

OTOMOTİV SANAYİNDE KULLANILAN DİRENÇ NOKTA KAYNAK ELEKTRODU ÖMRÜNÜN DENEYSEL ANALİZİ VE KALİTE GÜVENCESİ YÖNÜNDE ETÜDÜ

Prof. Dr. Selahaddin ANIK¹, Prof. Dr. Ahmet OĞUR²,
Doç.Dr. Murat VURAL³, Yrd.Doç.Dr.Salim ARSLANLAR⁴,
Haldun TURAN⁵

¹ İTÜ Makina Fakültesi, Gümüşsuyu / İSTANBUL

² SAÜ Mühendislik Fakültesi Makina Müh. Bölümü / SAKARYA

³ İTÜ Makina Fakültesi, Gümüşsuyu / İSTANBUL

⁴ SAÜ Teknik Eğitim Fakültesi/ SAKARYA

⁵ Otokar A.Ş. Kalite Birimi/ SAKARYA

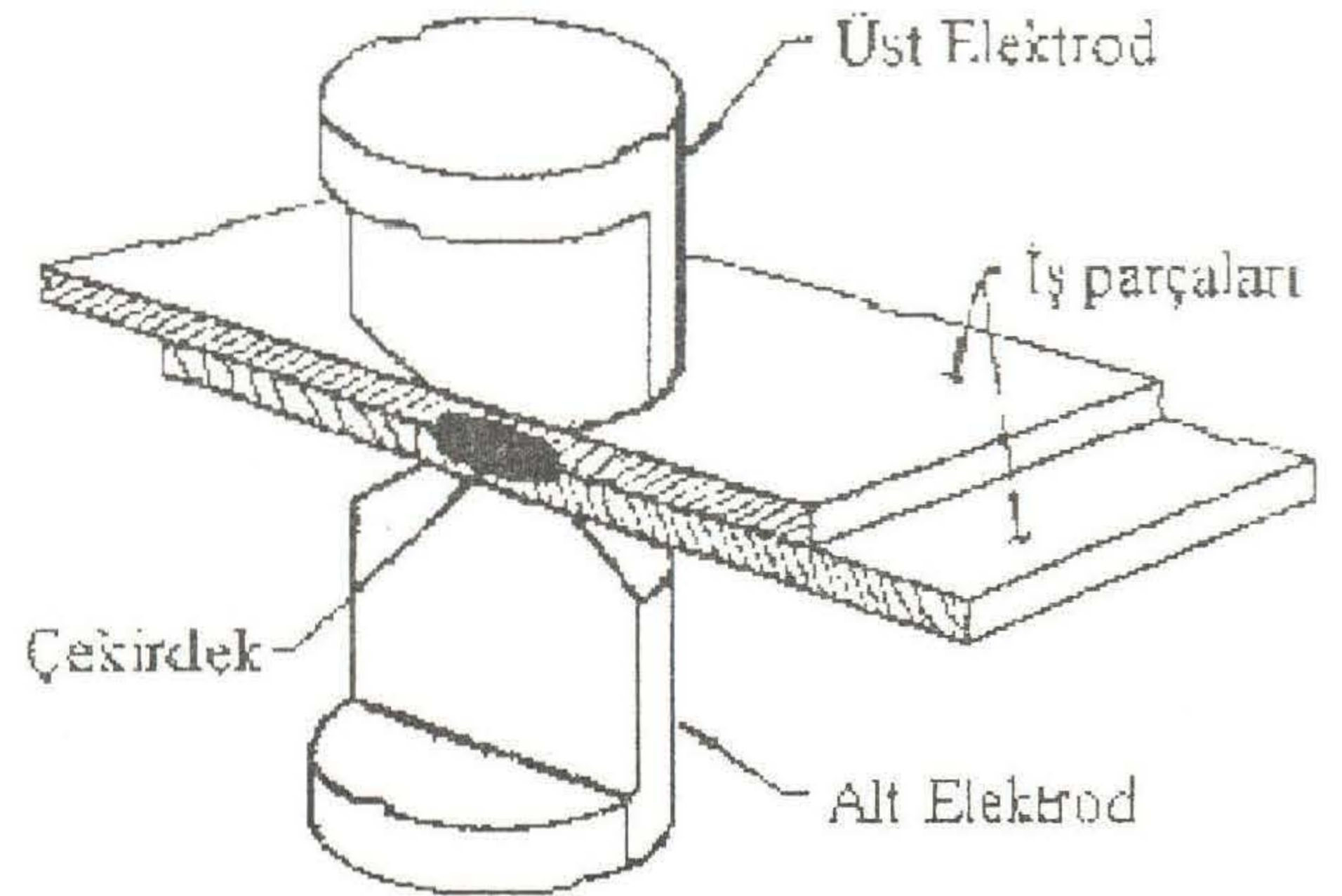
1. ÖZET

Otomotiv sanayinde yaygın olarak kullanılan direnç nokta kaynağında kullanılan elektrotların ömrünün deneysel analizi için elektrod ucundaki deformasyonun kaynak dikiş kalitesini ne şekilde etkilediğinin tesbiti amacıyla yapılmıştır. Bunun için, yaygın kullanılan bir elektrod malzemesi ve fabrika ortamında alüminyum malzemesi üzerinde deneyler yapılmış; elektrot uç formunun değişimi gözlenmiş ve bu değişimin nokta kaynağının karakteristiklerine etkileri değerlendirilerek grafikler halinde sunulmuştur.

2. GİRİŞ

İyi kalite demek; kaliteli üretim olduğu kadar kaynakların iş gücünün, ekipmanın ve bilgili akışın en iyi şekilde kullanılması demektir. Bu anlamda kaliteyi geliştirmek, üretimin verimliliğini artırır ve dolayısıyla da maliyetlerde azalma gözlenir. Günümüzde kalite standartları içerikleri nedeniyle sürekli bir performans gerektirmektedir. Bu performans sadece teknolojik gelişmelerden değil değişimin gereğini ve önemini kavrayan yöntemlerin sistemlerini standartlar paralelinde kurmalarından kaynaklanmaktadır.

Otomotiv sanayi, gelişen teknolojiyi yakından takip eden ve her türlü gelişmeyi bünyesine adapte edebilme kolaylığına sahip bir endüstridir. Bir otomobilin üretilebilmesinde binlerce parça kullanılmakta ve yüzlerce farklı tipte işlem gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerden belki de en önemlisi, aracın gövdesinin ortaya çıkarıldığı kaynak işlemleridir.



Şekil 1. : Direnç Nokta Kaynağı

Bir otomobil fabrikasının kaynak atelyesinde gövdenin imalı için kullanılan belli başlı kaynak yöntemleri, direnç nokta kaynağı, direnç dikiş kaynağı, MAG kaynağı, saplama kaynağı ve yumuşak lehimlemedir.

Bu kaynak yöntemleri içinde aracın ortaya çıkmasında ağırlıklı rol, direnç nokta kaynağına aittir. İmalatta genellikle direnç nokta kaynağı elektrotları gözle muayene edilmekte ve tecrübeye dayalı olarak belirlenen aralıklarla tıraşlanmaktadır. Elektrotların deformasyonunun kaynak kalitesine etkisinin sistematik bir şekilde incelenmesi prosese katkıda bulunma bu çalışmanın yapılma amacıdır.

Otomotiv Sanayinde Kullanılan Direnç Nokta Kaynak Elektrodu Ömrünün Deneysel Analizi ve Kalite Güvencesi Yönünden Etüdü

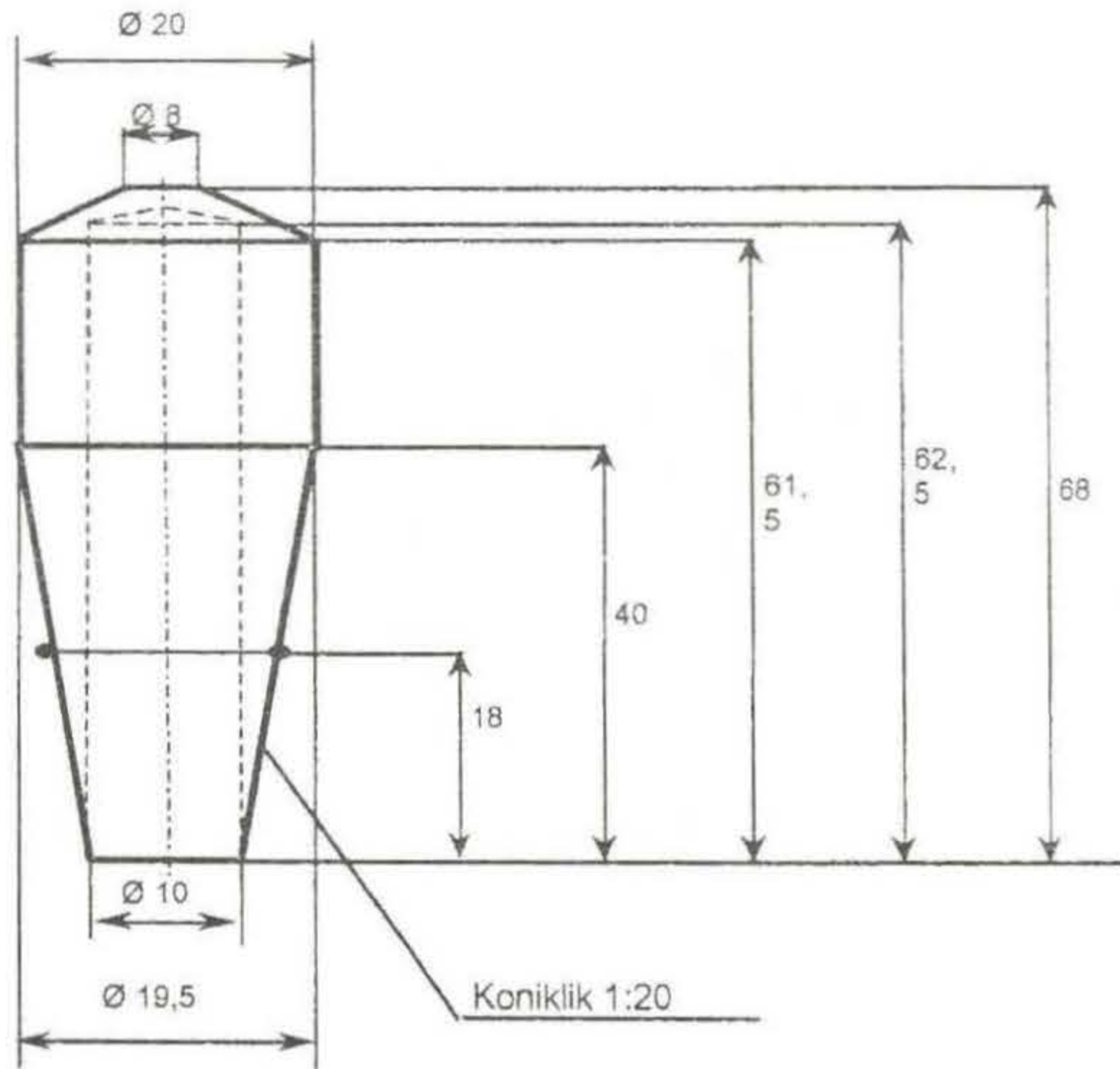
Elektrodlardaki deformasyonun kaynak kalitesine etkisinin analiz edilebilmesi amacıyla gerçekleştirilen deneylerin imalat şartlarını yansıtabilmesi için, kullanılan malzemeler Otokar Otobüs Karoseri Sanayi A.Ş.'de imalatta kullanılan malzemelerden seçilmiş ve deneyler de imalatın yoğun olduğu bir kaynak makinasında gerçekleştirilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

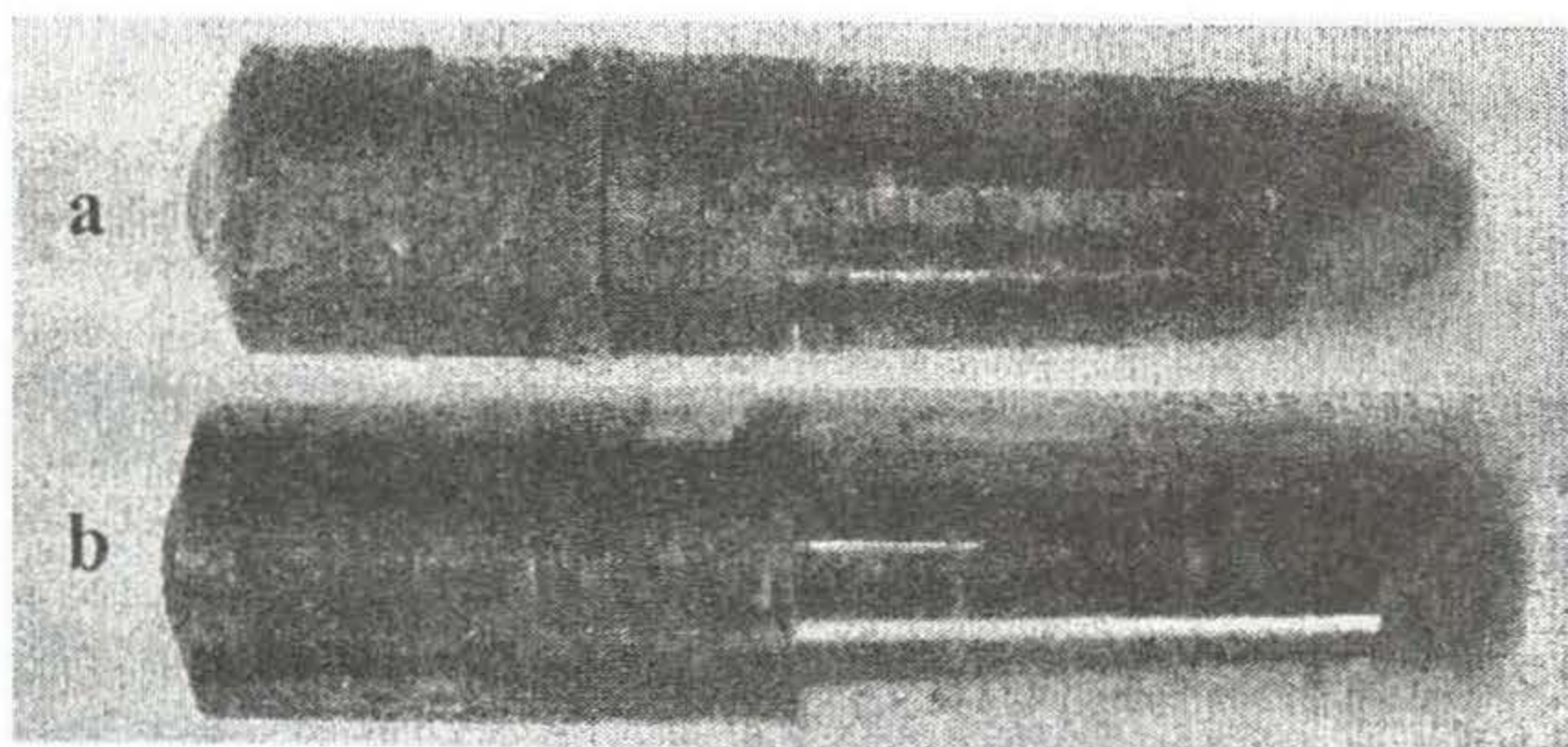
2.1. Kullanılan Malzemeler

Deneylerde seçilen bir elektrod başlığı ile 10000 nokta kaynağı yapılarak, nokta sayısına bağlı olarak elektrotta boyutsal değişikliklerin kaynak dikiş kalitesine etkileri analiz edilmiştir.

Deneylerde Le bronze industrial tarafından üretilen CRM 16X kod nolu CuCrZr tip Bakır-Krom-Zirkonyum alaşımli elektrod kullanılmıştır. DIN44759 Class 2'ye dahil bu elektrot, özellikle seri imalatta kullanılmak üzere geliştirilmiş ve otomotiv sanayinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Kimyasal birleşimleri Cr % 0,4, Zr %0,03, Cu % 99,57 şeklindedir. Elektrodun şekli ve görüntüsü Şekil 2 ve 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Deneylerde kullanılan elektrod başlığı boyutlar



Şekil 3. Deneylerde üst ve alt kullanılan elektrod başlıkları ve adaptörleri. a) Alt elektrot b) Üst elektrot

Deneylerde kullanılan esas metalin mekanik ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Esas metalin kalınlığı 1 mm'dir.

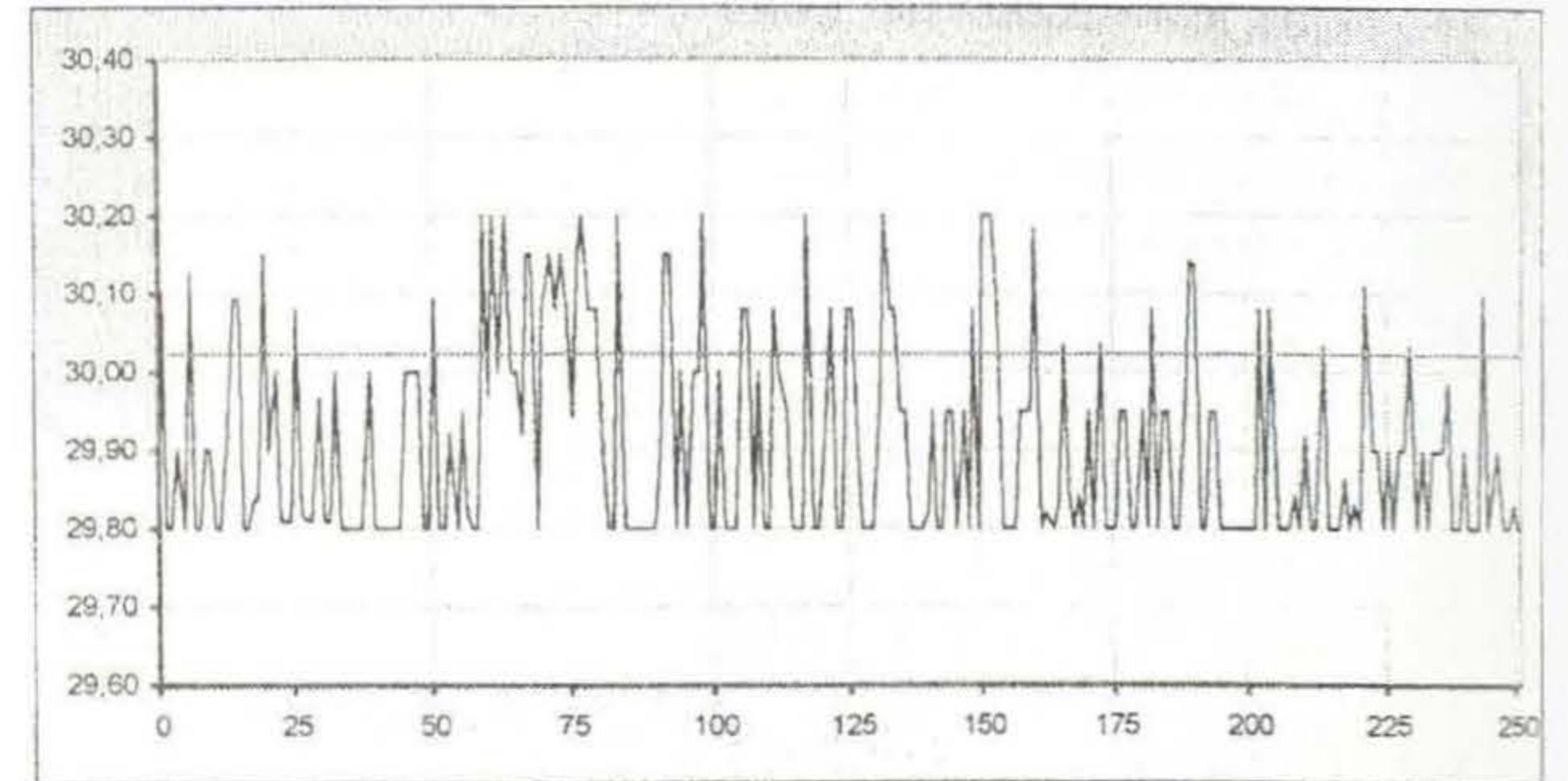
Tablo 1. Esas Metalin Mekanik ve Kimyasal Özellikleri

MEKANİK ÖZELLİKLERİ				
KAFİLE NO	TEST NO	AKMA MUKAVEMET	ÇEKME MUKAVEMET	% UZAMA
1.7218001	01	104	108	8.7

KİMYASAL BİLEŞİMİ								
%Si	%Fe	%Cu	%Mn	%Mg	%Cr	&Zn	%Ti	%Al
0,15	0,25	-	-	-	-	-	-	99,52

2.2. Kaynak parametreleri

Deneylerde 250 daN elektrot kuvveti, 30 kVA'lık kaynak akımı, 7 periyod'luk kaynak süresi, 10'ar periyod'luk sıkıştırma ve tutma süreleri uygulanmıştır. Deneyler 180 kVA'lık sabit kaynak makinasında yapılmıştır. Elektrot kuvvet analizörü yardımıyla, makinanın basınç valfleri kullanılarak ayarlanmıştır; ölçümde Avil marka Presstotest model, B010000 tipi kuvvet analizörü kullanılmıştır Şekil 4. Kaynak akımının değeri ise, ölçümünde LUTRON marka DM-6057 model kaynak test cihazı kullanılmıştır. Akım şöntlenmesinin engellenmesi, uygun soğutmanın sağlanması ve imalat hızlarına yakın olması amacıyla deneyler 20 adet/dakika'lık hızla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4 : 250 kaynak boyunca akımın nokta sayısı ile değişimi

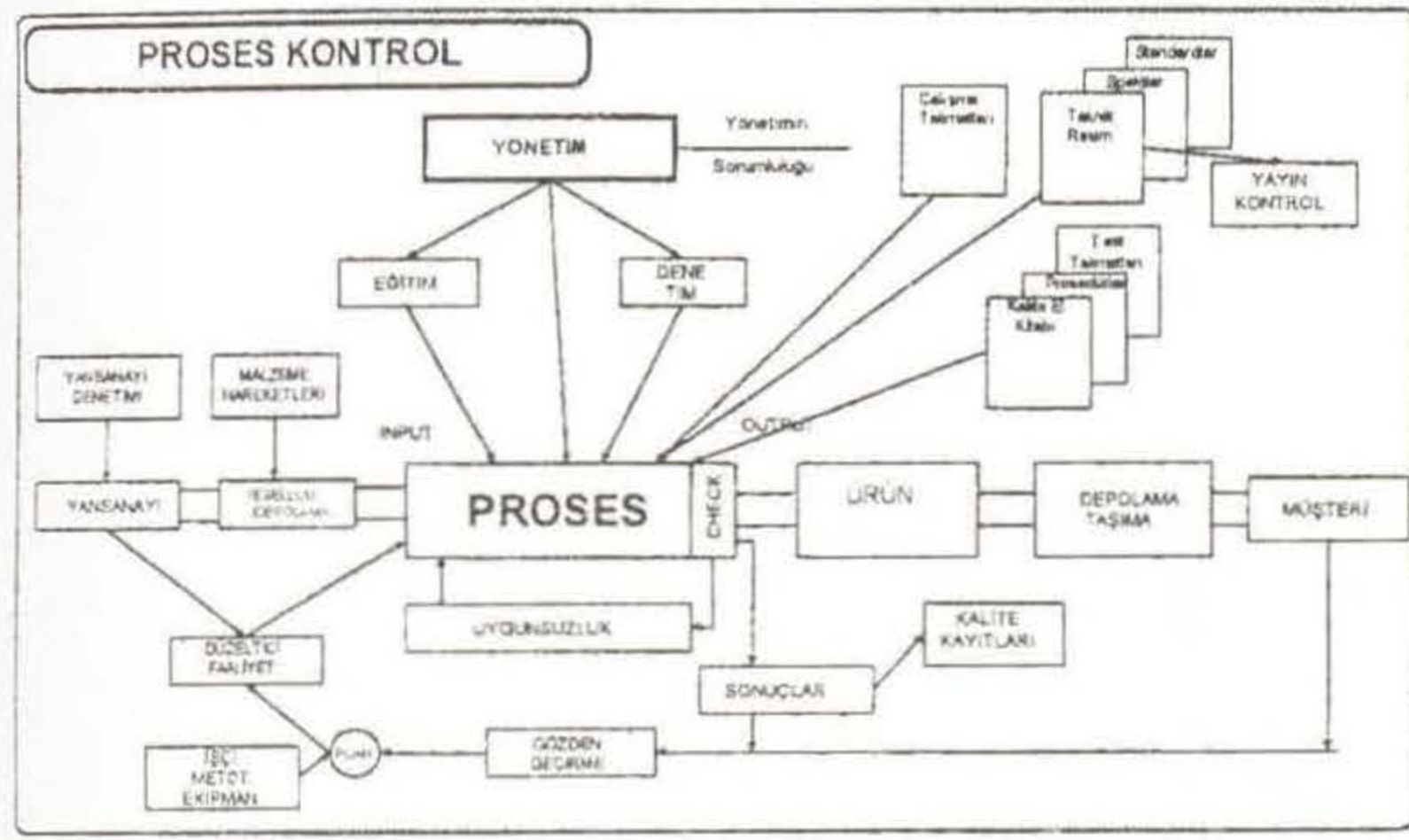
10000 adet nokta kaynağının düzgün biçimde yapılabilmesi için kaynaklar 25x25 mm'lik kare şeklinde çizilmiş Şekil 13'te gösterilen verilen saç plakalar üzerine uygulanmıştır.

Her 245 ila 250'nci noktalar çekme deneyi numunelerine uygulanmış olup Şekil 14'de numune örneği gösterilmiştir. Elektrot deformasyonunun tesbiti için Şekil 4'te verilen boyutlar temel alınmıştır. Elde edilen nokta kaynaklı numunelerde elektrot dalma derinlikleri ve kaynak çekirdeğinin çapları da ölçülerek grafik halinde gösterilmiştir.

3. KALİTE GÜVENCE SİSTEMİ

Kaliteyi doğrudan etkileyen üretim, tesis ve servis proseslerini belirlemeli, planlamalı ve bu proseslerin kontrollü şartlar altında yürütülmesini sağlamalıdır. Kontrollü şartlar aşağıdakilerini sağlamalıdır; Şekil 5 proses kontrol sistemi diyagramında verilmiştir;

1. Proses'in İzlenmesi ve Operatör Talimatları
2. Proses Kontrolünün Sürdürülmesi
3. Değişikliğe Uğramış Proses Kontrol Şartları
4. İş Ayarlarının Doğrulanması
5. Proses Değişiklikleri
6. Görüntü Parçaları



© Kaç

Şekil 5 : Otokar Proses Kontrol Sistemi

Prosesin kontrollü şartlar altında yürütülmesi ve sürekli gelişme yaratılabilmesi için periyodik olarak denetimler yapılır. (Tablo 2) Proses denetimleri ile sistemin etkinliği artırılır.

4. DENEY SONUÇLARI

Şekil 6'de üst ve alt elektrot başlıklarının boylarının nokta sayısı ile değişimi,

Şekil 7'da ise elektrot başlıklarındaki mantarlaşmanın nokta sayısı ile değişimi

Şekil 8'de üst ve alt elektrot başlığı uç çaplarının nokta sayısı ile değişimi ;

Şekil 9'de, numunelerdeki toplam çökme miktarı değişimi;

Şekil 10'da ortalama düğme çapının nokta sayısı ile değişimi ;

Şekil 11'da ise, numunelerin ortalama çekme-makaslama dayanımlarının nokta sayısı ile değişimi verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

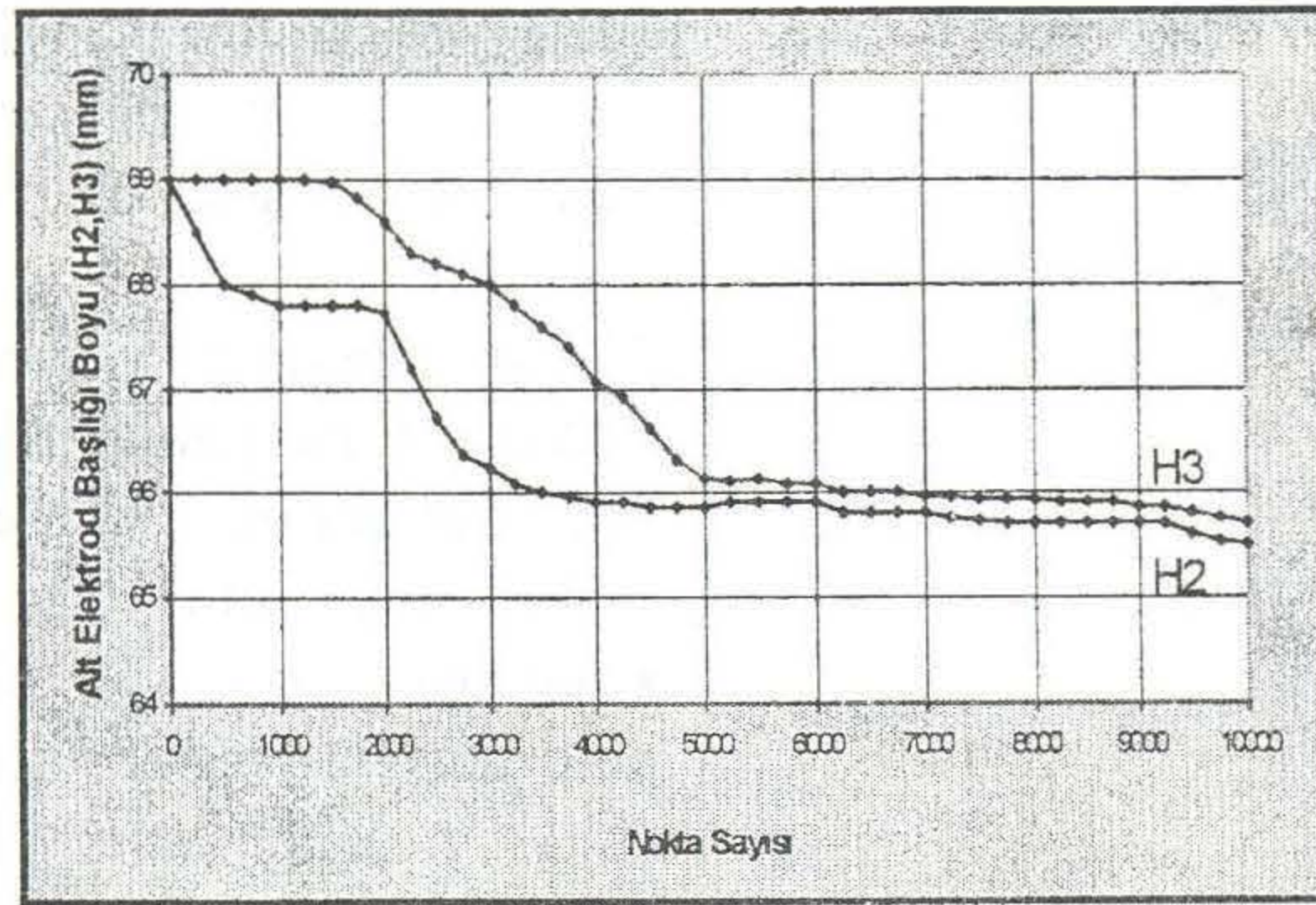
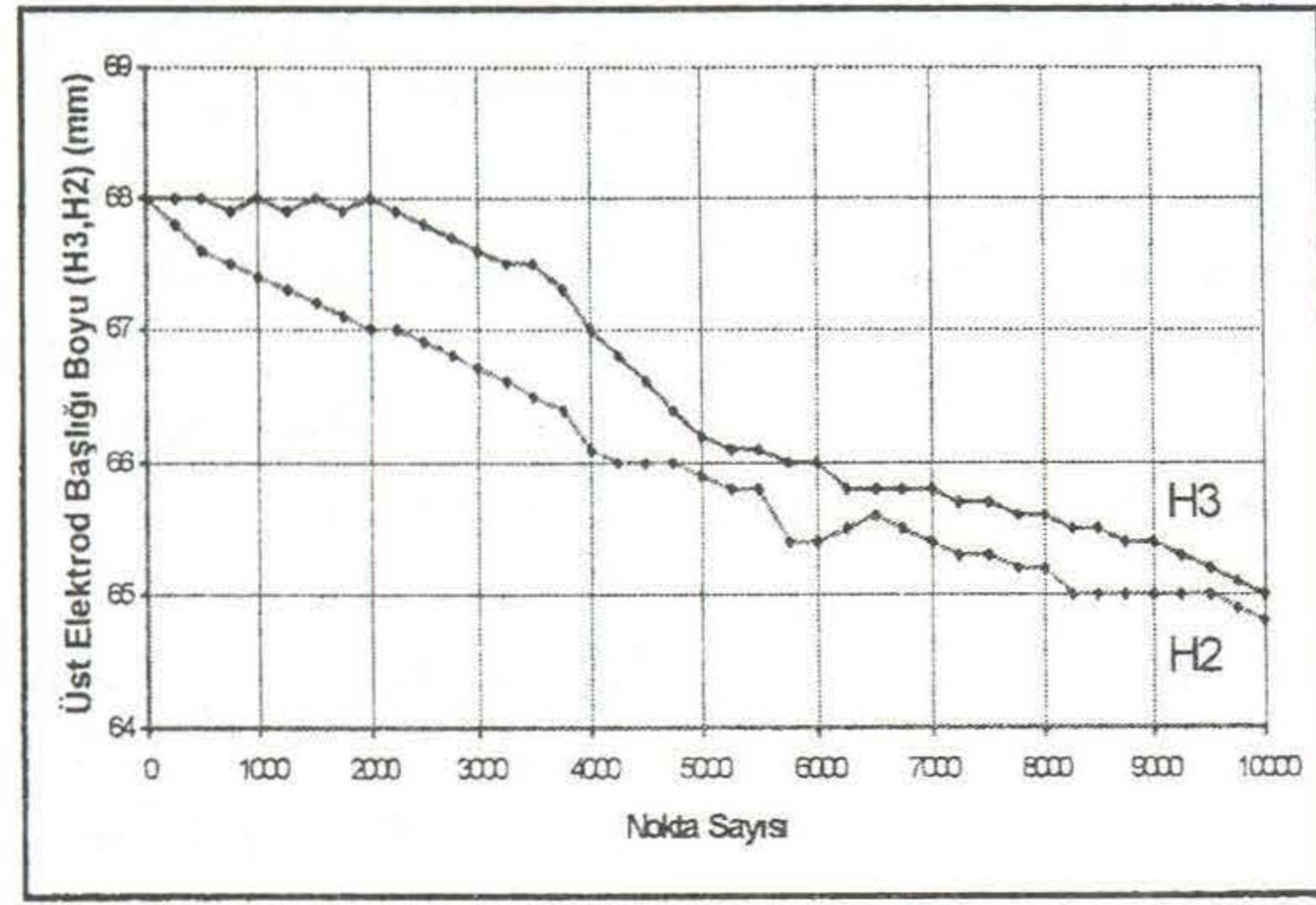
Deneyler boyunca üst ve alt elektrot başlıklarının boy ve çapındaki değişim, kaynak yapılan sacların yüzeyindeki çökme miktarı, düğme çapı ve çekme-makaslama dayanımları ölçülerek grafiksel olarak bu değerlerin artan nokta sayısı ile değişimleri ve Otokar Land Rover aracının üzerindeki nokta kaynakları Şekil 12'de sunulmuştur.

Üst ve alt elektrot başlıklarının boyları, yaklaşık olarak 4000 nokta kaynağa kadar hızlı, bu değerden sonra ise yavaş bir şekilde azalma göstermiştir. Elektrot başlıklarının mantarlaşma miktarları da büyük bir yaklaşıklıkla aynı sonucu vermiştir. Bunun nedeni, elektrot yüzeyinde ortaya çıkan ısının malzemeyi daha kolay plastik şekil değiştirebilir hale getirmesidir.

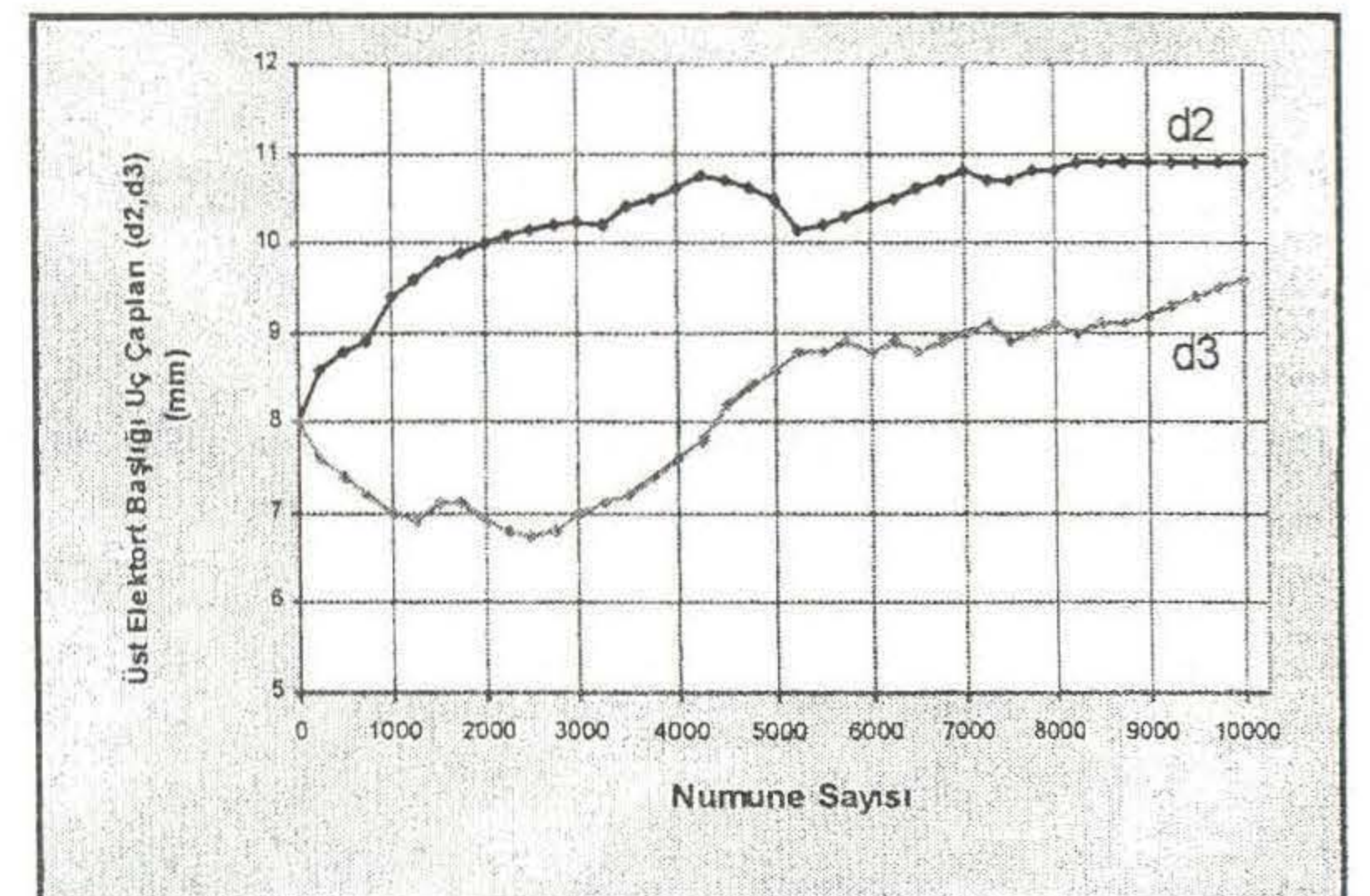
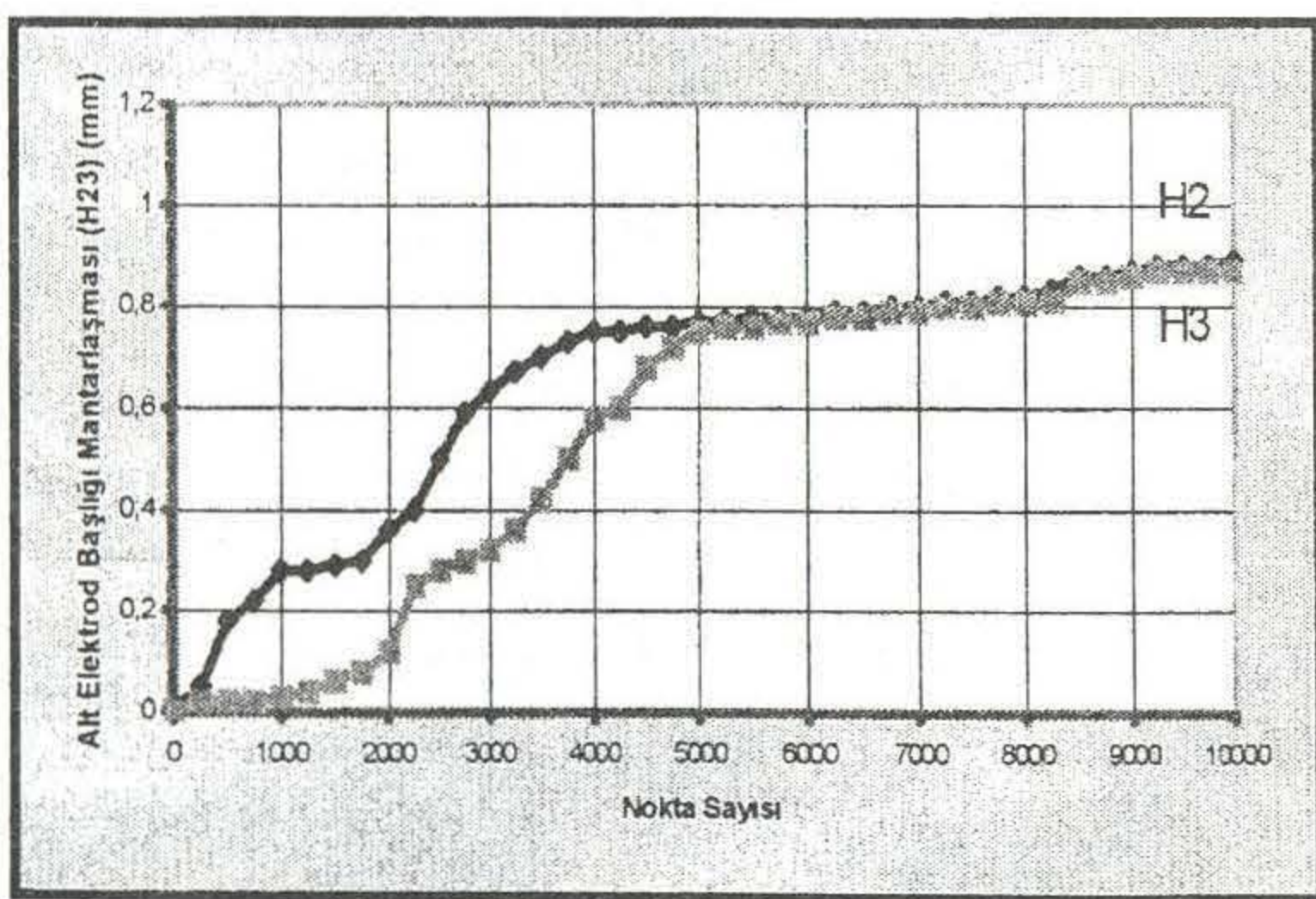
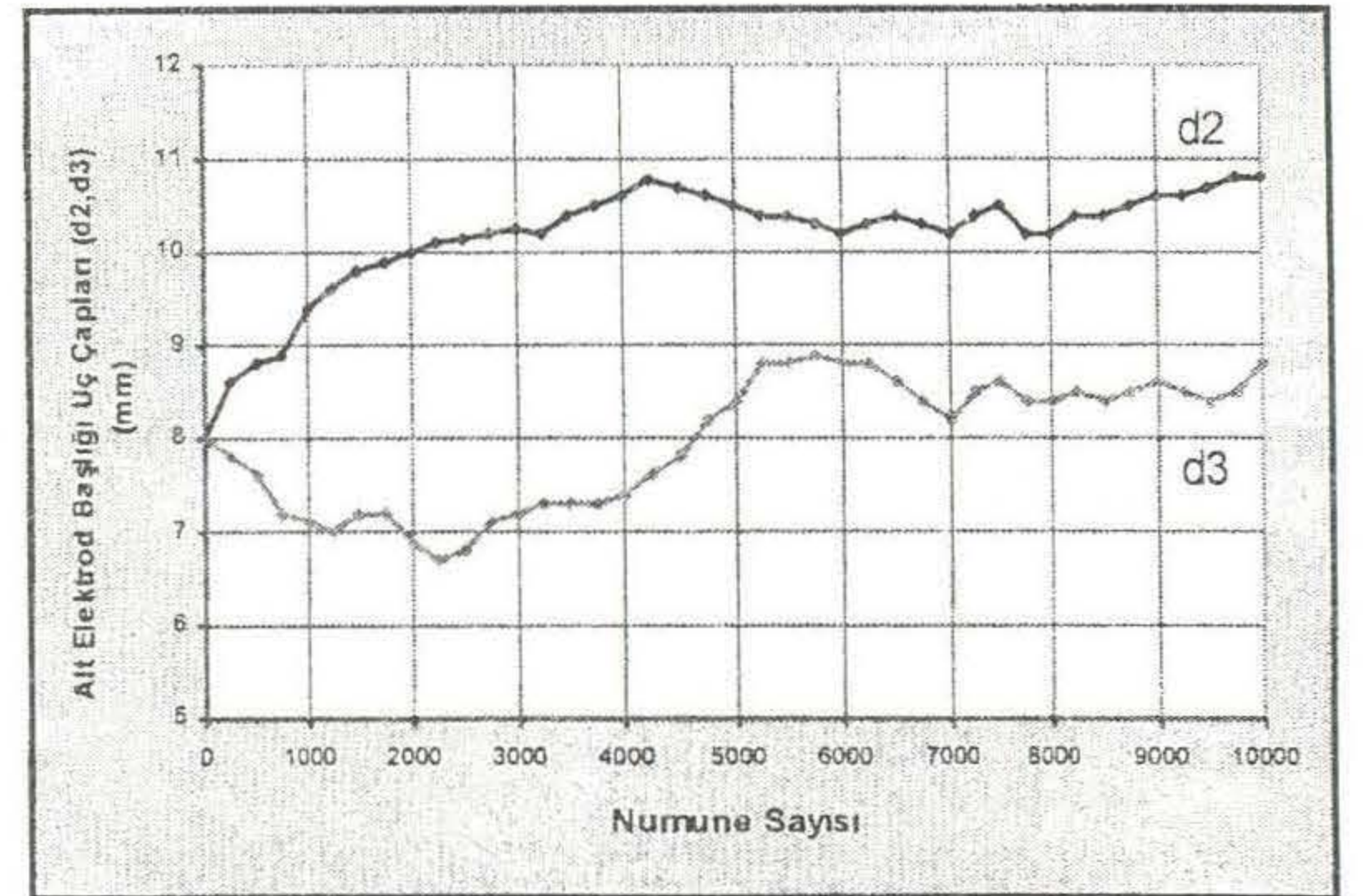
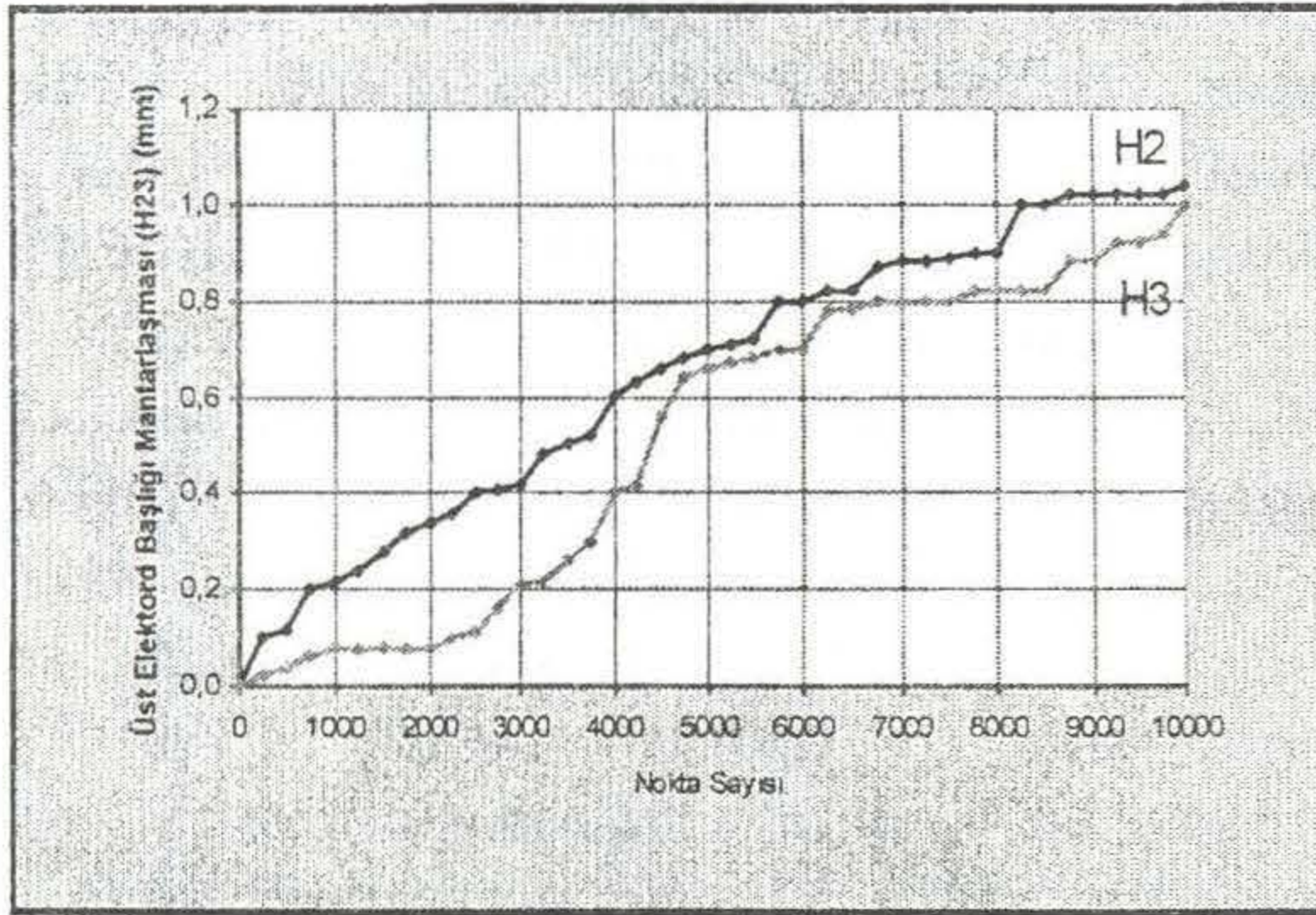
Nokta kaynakları boyunca, işlem gereği elektrodun parçaya hızlı yaklaşması ve basınç uygulaması hemen ardından akımın geçmesi nedeniyle, hem elektrot hemde parça yüzeyinin ısınmasının ve deformasyonunun kolaylaşmasının yanı sıra, elektrot yüzeyinin kenarlarında deformasyon miktarının ve ortasında soğutma suyunun etkisinin daha fazla olmasından dolayı, elektrot ucunda ikinci bir yüzey oluşmaktadır.

Çekme makaslama dayanımlarının nokta kaynağı sayısı ile değişimleri incelendiğinde, numunelerin dayanımlarının 10000 kaynak sonunda ilk değerden daha düşük olmadığı görülmüştür. Bu sonuç, düğme çapındaki artışla birlikte değerlendirildiğinde elektrot yüzeyi büyürken düğme çapının da büyüdüğü ancak çekme makaslama dayanımında aynı oranda bir artış olmadığı görülmektedir. Ulaşılan sonuç, elde edilen kaynakların yüksek mukavemetli ve güvenilir olduğu anlamına gelmemektedir tatmin edici olmayacağını göstermektedir. Çekme makaslama deneyi sonucunda kopma olayı, nokta kaynağı civarındaki sacın yırtılma şeklinde meydana gelmiştir. Bunun nedeni, sac yüzeyindeki elektrot çökme bölgesinde, sacın incelme sonucu çekme dayanımının düşmesi ve bu bölgeye oranla nokta kaynağı dayanımının daha yüksek olmasıdır.

Bunun nedeni, elde edilen diğer değerlerin ve numune kaynakların görüntülerinin, bu değerlerin kritik olabileceğini, dolayısıyla 10000 noktadan sonraki herhangi bir kaynağın özellikle yüzey kalitesi bakımından step programı çalıştırılıp akımı kontrollü olarak kademe kademe yükseltilmesi sonucuna ulaşılmıştır. Yukarıdaki açıklamalar ışığında, olarak 4000-4500 noktadan sonra elektrotların tıraşlanması gerektiği veya makinanın özelliğinde step programı kullanılarak akımı kademe kademe yükseltilmesiyle elektrodun kullanımına devam edilebilir.

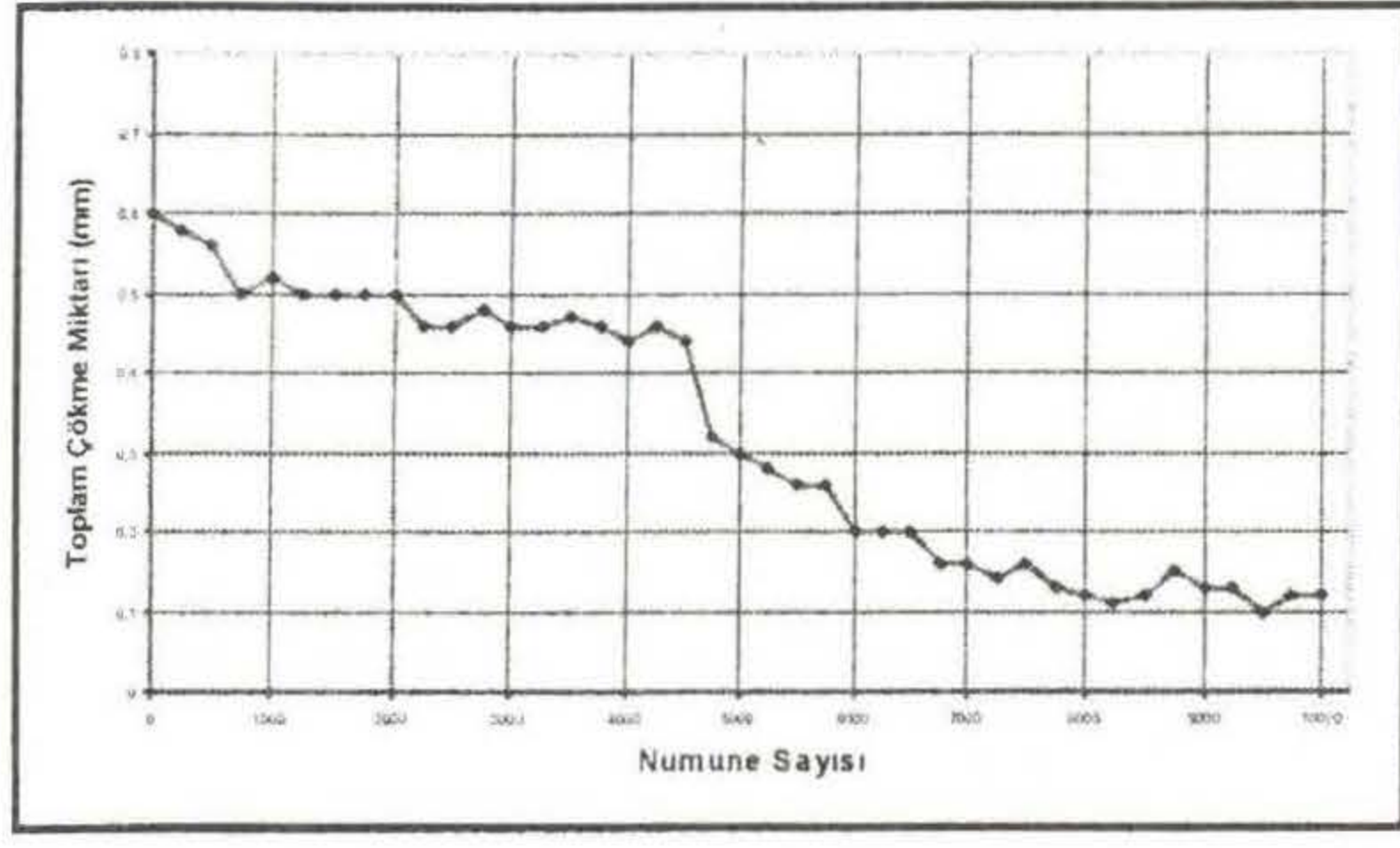


Şekil 6 Üst ve alt elektrot başlıklarının boylarının nokta sayısıya değişimi

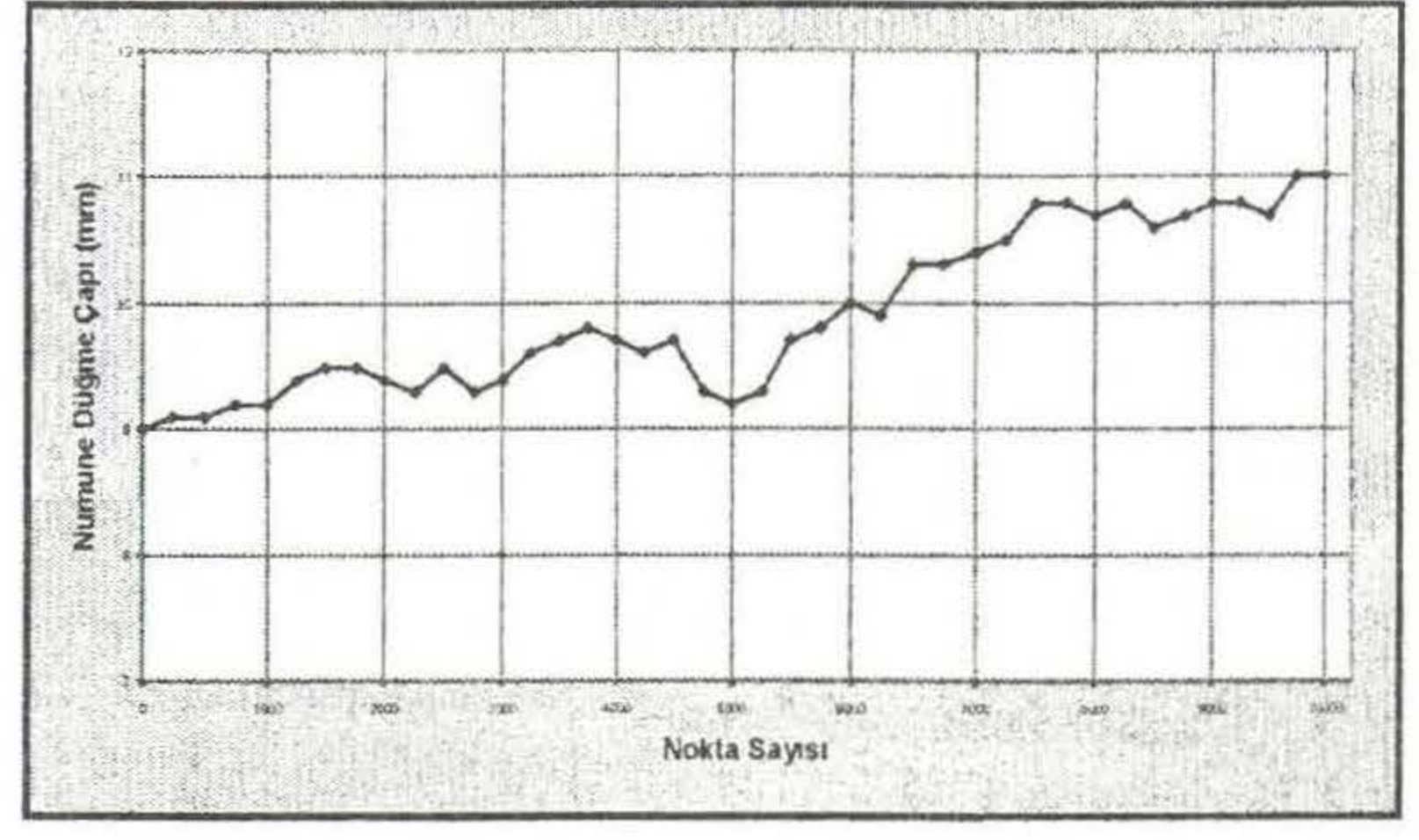


Şekil 7 Elektrot başlıklarındaki mantarlaşmanın nokta sayısı ile değişimi

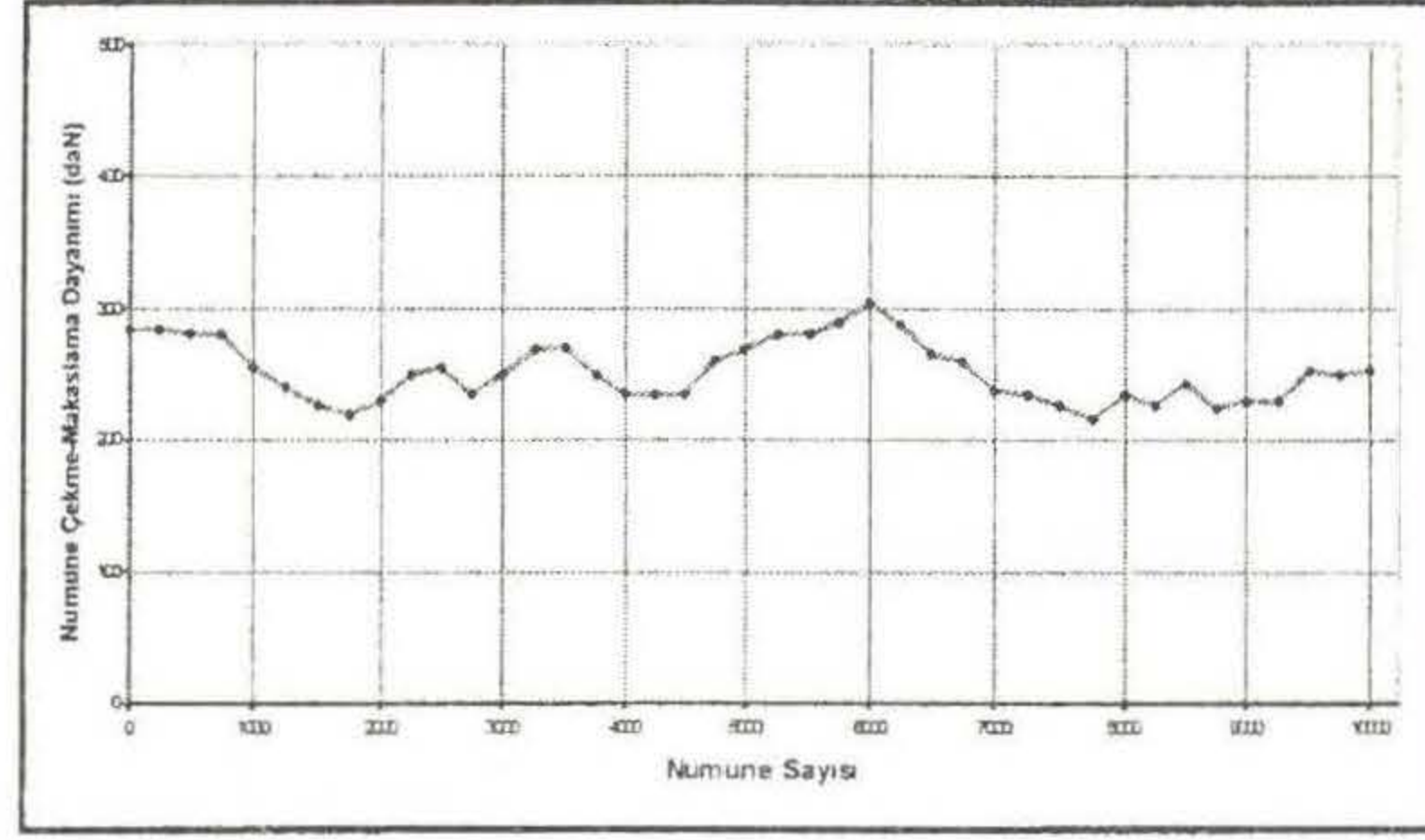
Şekil 8 Üst ve alt elektrot başlığı uç çaplarının nokta sayısıya değişimi



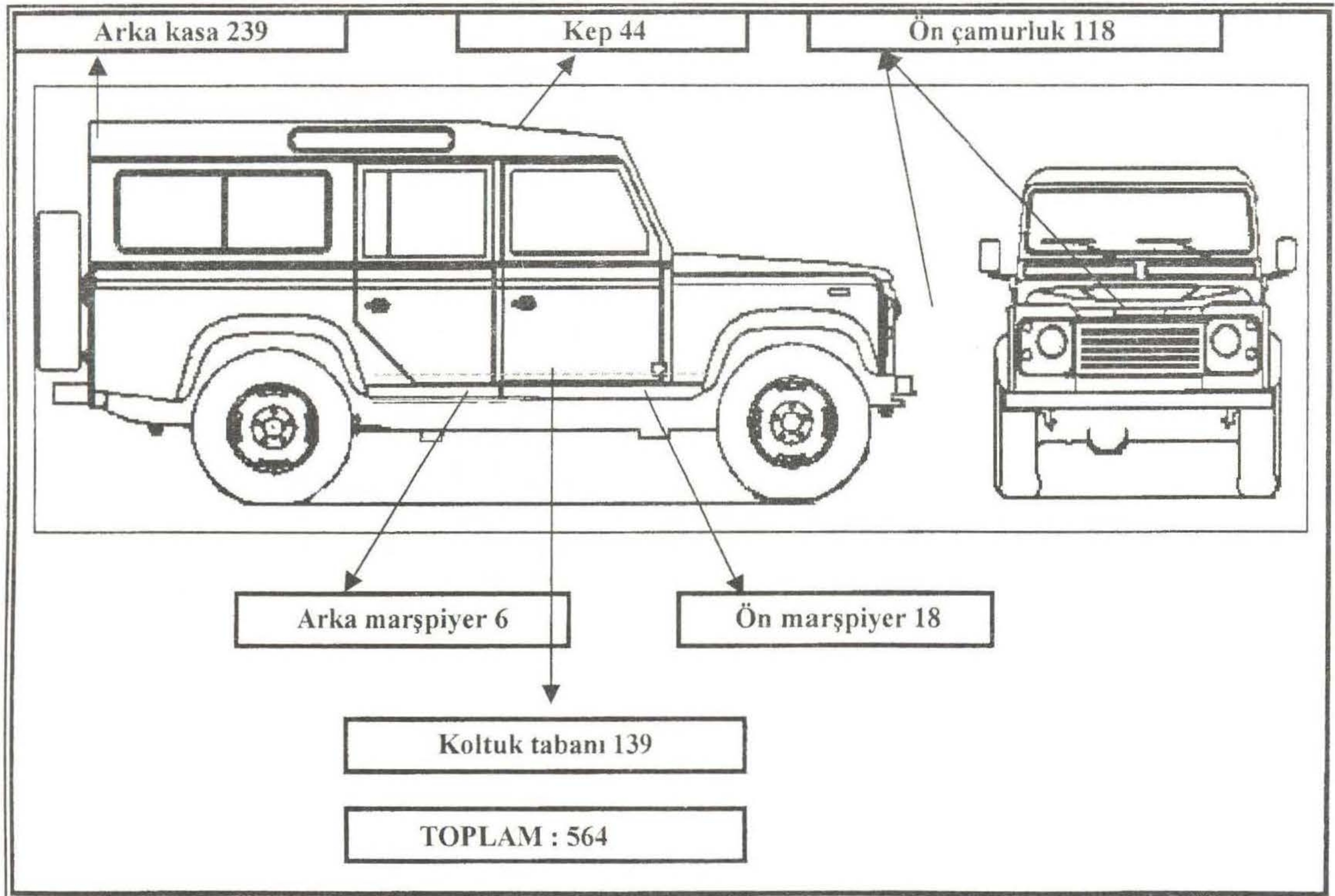
Şekil 9 Numunelerdeki toplam çökme miktarı değişimi



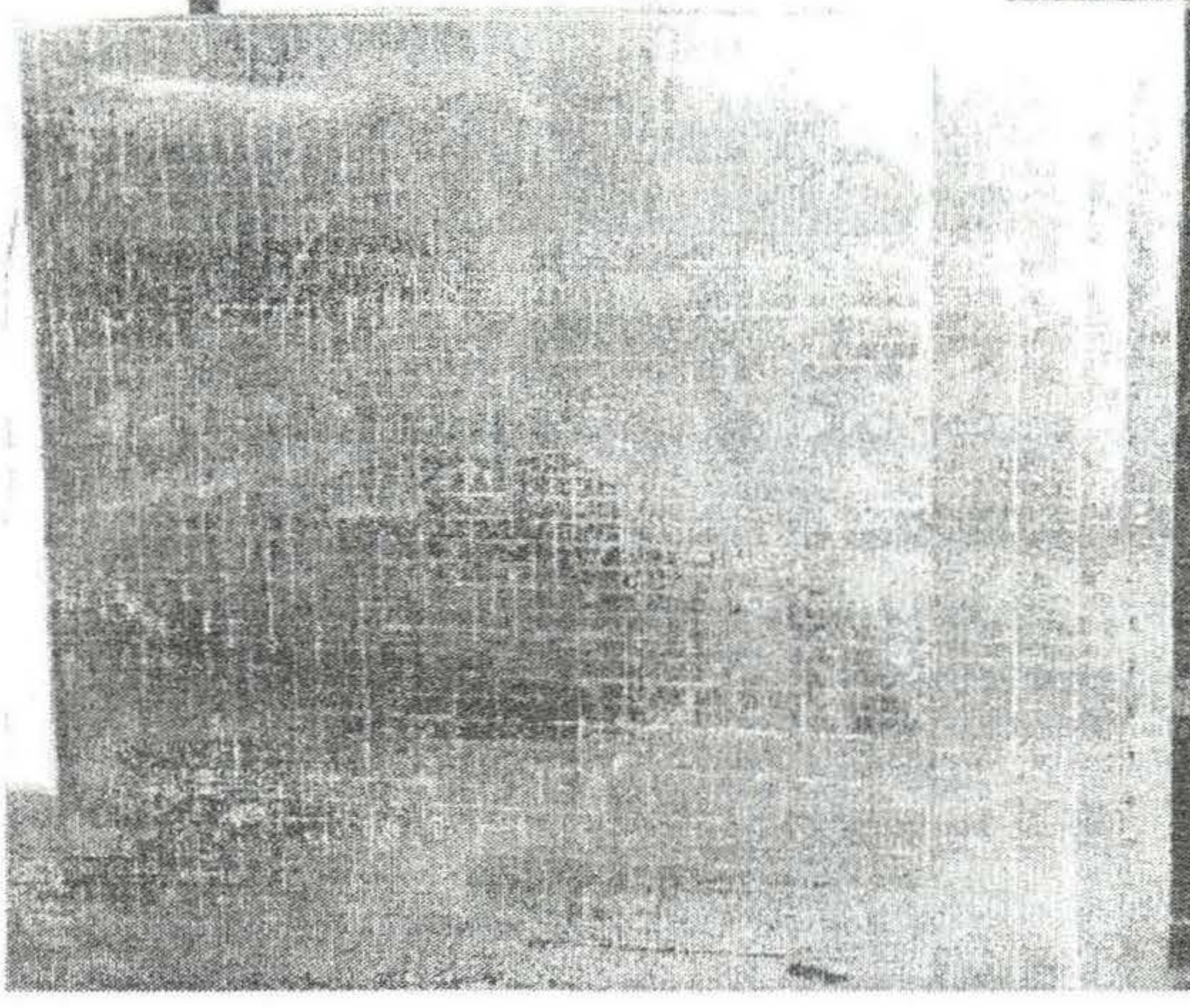
Şekil 10 Ortalama düğme çapının nokta sayısı ile değişimi ;



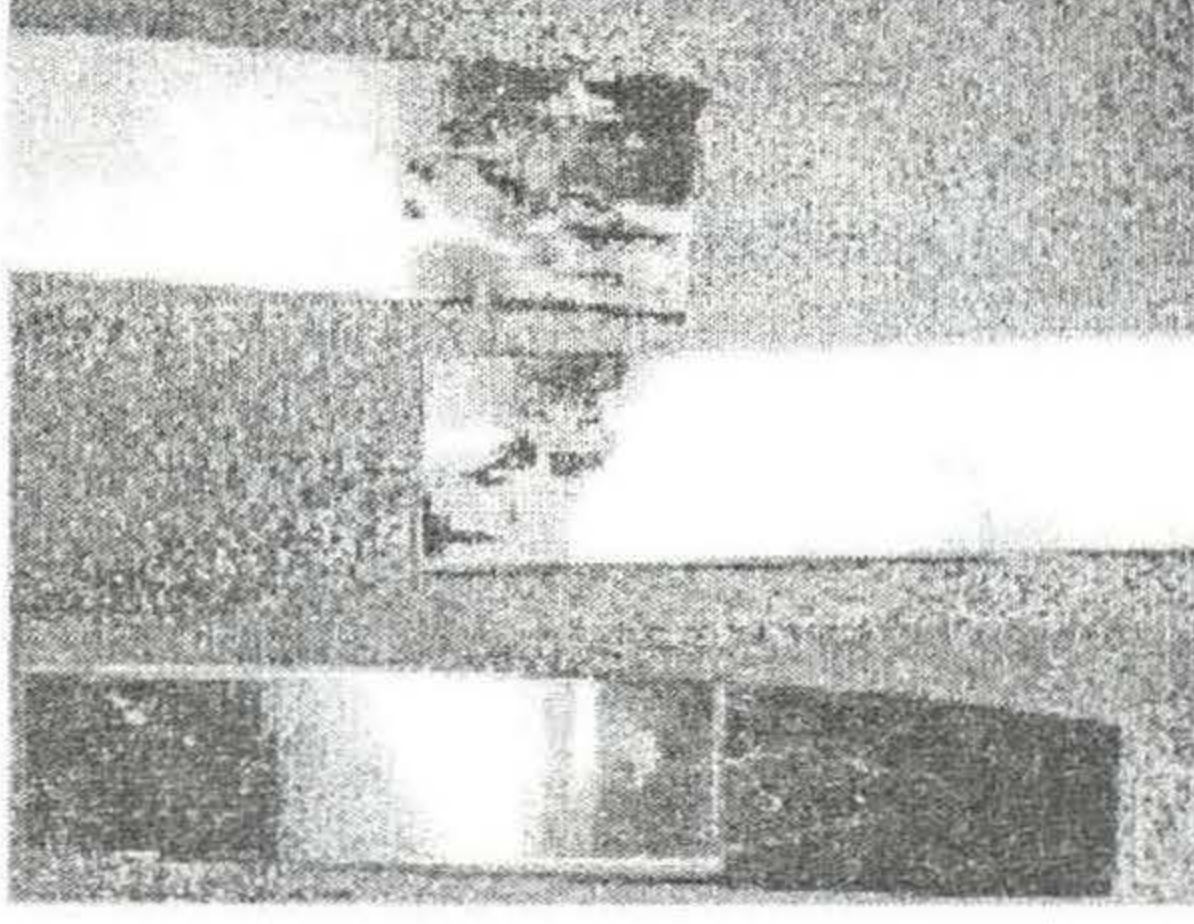
Şekil 11 Numunelerin ortalama çekme-makaslama dayanımları



Şekil 12 Land Rover aracında muhtemel nokta kaynak adetleri



Şekil 13. Alüminyum Plakalar (50 x 50 cm)



Şekil 14. Çekme – Makaslama Numuneleri

REFERANSLAR

1. S. Anık, ve M. Vural, "1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı", İstanbul, 1993, s.186-209
2. M. Vural, "Elektrik Direnç Kaynağı Seminer Notları", İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul, 1998
3. N.N. "Resistance Spot Welding", Nippert Dawson Ltd., İngiltere, 1997
4. J.Defourney, V.Leroy, "Compared Possibilities and Limitations of Resistance Spot Welding Joints in Coated Steel Sheets", DVS Berichte Band 124, 1989, s.26-31
5. N.N. "Spot Welding Data", Martin Electric Ltd., İngiltere, 1990
6. ANIK, S., Kaynak Tekniği Cilt III, İ.T.Ü. Kütüphanesi no.: 1183, 1981
7. PHILLIPS, A.L., Modern Joining Process, AWS New York, 1996
8. ANIK, S., Kaynak Teknolojisi El kitabı, Ergör Matbaası, 1983
9. ANIK, S., Kaynak Tekniği El Kitabı, Yöntemler ve Donanımlar, Kansu Matbaacılık, 1991
10. ERYÜREK, B., 1995, Elektrik Direnç Kaynağı Ders Notları, 1-15.
11. Metals Handbook, ASM, 1983. Ninth Edition, Volume 6, Welding Brazing and Soldering, Resistance Spot Welding, U.S.A., 469-493
12. TS 6062 (E 25184), 1998 Düz Direnç Nokta Kaynak Elektrodları, Tasarı, 1. Mütala, 19981468, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
13. Seydişehir Alüminyum , 1997 Ürün Kataloğu
14. KMT10272, Proses Audit Talimatı
15. Otokar Land Rover Defender Kalite El Kitabı
16. FEIGENBAUM, A., "Total Quality Control", 1991
17. GÖZLÜ, S., "Endüstriyel Kalite Kontrol", İ.T.Ü. İstanbul, 1991
18. JURAN, J.M., "Quality Control Handbook", 1974
19. Land Rover QZ Process Audit Notes
20. Otokar Test Raporları, Adapazarı, 2000
21. KOBU, B., "Endüstriyel Kalite Kontrolü", İ.Ü., İstanbul, 1987

Tablo 2: Otokar Proses Audit Sistemi

Otokar	PROSES AUDİT SAYFASI		Rapor No:	2000/12
			Sayfa No:	1/2
İŞ MERKEZİ: LAND ROVER GÖVDE İMALAT HATTI				
	PUAN		AÇIKLAMALAR	
Prosesi ilgilendirmeyen bir konu başlığında hedef puanın tamamını ver.	HEDEF	GERÇEK		
BÖLÜM A - PROSES				
1.0. PROSES DÖKÜMANLARI				
1.1. Proses dökümanları son revizyon mu?	5	4	Dökümanların son revizyonları takip edilmeli.	
1.2. Proses açık ve kolay anlaşılır mı? Anlaşılmaz dil ve kısaltmalar olmamalı.	2	2	Proses anlaşılır olarak tanımlanmıştır. İngilizce tanımların türkçe açıklanması gereklidir.	
1.3. Çalışma alanındaki dökümanlar güncel ve etkin mi?	3	2	Dökümanlar güncel fakat etkin değildir.	
2.0. PROSES SIRASI				
2.1. Proses dökümanlarında detaylandırılmış sıraya uyuluyor mu? (3 defa incele)	5	4	Proses sıralamasında işçinin eğitimine bağlı olarak farklılık göstermektedir.	
2.2. Çalışan, tanımlı metodu mu uyguluyor?	5	5	Çalışan metodu(operasyon sayfası) uyguluyor.	
3.0. PROSES KONTROL				
3.1. Proses kontrolü, belirlenmiş yerde mi yapılıyor?	3	3	Proses belirlenmiş yerde yapılmaktadır.	
3.2. Faaliyetler, kontrol noktalarının dışına taşıyor mu?	2	2	Faaliyetler kontrol dışına taşmamaktadır.	
3.3. Grafikler güncel ve gösteriliyor mu?	2	1	Verilerle aşama göstergeleri istatistiksel takip edilmemektedir.	
3.4. Gereksinimler, proses dökümanlarında kayıtlı mı? (Proses kontrolü gerekmiyorsa tam puan)	1	1	Gereksinimler Proses dokümanında mevcuttur.	
4.0. EĞİTİM				
4.1. Prosesi yapanlar, proses ile ilgili eğitim almışlar mı?	5	5	Proses, yapanlar eğitilmiş fakat eğitimleri tekrar gözden geçirilmeli.	
4.2. Eğitim kayıtlı mı?	1	1	Eğitim kayıtları mevcut.	
4.3. İş merkezinde çalışanlar (mevcut olmayanlar da dahil) eğitim almış mı?	2	1	Etkin eğitim alınmamıştır. Eğitimlerin tekrarı gereklidir, proses parametreleri gözden geçir	
BÖLÜM A TOPLAM PUANI		36	31	
BÖLÜM B - EKİPMAN / ÇALIŞMA ALANLARI				
5.0. EKİPMAN / ÇALIŞMA ALANI				
5.1. Gerekli ekipman, proses dökümantasyonunda açıkça belirtilmiş mi?	4	3	Ekipmanlar tanımlı olup ekipmanın tüm fonksiyonları tam olarak kullanılmamaktadır.	
5.2. Belirtilmiş ekipmanlar mı kullanılıyor?	4	4	Belirlenmiş ekipmanlar kullanılmakta.	
5.3. Alet ve ekipmanların kalibrasyonlu mu?	2	2	Kalibrasyon sistemi etkin olarak uygulanmakta.	
5.4. Ekipmanlar kullanılmadığında gerektiği şekilde saklanıyor mu?	2	1	Kullanım alanı tanımlı fakat karışık muhafaza edilmektedir. Düzenleme gerekli.	
5.5. Tavsiye edilmiş olan koruyucu kıyafetler mevcut ve kullanılıyor mu?	2	2	Koruyucu kıyafetler mevcut ve kullanılmaktadır.	
5.6. Çalışma alanının aydınlatması yapılacak iş için uygun mu?	3	3	Çalışma alanının aydınlatması uygundur.	
BÖLÜM B TOPLAM PUANI		17	15	
BÖLÜM C - KALİTE KONTROL				
6.0. PROBLEMLER				
6.1. Çalışanlar, auditte saptanan problemleri biliyorlar mı?	5	5	Bilgilendirme yapılmaktadır.	
6.2. Operasyonda hata olursa ne yapılması gerektiği biliniyor mu?	5	5	Proses Durdurulmakta olduğu bilinmektedir.	
6.3. Bilinen problemler için önleyici faaliyet uygulanıyor mu?	5	3	Sistem etkin değil, takım çalışması yapılmalı.	

Otokar	PROSES AUDİT SAYFASI		Rapor No:	2000/12
			Sayfa No:	2/2
7.0. DİKKAT GEREKTİREN NOKTALAR				
7.1. Proses dökümanlarında kalite standardı, spekler, dikkat gerektiren noktalar gibi detaylandırılmış kriterler mevcut mu?	3	3	Kalite standartlarımız mevcut ve tanımlıdır.	
7.2. Çalışanlar, dikkat gerektiren noktalarda nelerin gerekli olduğunu biliyorlar mı? (Dikkat gerektiren noktalar yoksa tam puan)	3	2	Çalışanlar nelerin gerekli olduğunu bilmektedir. Kullanıcının nitelikli eleman olması zorunludur.	
8.0. GÖRSEL DESTEKLER				
8.1. Görsel destekler, işçilik kriterleri mevcut ve güncel mi? Doğru yerde gösteriliyor mu?	3	3	İşçilik kriterleri panolarda tanımlı ve günceldir.	
8.2. Çalışanlar, görsel desteklerde, işçilik kriterlerinde nelerin gerekli olduğunu biliyorlar mı? (Görsel destekler yoksa tam puan)	3	3	İşçilik kriterleri çalışanların eğitim seviyesi ve tecrübesine bağlı olarak kullanılmaktadır.	
9.0. HASAR KONTROLÜ				
9.1. Çalışanlar, kullanılan parçaların ve ürünün hasar görmemesi için dikkat ediyorlar mı?	5	4	Kullanılan parçaların ve ürünün hasar görmemesi için daha özen gösterilmesi gerekli.	
9.2. Belirtilmiş olan koruma yöntemleri kullanılıyor mu?	4	3	Koruma yöntemlerinde iyileştirme gerekli.	
9.3. Hasar görebilecek bölgeler çalışanlarca biliniyor mu?	3	3	Çalışanlar tarafından bilinmektedir.	
BÖLÜM C TOPLAM PUANI	39	34		
BÖLÜM D - MALZEME KONTROLÜ				
10.0. KOMPONENTLER, MALZEMELER & BAĞLANTI ELEMANLARI				
10.1. Kullanılan malzemeler, proses dökümanlarında parça numaraları ve tanımları verilenler mi?	4	3	Proses dokümanlarında tanımlı parçalar haricinde parçalar kullanılmakta.	
10.2. Uygunsuz malzemeler açıkça tanımlanmış ve yerlerinde mi?	1	1	Uygunsuz malzemeler claim regallerindedir.	
10.3. Malzeme kontrolü proses dökümantasyonunda belirtilmiş ve uygulanıyor mu?	1	1	Operasyon sayfalarında tanımlı prosesler uygulanmaktadır.	
10.4. İlk giren ilk çıkar prensibine uyuluyor mu?	1	1	İlk giren ilk çıkar prensibi uygulanmaktadır.	
10.5. Ömürlü malzemeler ile ilgili stoklama şartına dikkat ediliyor mu?	1	1	Ömürlü malzeme kullanımı bilinmektedir.	
BÖLÜM D TOPLAM PUANI	8	7		

0 - 49	YETERSİZ KONTROL
50 - 79	ZAYIF
80 - 94	SINIRLI
95 - 99	GELİŞTİRME GEREKTİRİYOR
100	PROSESE TAM OLARAK UYGUN

BÖLÜM PUANLARI				TOPLAM
A	B	C	D	
31	15	34	7	87

AÇIKLAMALAR:

Eğer DÖF verilmiş ise numaralarını yaz:

Auditör	İş Merkezi Sorumlusu	Onay
HALDUN TURAN	LAND ROVER GÖVDE İMALAT	KALİTE MÜDÜRÜ

Dağıtım: Üretim Alanı Ürün Müh.Birimi Diğer: GENEL MÜDÜR YRD. ÜRETİM
 Üretim ve Tesis Müh.Bir. Ar-Ge Birimi