

St 37 ÇELİĞİNİN SÜRTÜNMELİ VE GELENEKSEL DELME İŞLEMLERİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN ARAŞTIRILMASI

Cebeli ÖZEK^a, Zülküf DEMİR^b

^aFırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 23190 Elazığ TÜRKİYE
e-posta: cozek@firat.edu.tr

^bFırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 23190 Elazığ TÜRKİYE
e-posta: zulkuff75@gmail.com

Özet

Geleneksel olmayan delme işlemi olan sürtünmeli delme işlemi, sürtünme sonucu oluşan ısı etkisi malzeme sıcaklığının artması, malzemenin yumuşaması ve konik takımın malzemeye dalması şeklinde uygulanan bir delik işleme yöntemidir. Bu işlemde, deliğin alt kısmında bağlantı uzunluğunu arttıran kovan oluşur. Çalışmada, 2400 d/d, 3600 d/d, ve 4800 d/d dönme hızlarında, 50 mm/dak, 75 mm/dak ve 100 mm/dak ilerleme oranlarında, kalınlığı 2mm, 4mm ve 6mm olan St 37çelik malzemelere sürtünmeli delme ve geleneksel delme yöntemleriyle 10mm çapında delikler delinmiştir. Geleneksel delme yönteminde 10mm çapında yüksek hız çeliği (HSS) matkap uçları, sürtünmeli delmede ise koniklik açısı 24°, 36° ve 48°, silindirik bölümün uzunluğu $h_1=16$ mm olan tungsten karbür (WC) takımlar kullanılmıştır. Deney parametrelerinin ve delme yönteminin, yüzey pürüzlülüğüne etkisi incelenmiştir. Minimum yüzey pürüzlülüğü, 2400 d/d dönme hızı için 50 mm/dak ilerleme oranında, 3600 d/d dönme hızı için 75 mm/dak ilerleme oranında ve 4800 d/d dönme hızı için ise 100 mm/dak ilerleme oranında elde edilmiştir. 2mm malzeme kalınlığı, 24° koniklik açısı ve 50 mm/dak ilerleme oranında, 4mm malzeme kalınlığı, 36° koniklik açısı ve 75 mm/dak ilerleme oranında, 48° koniklik açısı, 100 mm/dak ilerleme oranında yüzey kalitesi artmıştır. Sürtünmeli delme işleminde, geleneksel delme yöntemine göre daha kaliteli yüzeyler elde edilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü, 3600 d/d dönme hızı, 75 mm/dak ilerleme oranı ve 36° koniklik açısında 4mm kalınlığındaki malzemede 0.2 µm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürtünmeli Delme, Yüzey Pürüzlülüğü

1.Giriş

Sürtünmeli delme, konik bir takım ile iş parçasının temas bölgesinde sürtünme sonucu oluşan ısının etkisiyle yumuşamış iş parçasına takımın dalması ve deliğin işlenmesi şeklinde meydana gelen, talaşsız, temiz ve geleneksel olmayan, form delme, akıcı delme ve sürtünmeli karıştırmalı delme olarak da adlandırılan, geleneksel olmayan bir delik delme yöntemidir. Bu imalat yönteminin amacı, ince cidarlı malzemelerde işlem sonunda meydana gelen kovan ile bağlantı uzunluğunun arttırılmasıdır. İşlemde, sürtünme etkisi ile iş parçasının sıcaklığı yükselir ve iş parçası yumuşar, yumuşamış iş parçasına takım dalar ve delik oluşur. Malzemeye dalan takım yumuşamış malzemeyi ilerleme doğrultusunda iterek deliğin alt kısmında, bağlantı uzunluğunu arttıran kovani oluşturur. Malzemenin bir kısmı yukarıya akarken diğer bir kısmı da, takımın dönme hızı ve ilerleme hareketinin etkisi ile çevreye yayılır [1-4].

Sürtünmeli delme işleminde en etkili olan parametreler dönme hızı, ilerleme oranı ve takım koniklik açılarıdır. Dönme hızı ve takım koniklik açısı, takım – iş parçası temas alanında meydana gelen sıcaklık miktarını etkileyen en önemli parametrelerdir. Dönme hızının artışı ve koniklik açısının azalması ile bölgede oluşan ısı miktarı artarken ilerleme oranının artışı ile işlem süresi kısalmıştır [4, 5, 6, 7-12].

İş parçası malzemesinin ön ısıtılması ile itme kuvveti, dönme momenti, enerji ve harcanan güç miktarı azalır. İşlem sırasında meydana gelen maksimum ısı miktarı yaklaşık olarak, iş parçası malzemesinin ergime sıcaklığının $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ arasında olmaktadır. Malzeme kalınlığının delik çapına ($\frac{t}{d}$) oranı, oluşan kovanın biçimi ve yüksekliği için önemli bir parametredir. Bu oranın artmasıyla kovan oluşumunu sağlayan malzeme miktarı artar [4].

Dönme hızının artışı ile kovanın biçimi bozulur, iş parçasının yüzey sıcaklığı ve delik çevresinin sertliği artar, itme kuvveti, dönme momenti, enerji ve harcanan güç miktarı, deliğin daireselliği ve yüzey pürüzlülüğü (R_a) azalır [6, 10].

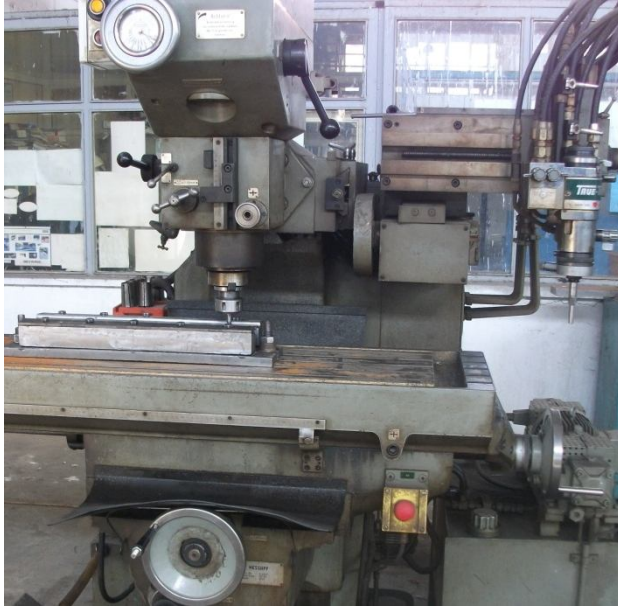
İlerleme oranının artışı ile işlem süresi azalır, eksensel itme kuvveti, dönme momenti, harcanan güç miktarı artar. İlerleme oranının çok yüksek veya çok düşük olması durumunda malzemenin akması için gerekli olan ısı oluşmaz, malzeme yüzeye yapışır ve yüzey pürüzlülüğü değeri (R_a) artar ve yüzey kalitesi düşer [10,11].

Sürtünmeli delme takımlarının koniklik açısı, takım–iş parçası yüzey temas alanını belirleyen önemli bir parametredir. Koniklik açısının azalması ile konik bölgenin uzunluğu ve işlem sırasında takım–iş parçası yüzey temas uzunluğu artarken, koniklik açısının artışı ile yüzey temas uzunluğu azalır [11]. Temas uzunluğunun artışı ile takım–iş parçası yüzey temas alanında sürtünme enerjisi ve meydana gelen sıcaklık miktarı artar, işlem sırasında dengeli bir ergime sıcaklığı meydana gelir, delik yüzeyinin pürüzlülük değeri azalır ve yüzey kalitesi artar [4,10].

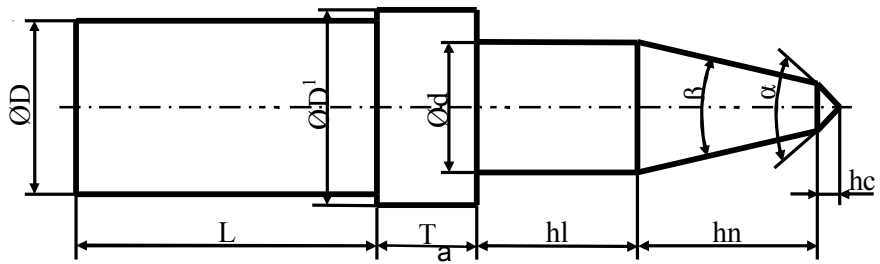
Bu çalışmada, literatür çalışmalarından farklı olarak St 37 çelik alaşımının tungsten karbür (WC) takım ile sürtünmeli delme işleminde yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Dönme hızı, ilerleme oranı, takım koniklik açısı ve iş parçası kesit kalınlığının yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma Ve Deney Düzenegi

Deneyler, HESSAP True – Trace C – 360/3D 1095 Model Kopya Freze tezgâhında (Şekil 1) yapılmıştır. 2400d/d, 3600d/d, ve 4800d/d dönme hızları, 50 mm/dak, 75 mm/dak ve 100 mm/dak ilerleme oranları seçilmiştir. Geleneksel delme yönteminde HSS matkap uçları, sürtünmeli delmede ise koniklik açısı 24°, 36° ve 48°, silindirik bölgenin uzunluğu $h_1=16$ mm olan WC takımlar ile (Şekil 2) kalınlığı 2mm, 4mm ve 6mm olan St 37 çelik malzemeye, 10 mm çapında delikler delinmiştir.



Şekil 1: Deney Düzeneği



(a)



(b)

Şekil 2. Deneysel çalışmada kullanılan takımların geometrik boyutları

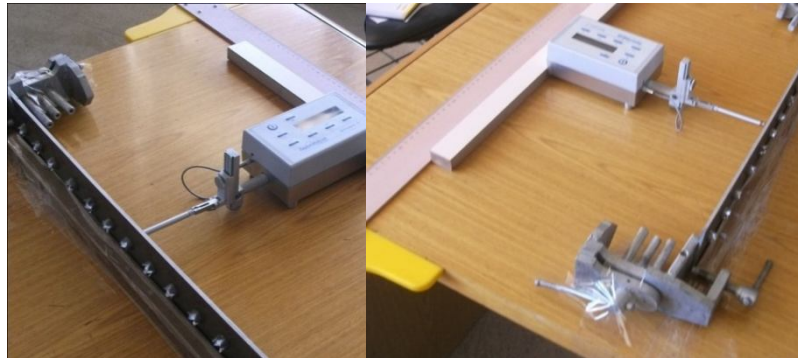
a) Takımın geometrisi b) Takım fotoğrafları

70x500mm ebatlarında hazırlanmış iş parçası numuneleri, hazırlanmış özel bağlama aparatı (Şekil 3) ile tezgâhın tablasına rijit bir şekilde bağlanmıştır. Tezgâhın malafa miline bağlanmış WC takımlarla, kimyasal bileşiminde, %0.17C, %0.2Mn, %0.025P, %0.05S, %0.4Si,%0.009N ve %99.721Fe bulunan, akma dayanımı 235N/mm^2 , çekme dayanımı 340N/mm^2 , kayma gerilmesi 370N/mm^2 , Sertlik değeri 320 HB, % uzaman 21–26, elastiklik modülü 210kN/mm^2 , poisson oranı 0.3, Yoğunluğu 7.85kg/cm^3 , Isıl İletkenlik Katsayısı 76W/m-K , erime Sıcaklığı 1530°C , gibi mekanik özelliklere sahip olan St 37 çelik plakalara sürtünmeli delme yöntemiyle delikler delinmiştir İşlem sırasında, iş parçası malzemesinin sıcaklığı oda sıcaklığında olmuştur. Her delik işlendikten sonra iş parçası malzemesinin sıcaklığının oda sıcaklığına düşmesi için beklenmiştir.



Şekil 3. Deneysel çalışmada kullanılan bağlama aparatı.

Deliklerin yüzey pürüzlülük değerleri, Taylor Hobson Surtronic 3+ marka cihaz ile 0.25mm mesafede ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülüğü ölçme düzeneği Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Yüzey pürüzlülüğü ölçme cihazı ve düzeneği

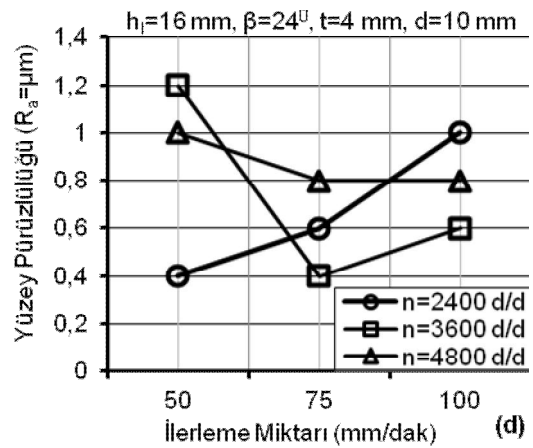
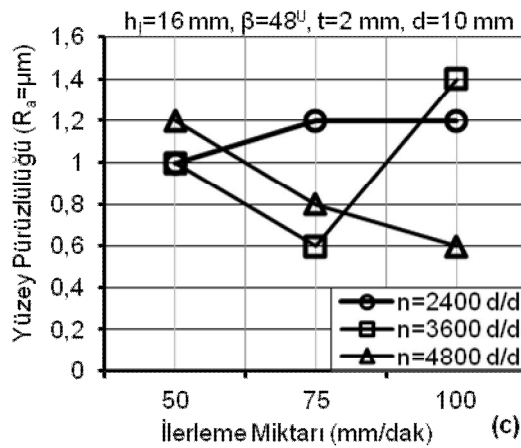
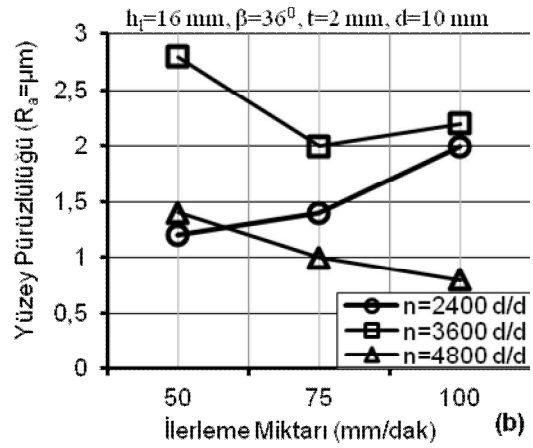
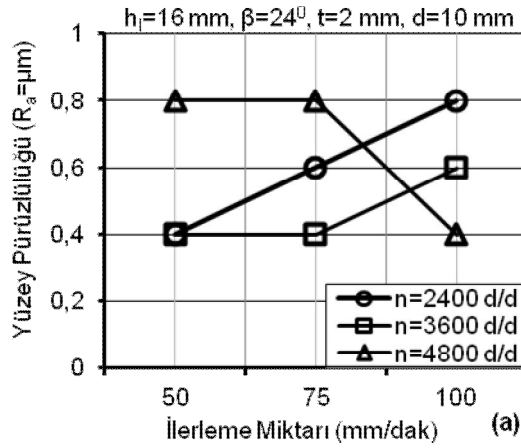
3.Deneysel Sonuçları Ve Değerlendirme

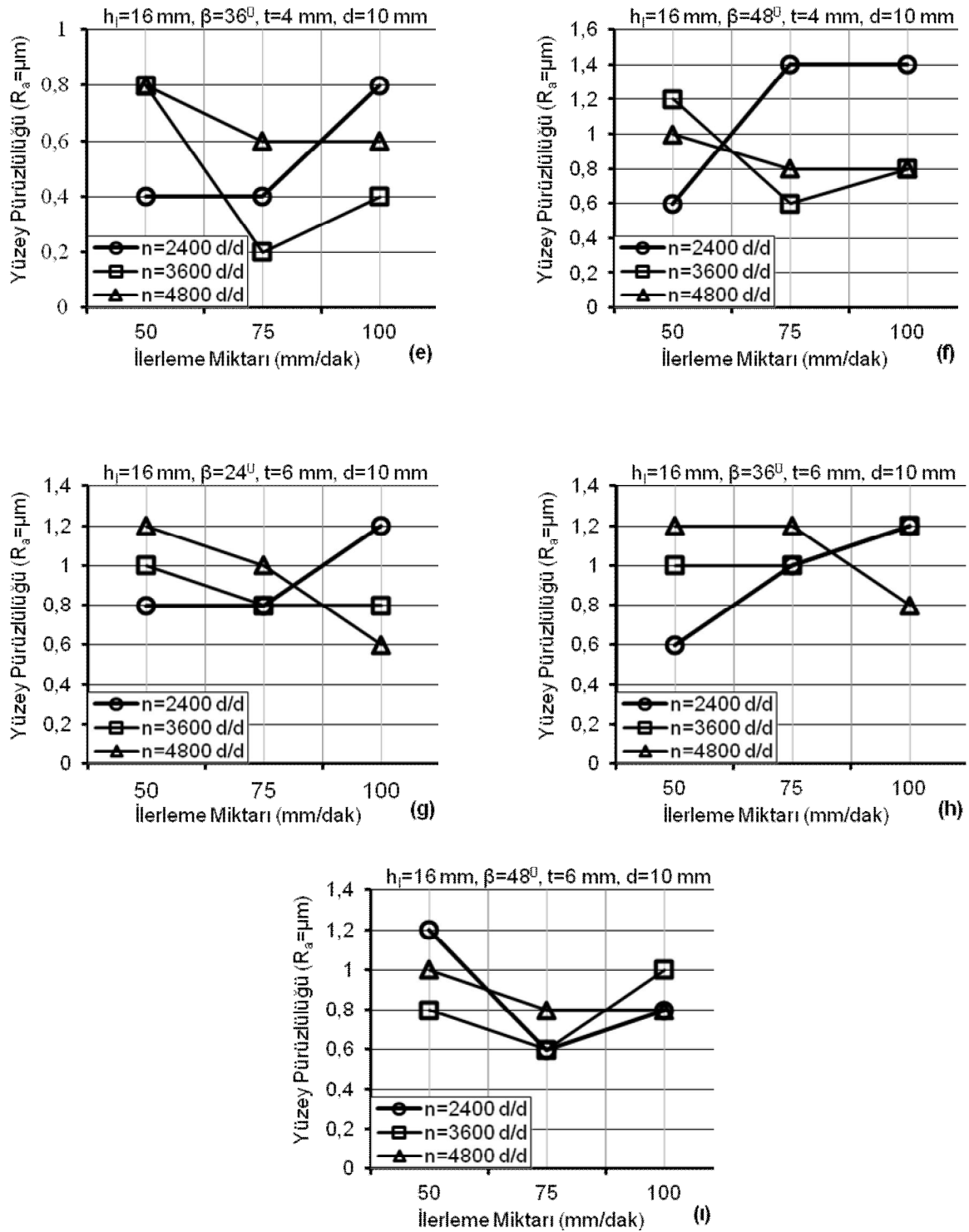
Deneysel çalışma sonucunda, dönme hızı, ilerleme oranı, koniklik açıcı, malzeme kesit kalınlığının ve delme yönteminin yüzey pürüzlülüğüne etkisi araştırılmıştır. İlerleme oranı ve dönme hızının etkisi aynı grafikler üzerinde gösterilmiş, koniklik açısının, delme yönteminin ve malzeme kesit kalınlığının etkisi ise ayrı grafiklerde gösterilmiştir.

3.1. İlerleme Oranı ve Dönme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Sürtümlü delme işleminde dönme hızının artması ile ısı miktarı artarken ilerleme oranının artması ile de ısı miktarı azalır. İşlem, ısı etkisiyle malzemenin akabilecek düzeyde yumuşaması esasına dayanan bir delme işlemi olduğundan dönme hızı ve ilerleme oranı çifti, işlem sırasında oluşan ısı miktarını etkileyen en önemli bir parametredir. Böylece takım ve iş parçası malzemesinin ısıl iletkenlik katsayıları önemli rol oynamıştır. St 37 çelik alaşımına tungsten karbür takım ile sürtümlü delme işleminde dönme hızı ve ilerleme oranının yüzey pürüzlülüğüne etkisi Şekil 5 ve Şekil 6'daki grafiklerde gösterilmiştir.

Şekil 5(a – ı)'da dönme hızı ve ilerleme oranının belirtilmiş şartlarda, yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülüğü 2400 d/d dönme hızı için 50 mm/dak ilerleme oranında 0.4 μm , 3600 d/d dönme hızı için 75 mm/dak ilerleme oranında 0.2 μm ve 4800 d/d dönme hızı için 100 mm/dak ilerleme oranında 0.6 μm olmuştur. Maksimum yüzey pürüzlülüğü ise 2400 d/d dönme hızı için 100 mm/dak ilerleme oranında 2 μm , 3600 d/d dönme hızı için 50 mm/dak ilerleme oranında 2,8 μm ve 4800 d/d dönme hızı için 50 mm/dak ilerleme oranında 1.4 μm olmuştur.





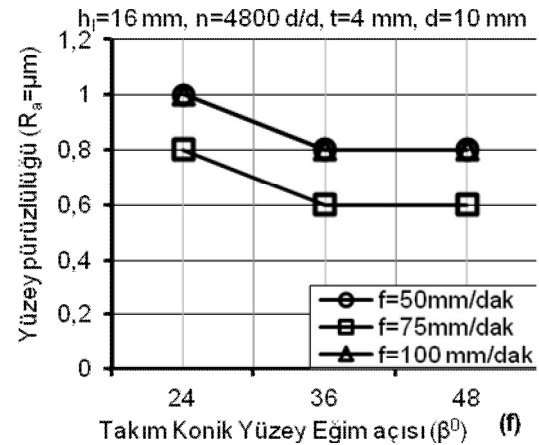
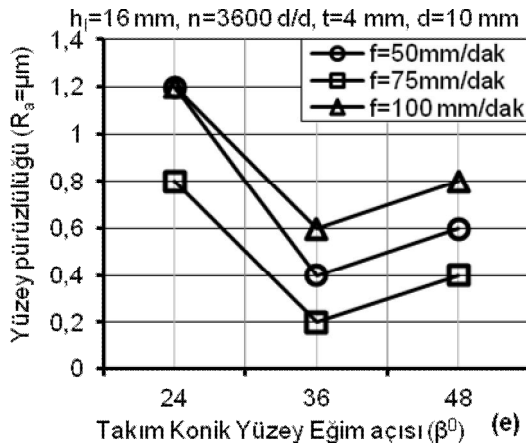
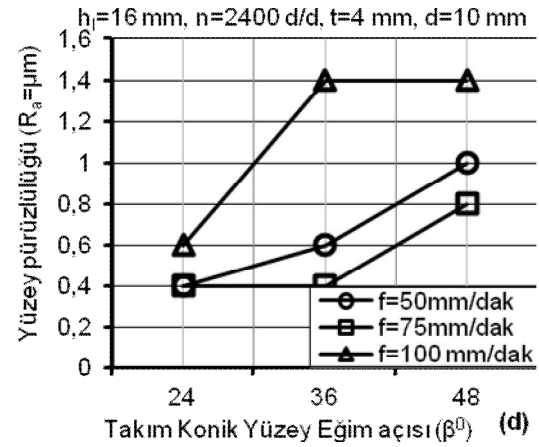
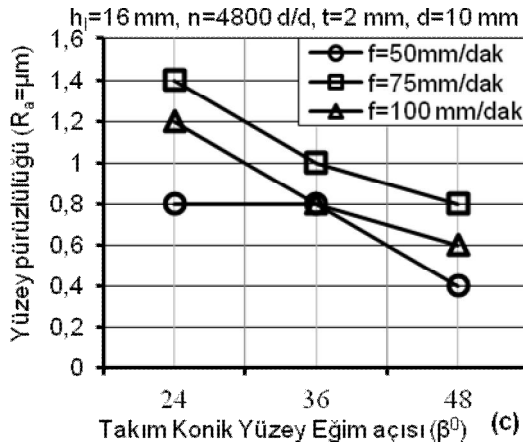
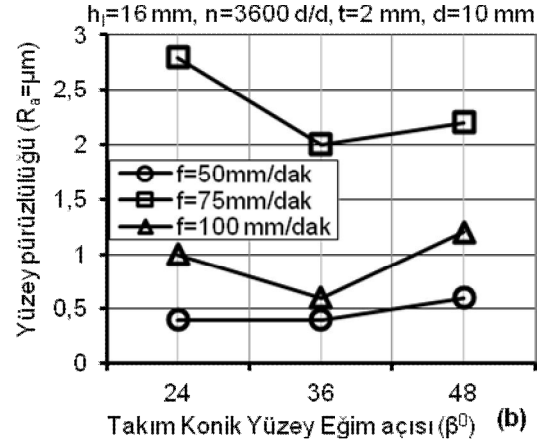
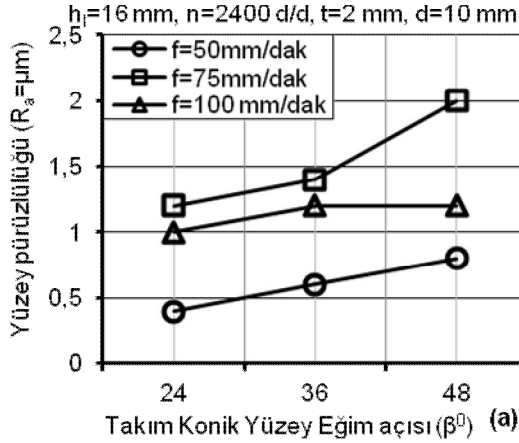
Şekil 5. Dönme hızı ve ilerleme oranının kovan yüksekliğine etkisi.

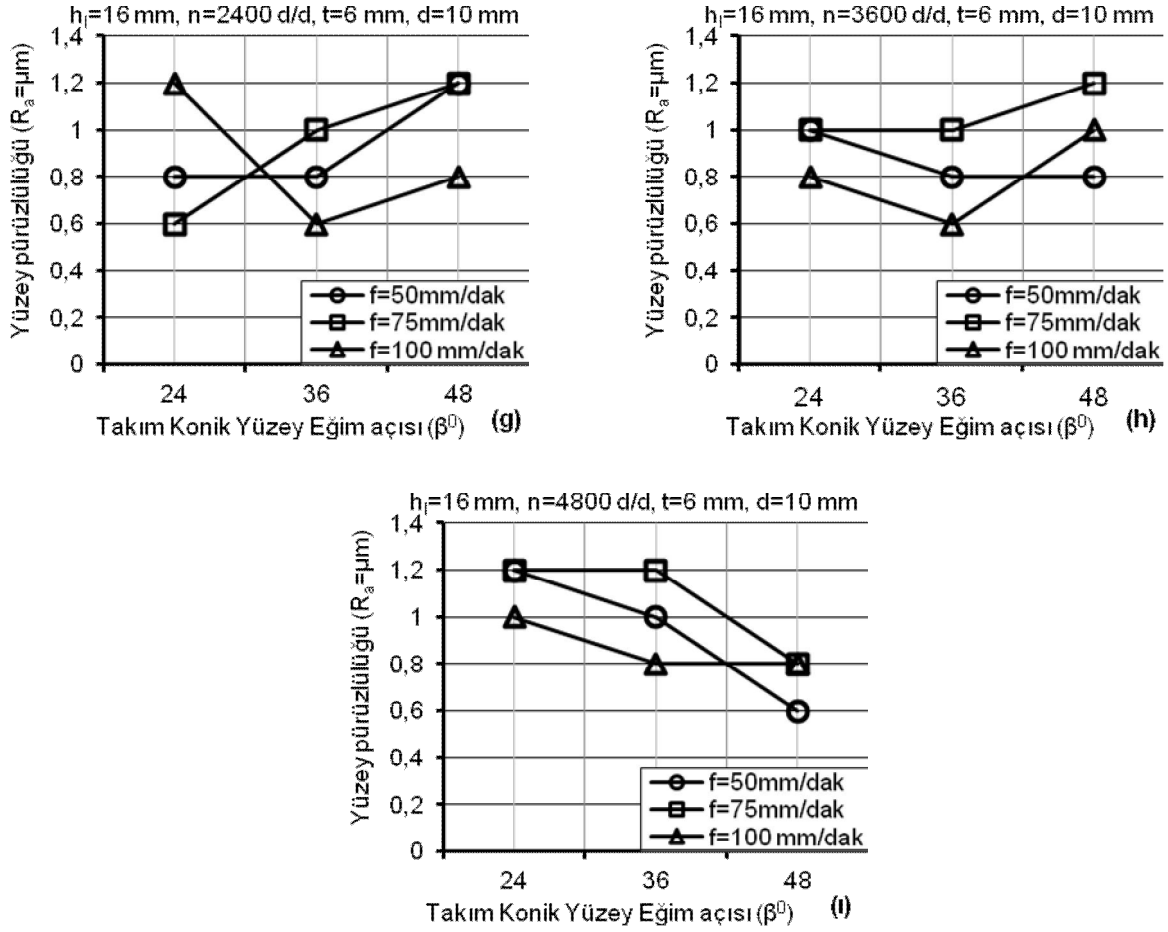
3.2.Takım koniklik Açısının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Takım koniklik açısının azalması ile takım – iş parçası yüzey temas alanının uzunluğu ve birim ilerleme oranındaki döngü sayısı ve dolayısıyla delme işleminin sıcaklığı artmıştır. Takım koniklik

açısının azalması ile takım – iş parçası yüzey temas alanının uzunluğu artığından sürtünen yüzey alanı ve dolayısıyla sürtünme etkisiyle meydana gelen ısı miktarı artmıştır.

Şekil 6(a – f)'da takım koniklik açısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir. Minimum yüzey pürüzlülüğü, 2400 d/d dönme hızında ve 24° koniklik açısında 0.4 μm , 3600 d/d dönme hızında ve 36° koniklik açısında 0.2 μm , 4800 d/d dönme hızında ve 48° koniklik açısında 0.6 μm olarak ölçülmüştür. Maksimum yüzey pürüzlülüğü, 2400 d/d dönme hızında ve 48° koniklik açısında 2 μm , 3600 d/d dönme hızında ve 24° koniklik açısında 2.8 μm , 4800 d/d dönme hızında ve 24° koniklik açısında 1.4 μm olmuştur.



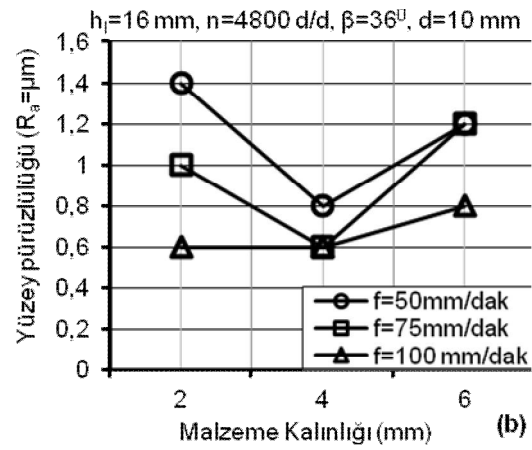
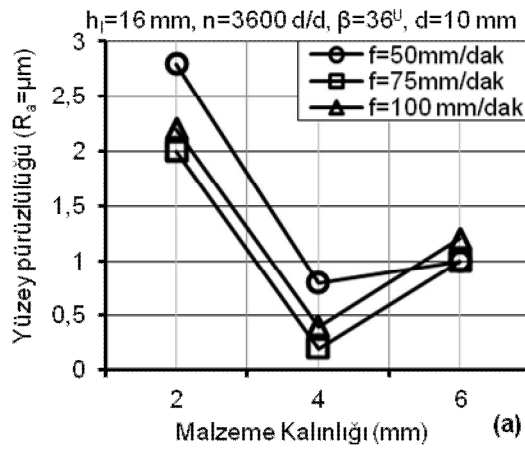
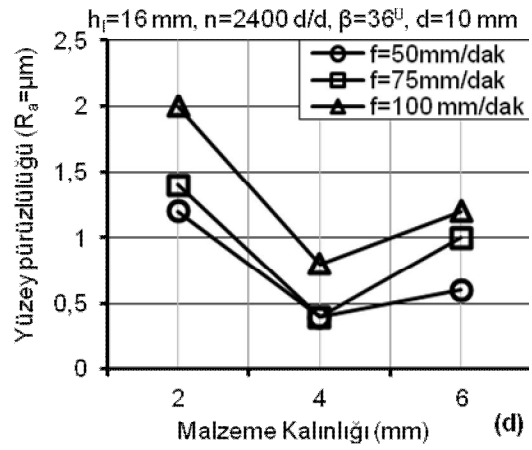
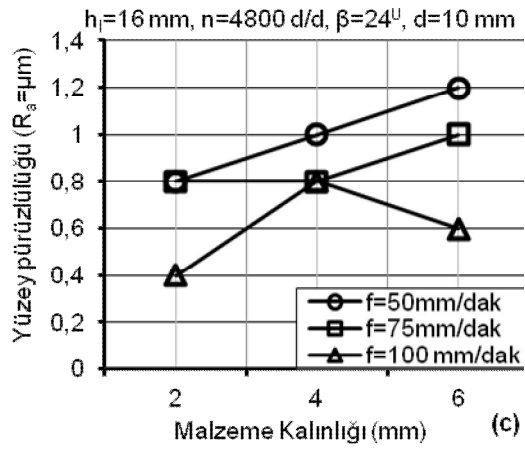
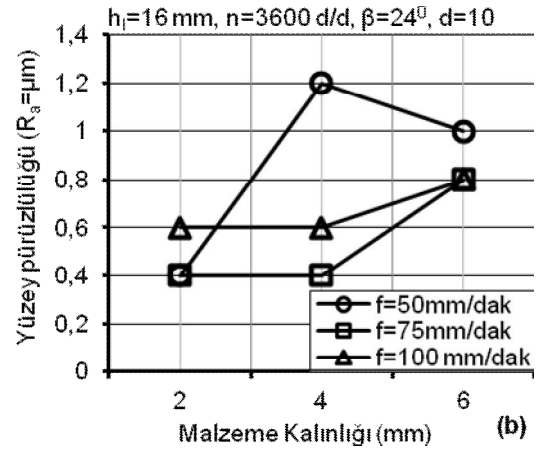
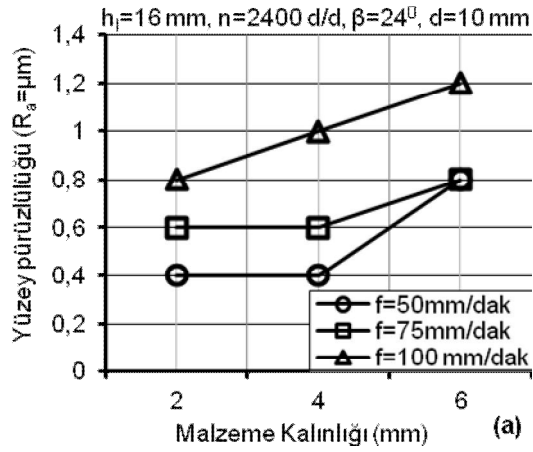


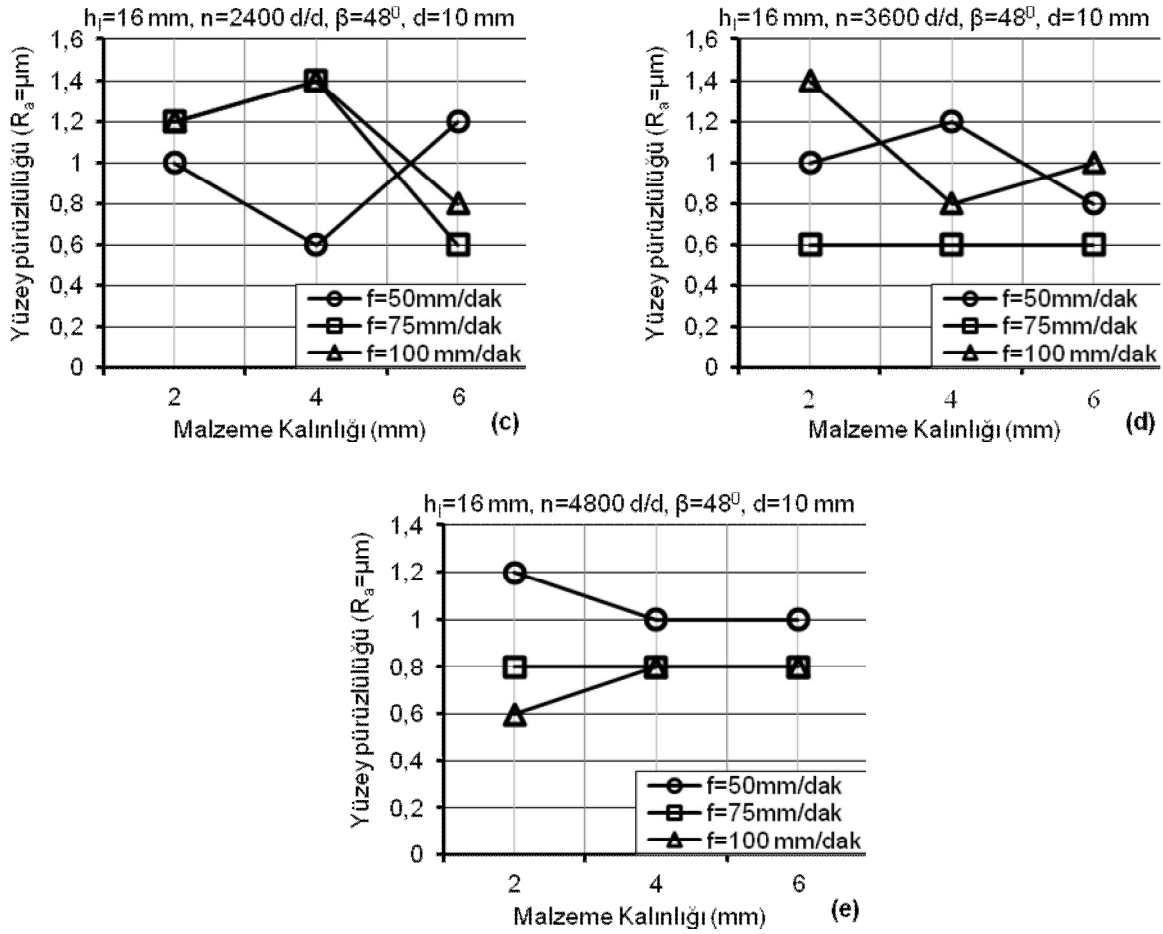
Şekil 6. Takım koniklik açısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.

3.3. Malzeme Kalınlığının Yüzey pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Malzeme kalınlığının artması ile iş parçası yumuşar, kolay bir şekilde akar, takım-iş parçası arasındaki yüzey temas alanı, işlemin ısı ve yüzey kalitesi artar. Artan malzeme kalınlığı ile iyileşmiş olan yüzey kalitesi değerleri diğer bazı parametreler tarafından olumsuz etkilenmiştir. Malzeme kalınlığının yüzey pürüzlülüğüne etkisi Şekil 7'deki grafiklerde gösterilmiştir.

Şekil 7(a - ı)'da takım malzeme kalınlığının belirtilmiş şartlarda, yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir. Minimum yüzey pürüzlülüğü, 2mm malzeme kalınlığında, 24° koniklik açısında, 2400d/d dönme hızı, 50 mm/dak ilerleme oranında, 3600 d/d dönme hızı, 50 mm/dak ve 75 mm/dak ilerleme oranlarında, 4800 d/d dönme hızı ve 50 mm/dak ilerleme oranında 0,4 μ m, 4 mm malzeme kalınlığında, 36° koniklik açısında, 2400 d/d dönme hızı, 50 mm/dak ve 75 mm/dak ilerleme oranlarında 0,4 μ m, 3600 d/d dönme hızı, 75 mm/dak ilerleme oranında 0,2 μ m, 4800 d/d dönme hızı, 75 mm/dak ve 100 mm/dak ilerleme oranlarında 0,6 μ m, 6 mm malzeme kalınlığında, 48° koniklik açısında, 2400 d/d dönme hızı, 50 mm/dak ve 75 mm/dak ilerleme oranlarında 0,6 μ m, 3600 d/d dönme hızı, 75 mm/dak ilerleme oranında 0,6 μ m, 4800d/d dönme hızı, 75 mm/dak ve 100mm/dak ilerleme oranlarında 0,8 μ m olarak ölçülmüştür. Maksimum yüzey pürüzlülüğü ise 24° koniklik açısı için 6mm malzeme kalınlığında, 36° koniklik açısı için 2mm malzeme kalınlığında ve 48° koniklik açısı için ise 2mm ve 4mm malzeme kalınlıklarında meydana gelmiştir.

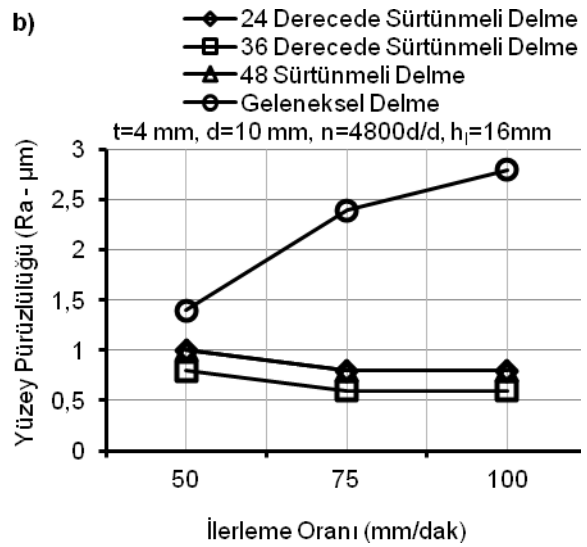
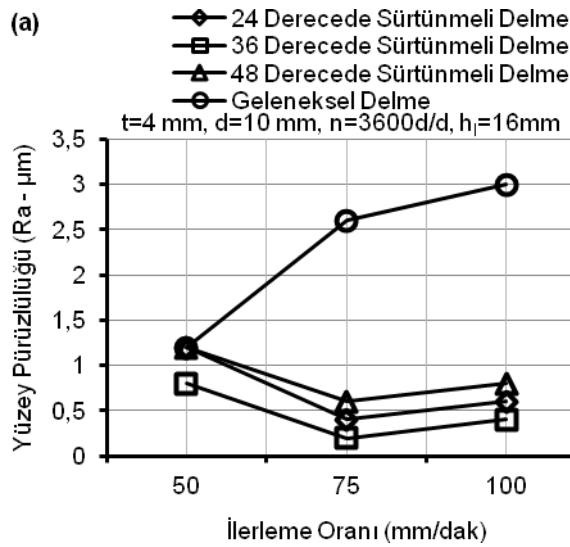
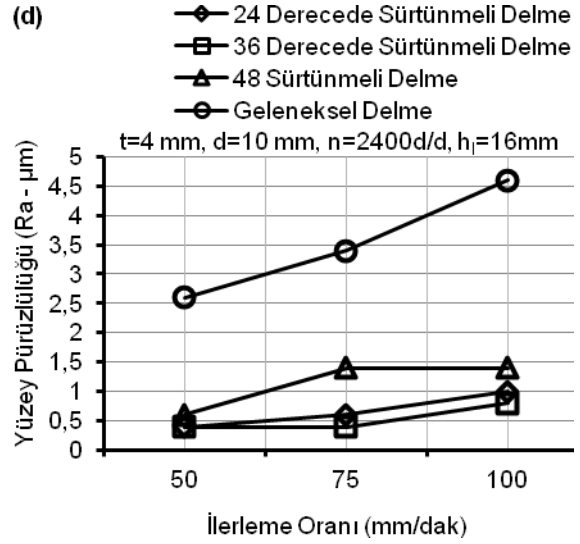
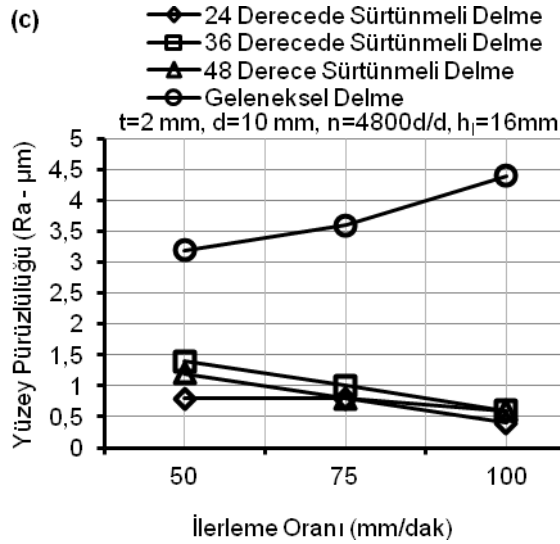
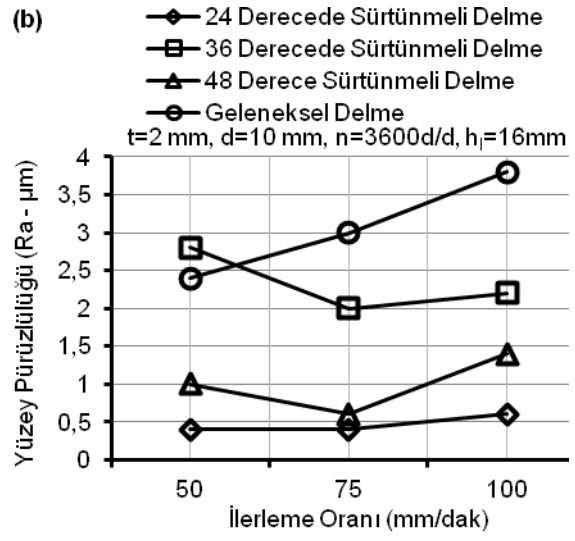
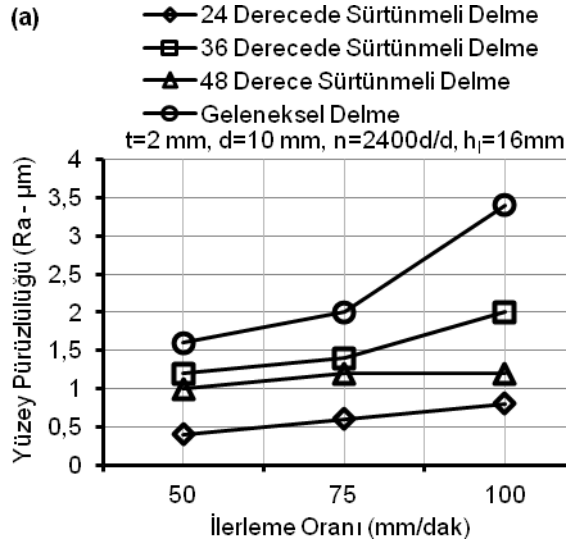


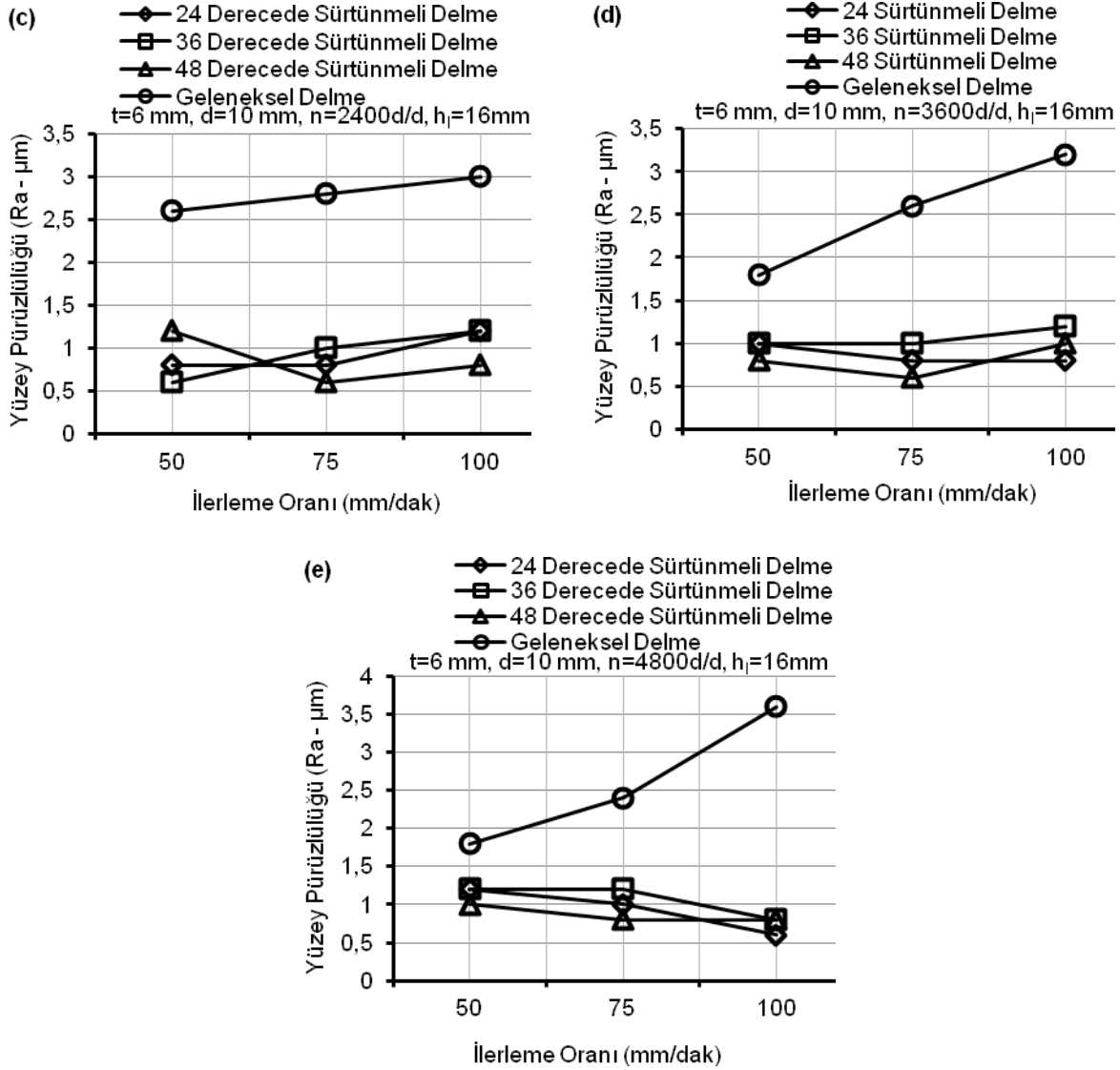


Şekil 7. Takım koniklik açısının kovan yüksekliğine etkisi.

3.4. Delme Yönteminin Yüzey pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Sürtülmeli delme işlemi sırasında boşalan malzeme ısı etkisiyle ergiyerek boşaldığından geleneksel delme yöntemine göre yüzey pürüzlülüğü değerleri daha düşük olmuştur. Şekil 8 (a – e)'de sürtülmeli ve geleneksel delme yöntemlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi gösterilmiştir. Geleneksel delme yönteminde yüzey kalitesi daha kötü olmuştur. Sürtülmeli delme yöntemiyle minimum yüzey pürüzlülüğü 3600d/d dönme hızı, 75mm/dak ilerleme oranında 0.2 μm olurken, geleneksel delme yöntemiyle 3600d/d dönme hızı ve 50mm/dak ilerleme oranında 1.2 μm olarak ölçülmüştür. Sürtülmeli delme yönteminde maksimum yüzey pürüzlülüğü 2.8 μm olurken geleneksel delme yönteminde ise 4.6 μm olarak elde edilmiştir.





Şekil 8. Takım koniklik açısının kovan yüksekliğine etkisi.

4.Genel Değerlendirme

Sürtünmeli delme işleminde, yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametre, takım – iş parçası yüzey temas alanında meydana gelen ısı miktarıdır. Isı etkisiyle iş parçası yumuşar, akar ve delme işleminde meydana gelen deformasyon azalır. İşlem ısısını etkileyen parametreler ise dönme hızı, ilerleme oranı, takım koniklik açısı, iş parçası malzemesinin kesit kalınlığı ve ısıl iletkenlik katsayısıdır.

2mm malzeme kalınlığında, 24° koniklik açısı için 2400d/d dönme hızı, 50mm/dak ilerleme oranı, 3600d/d dönme hızı için 50mm/dak ve 75mm/dak ilerleme oranları, 4800d/d dönme hızı için 50mm/dak ilerleme oranı, 4mm malzeme kalınlığında, 36° koniklik açısı için 2400d/d dönme hızı, 50mm/dak ve 75mm/dak ilerleme oranları, 3600d/d dönme hızı, 75mm/dak ilerleme oranı, 4800d/d dönme hızı, 75mm/dak ve 100mm/dak ilerleme oranları 6mm malzeme kalınlığında, 48° koniklik açısı için 2400d/d dönme hızı, 50mm/dak ve 75mm/dak ilerleme oranları, 3600d/d dönme hızı, 75mm/dak ilerleme oranı, 4800d/d dönme hızı, 75mm/dak ve 100mm/dak ilerleme oranları en uygun parametreler olmuştur.

Minimum yüzey pürüzlülüğü kriterine göre 2400d/d dönme hızı için en uygun ilerleme oranı 50mm/dak, en uygun koniklik açısı 24°, 3600d/d dönme hızı için en uygun ilerleme oranı 75mm/dak, en uygun koniklik açısı 36°, ve 4800d/d dönme hızı için en uygun ilerleme oranı 100mm/dak, en uygun koniklik açısı ise 48° olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülüğü 3600d/d dönme hızı, 75mm/dak ilerleme oranı ve 36° koniklik açısında 4mm kesit kalınlığındaki malzemede 0.2µm, maksimum yüzey pürüzlülüğü ise 3600d/d dönme hızı, 50mm/dak ilerleme oranı, 36° koniklik açısı ve 2mm kesit kalınlığındaki malzemede 2.8µm olarak ölçülmüştür.

Sürtünmeli delme yöntemiyle minimum yüzey pürüzlülüğü 3600d/d dönme hızı, 75mm/dak ilerleme oranında 0.2µm olurken, geleneksel delme yöntemiyle 3600d/d dönme hızı ve 50mm/dak ilerleme oranında 1.2µm olarak ölçülmüştür. Sürtünmeli delme yönteminde maksimum yüzey pürüzlülüğü 2.8µm olurken geleneksel delme yönteminde ise 4.6µm olarak elde edilmiştir. Sürtünmeli delme yönteminde geleneksel delme yöntemine göre daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Van Geffen, J. A., Piercing Tools, 1976, US Patent 3.939.683.
- [2] Van Geffen, J. A., 1979, Methods and Apparatuses for Forming by Frictional Heat and Pressure Holes Surrounded Each by a Boss in a Metal Plate or the Wall of a Metal Tube 1979, US Patent 4.175.413.
- [3] Van Geffen, J. A., Rotatable Piercing Tools for Forming Bossed Holes, 1980, US Patent 4.185.486.
- [4] Miller, S. F., Tao, j., Shih, A. J., Friction Drilling of Cast Metals, International Journal of machine Tool and Manufacture, 46, September 2006, 1526 – 1535.
- [5] Chow, H. M., Lee, S. M., and Yang, L. D., Machining Characteristics Study of Friction Drilling on AISI 304 Stainless Steel, *Journal of Materials Processing Technology*, 207, December 2008, 180–186.
- [6] Lee, S. M., Chow, H. M., Huang, F. Y., Yan, B. H., Friction Drilling of Austenitic Stainless Steel by Uncoated and PVD AlCrN – TiAlN Coated Tungsten Carbide Tools, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 49, July 2008, 81 – 88.
- [7] Gopal Krichna, P. V., Kishore, K., and Satyanarayana, V. V., Some Investigations in Friction Drilling AA6351 Using High Speed Steel Tools, *ARP Journal Engineering and Applied Sciences*, 5, March 2010, 1819–6608.
- [8] Doğru, N., AISI 1010 Çelik Malzemenin Sürtünmeli Delme Yöntemiyle Delinmesinde İşleme Karakteristiklerinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Eylül 2010, Elazığ.

- [9] Miller, S. F., Blau, P., Shih, A. J., Microstructural Alterations Associated with Friction Drilling of Steel, Aluminum and Titanium, *Journal of Materials Engineering and Performance*, 14, May 2005, 647–653.
- [10] Lee, S. M. Chow, H. M., and Yan, B. H., Friction drilling of IN – 713LC cast superalloy, *Materials and manufacturing Process*, 22, June 2007, 893-897.
- [11] Miller, S. F. Wang, H., and Shih, A. J., Experimental and Numerical Analysis of the Friction Drilling Process, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 128, August 2006, 802–810.
- [12] Miller, S. F., and Shih, A. J., Thermo – Mechanical Finite Element Modelling of the Friction Drilling process, *Department of Mechanical Engineering, University of Michigan, Ann Arbor MI 48109*, 129, June 2007, 531–538.