

AISI 1040 Çeliğinin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün Çoklu Regresyon ile İncelenmesi

Harun YAKA¹, Levent UĞUR², Harun AKKUŞ³

¹Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine Programı, Amasya.

²Amasya Üniversitesi, Teknolojisi Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Amasya.

³Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi Programı, Amasya.

e-posta: harunyaka@gmail.com

Geliş Tarihi: 02.03.2016

; Kabul Tarihi: 14.11.2016

Özet

Anahtar kelimeler

AISI 1040; Tornalama;
Ortalama Yüzey
pürüzlülüğü; Çoklu
regresyon modeli.

Talaşlı imalattaki temel amaçlardan biri istenilen yüzey pürüzlülüğünü en iyi seviyeye getirmektir. Bu çalışmada, imalat sanayinde genişçe kullanımı olan 46 HRC sertlikteki AISI 1040 çeliği CNC torna tezgâhında kuru kesme şartlarında işlenmiştir. Optimum yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği parametrelerine göre Taguchi L₉ deney tasarımı ile deney listesi oluşturulmuştur. Bu deneyler sonucu ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri ölçülmüştür. Ölçülen Ra değerleri için MINITAB14 programından yararlanılarak I. dereceden regresyon ve logaritmik regresyon modeli oluşturulmuştur. Ra için oluşturulan regresyon modellerinde deney sonuçlarına en yakın sonuçlar I. dereceden regresyon modeliyle elde edilmiştir. Oluşturulan regresyon modelleri ile en etkin parametrenin ilerleme olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan tahmin deneyleri sonucunda oluşturulan matematiksel denklemlerin yaklaşık %90 doğrulukta olduğu tespit edilmiştir.

Investigation of Surface Roughness with Multiple Regression in Turning of AISI 1040 Steel

Abstract

Keywords

AISI 1040; Turning;
Average Surface
Roughness; Multiple
Regression Model.

One of the main objectives is to optimized the machining level of the desired surface roughness. In this study, in the manufacturing industry, which widely use the hardness of 46 HRC AISI 1040 steel is machined on a CNC lathe under the dry cutting conditions. Experiment list with Taguchi L₉ was created to obtain the optimum surface roughness according to the parameters of cutting speed, feed rate and cutting depth. At the end of these experiments, surface roughness (Ra) values have been measured. For the measured Ra values, first degree regression and logarithmic regression models were created by utilizing MINITAB14 program. The closest results of the test results in regression models which created for Ra, was obtained by first degree regression model. Feed rate has been found the optimum parameters by the created regression models. In the result of the guess experiments, the accuracy of mathematical equations have been found to be about 90%.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Bilindiği üzere gelişen malzeme ve kesici takım teknolojisi sayesinde sertleştirilmiş çeliklerin işlenebilmesi mümkün olmaktadır. Bu da rulman, otomotiv, kalıp ve dişli imalatı yapan sektörlerde ciddi büyümelere vesile olmuştur (Elbestawi ve ark., 1996). Sertleştirilmiş alaşımlı çeliklerde hassas işleme yaparken kullanılabilen bu takımlar üreticiye birçok avantaj sağlamaktadır (Klocke ve ark., 2005).

Üretim maliyetlerindeki düşüş, işleme süresinin kısılması, elde edilen ürünün kalitesinin yüksek olması bunlardan bazılarıdır (Bhattacharya ve ark., 2009).

Talaşlı imalat işlemlerinin amacı işlenen iş parçalarında ölçü tamlığı ve yüzey kalitesini

sağlamaktır (Palanikumar ve ark., 2006, Zhao ve ark., 2016).

Çeşitli metotlarla imal edilen bir iş parçası bu işlemler esnasında çeşitli mekanik, fiziksel, ısı ve kimyasal etkilere maruz kalır. Dolayısıyla bu parçanın yüzeyinin özellikleri maruz kaldıkları etkilere göre farklılıklar gösterir (Ren ve Liu, 2016). İmalat işlemlerinde yüzey bütünlüğü dikkate alınması gereken önemli bir faktördür çünkü yüzey bütünlüğü imal edilen bir parçanın yorulma dayanımını, korozyon direncini ve çalışma ömrünü etkiler (Wang ve ark., 2016). İşlenen parçaların yüzey pürüzlülüğünü azaltmak ve yüzey pürüzlülüğüne neden olan parametreleri belirleyebilmek talaşlı imalat açısından önemlidir (Davim, 2001). Bu nedenle yüzey pürüzlülüğü üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünün en az seviyede olması istenmektedir. Malzemenin yüzey pürüzlülüğünün az olması, malzemenin mekanik özelliklerini arttıran bir unsurdur. Bunu elde edebilmek için kesme parametrelerinin en uygun seviyede olması gerekmektedir (Thomas ve ark., 1996). Bu da kesme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği vb.) optimizasyonu ile ilgilidir (Jang ve ark., 1999, Abouelatta ve Madl, 2001). Yapılan araştırmalarda genel olarak yüzey pürüzlülüğü, kesme hızındaki ve işlenen malzemenin sertliğindeki artış ile azalmakta, ilerleme ve talaş derinliği değerlerindeki artış ile artmaktadır (Gupta ve Kumar, 2015).

Yapılan deneylerde sonuçları elde etmek kadar önemli bir konuda doğru yorumlamaktır (Krishankant ve ark., 2012). Çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin yorumlanmasında farklı istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan metotlardan birisi de Taguchi metodudur (Nalbant ve ark., 2007). Yapılan son çalışmalarda Taguchi metodu tornalama işleminde optimum kesme şartlarını belirlemek için önemli bir yardımcı olarak kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğünü düşürmek adına kesme parametrelerini optimize etmek için birçok matematiksel model geliştirmişlerdir (Thamizhmanii ve ark., 2007).

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılır. Eğer değişkenler arasında bir ilişki varsa bu ilişkinin gücü hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar (Asiltürk ve ark., 2012). Kesme

parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini regresyon denklemi sayesinde farklı parametrelerde değişken üzerindeki etkisi hakkında bilgi alabiliriz (Agrawal ve ark., 2015).

Bu çalışmada, AISI 1040 çeliğinde tornalama işlemi neticesinde meydana gelen ortalama yüzey pürüzlülüğünün hangi seviyelerde en az değerde olduğunu belirleyebilmek için deney tasarlanmıştır. Deney tasarımı olarak Taguchi L_9 ortogonal dizini kullanılmıştır. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri için çoklu regresyon ile I. dereceden, II. dereceden ve logaritmik regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon denklemlerine en çok etki eden parametreler belirlenmiştir. Elde edilen regresyon denklemlerinin deney parametrelerine göre hesapları gerçekleştirilmiş deney sonuçları ile kıyaslanmıştır. Çalışmamızın sonunda ise tekrar deneyleri gerçekleştirerek regresyon sonuçlarının % mutlak hata değerleri hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada motorlarda, makine ve aparat yapımında, orta zorlamalı parçalarda, dişlilerde, transmisyon millerinde ve kalıp setlerinde kullanılan AISI 1040 imalat çeliği iş parçası malzemesi olarak kullanılmıştır. Üreticiden aldığımız veriler neticesinde AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. AISI 1040 çeliğinin kimyasal bileşimi

Element	Mn	C	Si	S	P
Yüzde(%)	0,6-0,9	0,37-0,44	0,15-0,35	≤0,05	≤0,04

Deney malzemesi ısıtılma işlemi olmadan önce yüzeyindeki tufallar alınmış ve ısıtılma işlemi olarak malzeme bir saat 950°C'de ısıtılıp daha sonra havada soğutulmuş normalizasyon tavlama uygulanmıştır. Sertleştirme işlemi için 850°C'ye ısıtılmış, sonra da yarım saat suda soğutulmuştur. Isıtılma işlemi sonrasında malzemenin sertlik değeri BMS Digirock RSR sertlik ölçüm cihazı ile ortalama 46 HRC ölçülmüştür. Sertlik ölçümü yapılmadan önce cihazın kalibrasyonu kalibre diski ile gerçekleştirilmiştir.

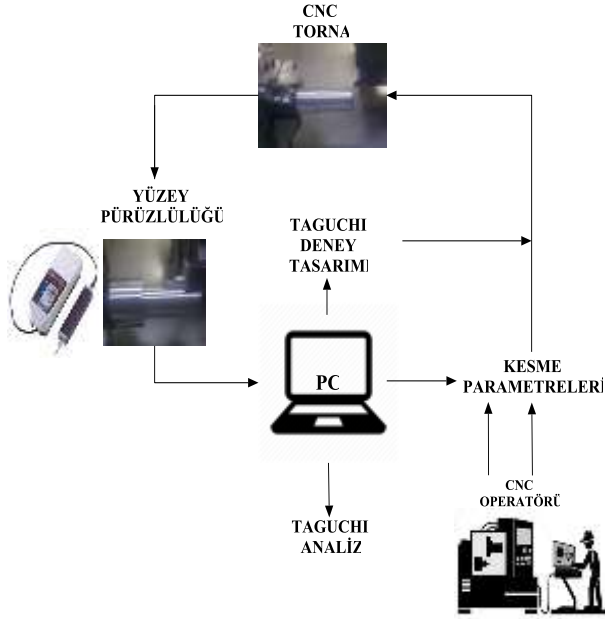
Ø60x200 mm ebatlarında olan çelik malzeme kullanılmıştır. Isıtılma işlemi sonrası oluşan boyut farklılıkları, tufallenmeler ve salınımlar CNC tornada giderilmiştir.

Kesme deneyleri ACE Micromatic Designers LT-20C torna tezgâhında yapılmıştır. Deneylerde herhangi bir soğutma sıvısı kullanılmadan, kuru kesme şartlarında tornalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneylerde takım tutucu olarak R.D.W. CKJNR 2525M-16, kesici uç olarak TaeguTec KNUX 160405 R11 TT8125 marka TiCN-Al₂O₃-TiN kaplamalı karbür uç kullanılmıştır. Tornalama operasyonunda işleme boyu 60 mm olarak belirlenmiştir.

Kesme parametreleri üretici firma kataloğuna uygun olarak üç farklı kesme hızı (V), üç farklı ilerleme (f) ve üç farklı talaş derinliği (a) olarak belirlenmiştir. Belirlenen kesme parametreleri Tablo 2’de verilmiştir. Deney şeması Şekil 1’de görülmektedir.

Tablo 2. Kesme parametreleri ve seviye değerleri

Kesme parametreleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
V (m/dk.)	200	220	240
f (mm/dev)	0,25	0,30	0,35
a (mm)	1,5	2,5	3,5



Şekil 1. Deney şeması gösterimi.

3. Bulgular ve Tartışma

Tam faktöriyel tasarım ile toplamda 27 deney yapmak maliyet ve zaman açısından kayıp oluşturacağından bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak adına Taguchi metodu ile L₉ ortogonal dizilim oluşturulmuştur. Tablo 2’de verilen kesme parametreleri uygulandıktan sonra oluşan Ra değerleri Mitutoyo SurfTest SJ-210 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ölçme işlemi yapılmadan önce yüzey pürüzlülük cihazının kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada

seçilen uç şekli itibari ile iki tarafından kesme yapabilmektedir. Her bir deney için kesici ucun farklı uçları kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri silindirik parçanın 120°’lik açı ile üç farklı bölgesinden yapılmış ve alınan üç değerın ortalaması Ra değeri olarak kabul edilmiştir. Tablo 3’de deney listesi ve elde edilen ortalama Ra değerleri verilmiştir.

Tablo 3. L9 ortogonal dizilim kullanarak oluşturulan deney tasarımı ve deney sonuçları

Deney No	V (m/dk)	f (mm/dev)	a (mm)	Deney Sonucu Ra(μm)
1	200	0,25	1,5	3,83
2	200	0,3	2,5	5,69
3	200	0,35	3,5	8,29
4	220	0,25	2,5	4,00
5	220	0,3	3,5	6,89
6	220	0,35	1,5	7,41
7	240	0,25	3,5	4,19
8	240	0,3	1,5	5,61
9	240	0,35	2,5	7,70

3.1. Çoklu Regresyon Denklemleri, Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Regresyon analizi için kurulan model, bağımlı (açıklanan) değişken ve bağımsız (açıklayan) değişkenleri içeren bir modeldir. Böyle bir modelde; bağımlı değişkendeki değişim, bağımsız değişkenler ile açıklanmaya çalışılır. Regresyon denklemleri sonucunda elde edilen belirtme katsayısı (R²) bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı modeldeki açıklama miktarının açıklanamayan miktara oranıdır. Regresyon sonuçlarında belirtme katsayısı (R²) 1’e ne kadar yakın bulunursa bağımlı değişkendeki değişimin büyük bir kısmı bağımsız değişken tarafından açıklanabilmektedir. “Coef” ifadesi değerlerin katsayılarını belirtir. Regresyon katsayısı bağımsız değişkende bir birimlik değişimin bağımlı değişkende ne kadar etkiye sahip olacağını ifade eder. “Coef SE” ise katsayılarındaki standart hatayı bildirir. Sabit ve regresyon katsayısı için “T” test istatistiklerinin sonucunu ifade eder. “P” ise regresyon analizinin anlamlı olup, olmadığını test etmektedir. P<0,05 olursa regresyon denkleminde bağımsız değişkenin bağımlı değişkene etkisinin olduğu sonucuna varılır (Asiltürk ve Akkuş, 2011).

Ra için I. dereceden regresyon denklemi

Ra değerleri için elde edilen I. dereceden regresyon denklemi denklem (1)'de verilmiştir. Ra için I. dereceden regresyon denklem katsayıları Tablo 4'te verilmiştir.

$$Ra = -5,91 - 0,00258*V + 37,9*f + 0,420*a \quad (1)$$

Tablo 4. Ra için I. dereceden regresyon denklem katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-5,91	1,61	-3,68	0,01
V	0,00	0,01	-0,41	0,70
f	37,93	2,51	15,12	0,00
a	0,42	0,13	3,35	0,02

Ra için I. dereceden regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R2) %98'dir. 1' e yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Bağımlı değişkendeki değişimin %98'i bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. Ra bağımlı değişkenine I. dereceden denklemde en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken P<0,5 olduğu için ilerlemedir.

Ra için logaritmik regresyon denklemi

Ra değerleri için elde edilen logaritmik regresyon denklemi denklem (2)'de verilmiştir. Ra için logaritmik regresyon denklem katsayıları Tablo 5'te verilmiştir.

$$Ra = 21,7 - 1,22*\text{Log}(V) + 26,0*\text{Log}(f) + 2,16*\text{Log}(a) \quad (2)$$

Tablo 5. Ra için logaritmik regresyon denklem katsayıları

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	21,69	7,83	2,77	0,04
Log(v)	-1,22	3,32	-0,37	0,73
Log(f)	25,96	1,80	14,45	0,00
Log(a)	2,16	0,71	3,05	0,03

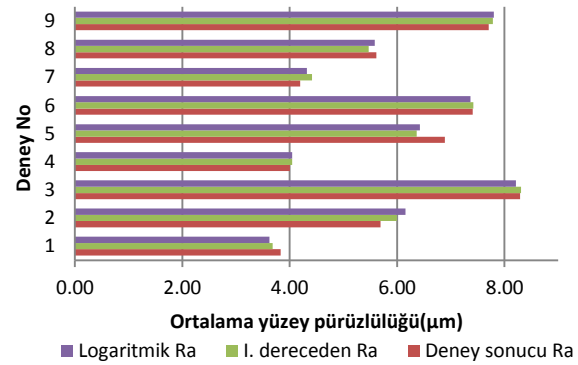
Ra için logaritmik regresyon denkleminde belirtme katsayısı (R2) %97,8'dir. 1' e yakın olduğu içinde değişkenler arasında kuvvetli bir ilişkiden söz edilebilir. Bağımlı değişkendeki değişimin % 97,8'i bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilir. Ra bağımlı değişkenine logaritmik denklemde en çok etkiye sahip olan bağımsız değişken P<0,5 olduğu için ilerlemedir.

Ra için sonuçların kıyaslanması

Ra için I. dereceden ve logaritmik regresyon denklemleri sonucu yapılan hesaplamalar Tablo 6'da verilmiştir. Şekil 2'de elde edilen sonuçlar sütun grafiği olarak gösterilmiştir. Elde edilen belirtme katsayıları, Tablo 6 ve Şekil 2 değerlendirildiğinde I. dereceden regresyon denkleminin deney sonuçlarına daha yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 6. Ra için deneysel, I. dereceden regresyon ve logaritmik regresyon sonuçları

Deney No	Deney Sonucu Ra(µm)	I. dereceden Ra(µm)	Logaritmik Ra(µm)
1	3,83	3,68	3,62
2	5,69	5,99	6,16
3	8,29	8,31	8,21
4	4,00	4,05	4,05
5	6,89	6,36	6,42
6	7,41	7,42	7,37
7	4,19	4,42	4,32
8	5,61	5,47	5,58
9	7,70	7,79	7,80



Şekil 2. Ra için deneysel ve regresyon sonuçlarının karşılaştırılması.

Bu çalışmamızda iki adet tahmin deneyi gerçekleştirilmiştir. Tablo 7'de yapılan deney parametreleri, deney parametrelerine göre elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri, çoklu regresyon modelleri ile hesaplanan sonuçlar ve bu sonuçlar arasındaki % hata görülmektedir. Bu deneyler doğrultusunda denklemlerin yaklaşık %90 doğruluk sağladığı görülmektedir.

Tablo 7. Tahmin parametreleri ve sonuçları

Kontrol Deneyleri			Deney Sonuçları			% Mutlak Hata	
V (m/dk)	f (mm/dev)	a (mm)	Deneysel Sonucu Ra	I. dereceden Ra	Logaritmik Ra	I. dereceden Ra	Logaritmik Ra
200	0,3	3,5	5,93	6,41	6,47	8,19	9,19
240	0,35	3,5	8,07	8,21	8,12	1,75	0,65

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, AISI 1040 çeliğinde tornalama işlemi sonucunda oluşan ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri deneysel olarak ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünün düşük olması istendiği için en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğünün hangi seviyelerde olduğu ve en etkin parametrenin hangisi olduğu araştırılmıştır. Deneyler sonunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri için çoklu regresyon ile tahmin modeli oluşturulmuştur. Yapılan regresyon modeli ile Ra'nın en küçük değeri için en iyi regresyon denklemi %98'lik belirtme katsayısı ile I. dereceden regresyon denklemi olduğu elde edilmiştir. Ra bağımlı değişkenine I. dereceden denklemde en çok etkiye sahip olan bağımsız değişkenin ilerleme hızı olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan tahmin deneyleri sonucunda oluşturulan matematiksel denklemlerin yaklaşık %90 doğrulukta olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Elbestawi, M. A., Srivastava, A. K., and El-Wardany, T. I., 1996. A model for chip formation during machining of hardened steel. *CIRP Annals Manufacturing Technology*, **45**, 71-76.
- Klocke, F., Brinksmeier, E. and Weinert, K., 2005. Capability profile of hard cutting and grinding processes. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, **54**, 22-45.
- Bhattacharya, A., Das, S., Majumder, P. and Batish, A., 2009. Estimating the effect of cutting parameters on surface finish and power consumption during high speed machining of AISI 1045 steel using Taguchi design and ANOVA. *Production Engineering*, **3**, 31-40.
- Palanikumar, K., Karunamoorthy, L. and Krathikeyan, R., 2006. Assessment of factors influencing surface roughness on the machining of glass-reinforced

polymer composites. *Journal of Materials and Design*, **27**, 862- 871.

- Zhao, X.F., He, L., Liu, W. and Zheng, W. J., .2016. Influence of Cutting Tool Edge Preparation on Cutting Force and Surface Integrity. *Trans Tech Publications, In Materials Science Forum*, **836**, 250-255.
- Ren, X. and Liu, Z., 2016. Influence of cutting parameters on work hardening behavior of surface layer during turning superalloy Inconel 718. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 1-9.
- Wang, J., Zhang, Y., Sun, Q., Liu, S., Shi, B. and Lu, H., 2016. Giga-fatigue life prediction of FV520B-I with surface roughness. *Materials & Design*, **89**, 1028-1034.
- Davim, J. P., 2001. A note on the determination of optimal cutting conditions for surface finish obtained in turning using design of experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, **116**, 305-308.
- Thomas, M., Beauchamp, Y., Youssef, A.Y. and Masounave, J., 1996. Effect of tool vibrations on surface roughness during lathe dry turning process. *Computers & industrial engineering*, **31**, 637-644.
- Jang, J. L. and Tarng, Y. S., 1999. A study of the active vibration control of a cutting tool. *Journal of Materials Processing Technology*, **95**, 78-82.
- Abouelatta, O. B., and Madl, J., 2001. Surface roughness based on cutting parameters and tool vibrations in turning operations. *Journal of Materials Processing Technology*, **118**, 269-277.
- Gupta, M. and Kumar, S., 2015. Investigation of surface roughness and MRR for turning of UD-GFRP using PCA and Taguchi method. *Engineering Science and Technology, International Journal*, **18**, 70-81.

- Krishankant, J. T., Bector, M. and Kumar, R., 2012. Application of Taguchi method for optimizing turning process by the effects of machining parameters. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, **2**, 263- 274.
- Nalbant, M., Gökkaya, H. and Sur, G., 2007. Application of Taguchi method in the optimization of cutting parameters for surface roughness in turning. *Materials & design*, **28**, 1379-1385.
- Thamizhmanii, S., Saparudin, S. and Hasan, S., 2007. Analyses of surface roughness by turning process using Taguchi method. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, **20**, 503-506.
- Asiltürk, İ., Akkuş, H. and Turan Demirci, M., 2012. Modelling of surface roughness based on vibration, acoustic emission and cutting parameters with regression. *Engineer & the Machinery Magazine*, **632**, 55-62.
- Agrawal, A., Goel, S., Rashid, W.B. and Price, M., 2015. Prediction of surface roughness during hard turning of AISI 4340 steel (69 HRC). *Applied Soft Computing*, **30**, 279-286.
- Asiltürk İ. and Akkuş H., 2011. Determining the effect of cutting parameters on surface roughness in hard turning using the Taguchi method. *Measurement*, **44**, 1697–1704