümünde ürün proses uzmanı olarak görev yapmaktadır.

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim başlangıcından 2005 yılına kadar danışmanlığım görevini sürdüren ve bana her konuda yardımcı olan değerli hocam Ing.Prof.Dr. C.Fatih Babalık hocama öncelikle teşekkür ederim.

Ardından danışmanlığımı üstelenen ve benden her konuda sonsuz desteğini esirgemeyen kıymetli hocam Yrd.Doç.Kadir Çavdar hocama teşekkürü bir borç bilirim.