

# Haddeme işleminin silindirik parçalarda uygulaması, deney sonuçlarının yapay sinir ağları ile modellenmesi

Hüdayim BAŞAK<sup>\*1</sup>, Murat YÜCEL<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Teknoloji Fakültesi, Elektrik elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Makale Gönderme Tarihi: 24.06.2015

Makale Kabul Tarihi: 06.10.2015

## Öz

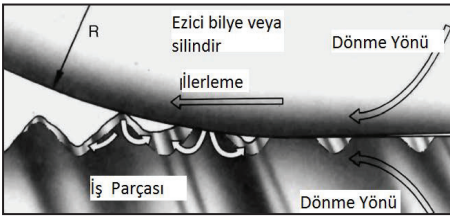
*Haddeme işlemi talaşlı imalatta son işlem operasyonu olarak kullanılmakta ve uygulandığı iş parçası yüzeylerinde bazı iyileşmeler (yüzey sertliğinin artması, yüzey pürüzlülüğünün iyileştirilmesi, yorulma ve aşınma ile ilgili iyileşmeler, yüzeydeki çatlak oluşturabilecek derinliklerin azaltılması vb.) meydana getirmektedir. Bu çalışmada haddeme yapabilen bir aparat yardımıyla silindirik Al 6061-T6 malzemesi üzerinde farklı parametreler (Kuvvet (N), İlerleme (mm/dev), Bilye Çapı (mm), Paso sayısı) kullanılarak haddeme işlemi gerçekleştirilmiştir. Haddemede kullanılan parametrelerin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri incelenmiştir. Son olarak deney sonuçları Yapay sinir ağları ile modellenerek elde edilen sonuçlarla deney sonuçları karşılaştırılmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:**Haddeme, yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertliği, yapay sinir ağları (YSA)

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Hüdayim BAŞAK. hbasak@gazi.edu.tr; Tel: (312) 202 86 29

## Giriş

Haddeleme, Makine elemanlarında, fonksiyonel yüzeylerin, talaş kaldırmadan, ezerek süper ince işlenmesinde kullanılan bir işleme tekniği olarak tarif edilmektedir. Ucunda ezici ve düzleştirici olarak bilye veya silindirik ezici (roller) kullanılan haddeleme işlemi iş parçasının yüzey katmanlarında talaş kaldırmaksızın plastik şekillendirme gerçekleştiren soğuk sonlandırma işlemi olarak da tanımlanabilir. Makine imalat tekniğinde kullanılmakta olan bu teknik, elde edilen yüzeyin kalitesi, uygulanan yüzeyde malzemeye ait mekanik karakteristiklerin iyileşmesi ve seri üretimde verimliliğinin yüksek olması sebebiyle taşlama tekniğine üstünlük sağlamaktadır. Haddeleme işlemi devir sayısı, ilerleme miktarı, paso sayısı ve haddeleme kuvveti, haddelemede kullanılan ezicinin niteliği gibi bazı parametreler tarafından etkilenir. Yüzey pürüzlülüğü değerini iyileştirmek için birçok işleme metodu (frezeleme, taşlama, parlatma, honlama, alıştırma) kullanıldığı gibi haddeleme işlemi de bu işlem için kullanılan ve tercih edilebilen bir işleme metodudur (Başak vd., 2009; Karpevd., 2011; Vukelicvd., 2013). Haddeleme işlemine ait tipik bir örnek Şekil 1(a)'da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi belli bir ilerleme miktarında ve gerekli basınç veya baskı kuvveti yardımıyla yüzey tabakasında deformasyon oluşturarak yüzeyin sahip olduğu karakteristiklerin geliştiği görülmektedir.



Şekil 1(a). Haddeleme işlemi (Luca Vd. 2004)

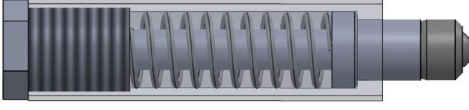
Haddeleme işlemi parça yüzeylerinde pürüzlülük ve sertlik değerlerini iyileştirmek, parçaya ait aşınma ve korozyon dirençleri ile yorulma ve

çekme dayanımlarında iyileştirmeler sağlamak ve parça yüzey katmanlarında iyileştirilmiş mikro sertlik değerlerine ulaşmak olarak açıklanabilir (Başak vd., 2011; Gharbivd., 2012; Başak, 2007).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde haddeleme işleminin en çok alüminyum ve alaşımları, Döküm Al-Cu alaşım ve çelik malzemeler üzerinde uygulandığı söylenebilir. Bunun yanında pirinç malzemesine, titanyum alaşımlarına, polimerlere de uygulanmış çalışmalar da mevcuttur (Esme, 2010; Sagbas, 2011; Taylor vd., 2013; Sarhanvd., 2014).

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada silindirik parçalarda haddeleme işlemi uygulaması ve haddeleme işleminde kullanılan parametrelerin (ilerleme, baskı kuvveti, bilye yarıçapı ve devir sayısı), yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri tartışılmıştır. Deneysel için iş parçası malzemesi olarak Al 6061 -T6 alaşım kullanılmıştır. Deneysel Taksan marka CNC torna tezgahı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Deneysel için hazırlanan iş parçalarına ait ortalama yüzey pürüzlülüğü 2,6µm ve ortalama yüzey sertliği de 65 RB olarak ölçülmüştür. Haddeleme işlemini uygulamak için, torna tezgahında silindirik parçaların haddelenmesinde kullanılacak ve ucunda ezici takım olarak bilye bulunan, bir aparat kullanılmıştır. Hazır olarak alınan ve ezici olarak kullanılan bilyelerin sertlik değeri 58-65 RC ve yüzey pürüzlülüğü de 0.10-0.15µm pürüzlülük değerindedir. Haddeleme sırasında baskı kuvvetini ayarlamak için yay sistemi kullanılmıştır. Hazır olarak alınan ve ezici olarak kullanılan aparat uçlarını (bilyeler) tutmak için de üç ayrı başlık tasarımı yapılmıştır. Kullanılan bilyenin çap değerine göre bu başlıklar kullanılmaktadır. Deneysel kullanılan bilyeli aparat Şekil 1(b)'de verilmiştir. Haddeleme işleminin yapılabilmesi için gerekli olan baskı kuvveti yay basıncı ile elde edilmiştir. Böylelikle farklı yay sıkıştırma oranlarında farklı baskı kuvvetleri elde edilmiştir.



Şekil 1(b). Deneylerde kullanılan haddeleme aparatı montaj resmi

Haddeleme işleminin yapılabilmesi için gerekli olan baskı kuvveti yay basısı ile elde edilmiştir. Böylelikle farklı yay sıkıştırma oranlarında farklı baskı kuvvetleri elde edilmiştir. Haddeleme aparatları Universal Torna tezgahı tezgahına bağlandıktan sonra tezgah tablasından ilerleme verilerek yayın baskı üretmesi sağlanmıştır. Tüm deneyler için iş parçası ayna punta arasına alınarak 500 dev/dk sabit devir ile işlemler gerçekleştirilmiştir. Haddeleme işleminin parça yüzeyinde meydana getireceği etkileri incelemek için kullanılacak olan parametreler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan parametreler

Kuvvet (N)	İlerleme (mm/dev)	Paso sayısı	Bilye Çapı (mm)
50-100-	0,12-0,24-	1-2-3	13,49-
150-200	0,36		15,08-16,6

Deneyler sonucunda iş parçaları Mitutoyo Surf test Sj-201 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı ve Digirock-RBOV yüzey sertliği ölçüm cihazı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deneylerin sonucunda her deney numunesi yüzeyinin üç farklı noktasından ayrı ölçümler gerçekleştirilerek meydana gelen yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği değerleri elde edilmiştir. Bu ölçülen değerlerin ortalaması alınarak o deney numunesinin belirlenen işleme şartlarına bağlı olarak ortalama yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği değerlerine ulaşılmıştır.

## DeneySEL Sonuçlar ve Tartışma

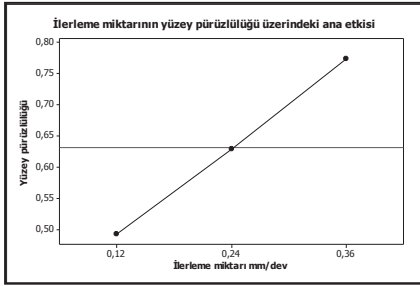
Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 2 de verilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde deneylerde kullanılan parametrelerin (haddeleme kuvveti (N) ilerleme paso sayısı (mm/dev) ve bilye çapı (mm)) yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine ana etkileri minitab programı kullanılarak elde edilmiş ve Şekil 2-5’te verilmiştir.

### İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri

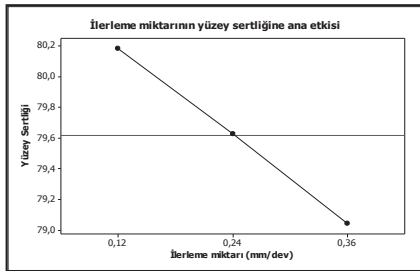
İlerleme miktarı artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği üzerinde olumsuz bir etkisi bulunmaktadır. Düşük ilerleme miktarlarında iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edilirken, ilerleme miktarı artışıyla yüzey pürüzlülük değerinde artış olmaktadır. Bunun nedeninin düşük ilerleme hızlarında parçanın daha çok ezilmesi ve bunun sonucunda da parça yüzeyinde bulunan mikro düzeydeki tepe ve çukurların azalması olduğu düşünülmektedir. Aynı şekilde düşük ilerleme hızları ile daha iyi yüzey sertliği değerleri elde edilebileceği söylenebilir. İlerleme hızının artmasının yüzey sertliğini olumsuz yönde etkilediği elde edilen ana etki grafiklerinde de görülmektedir.

Tablo 2. Deneysel Sonuçlar

DENEY NO	İLERLEME MİKTARI (MM/DEV)				YÜZEY SERTLİĞİ		DENEY NO	İLERLEME MİKTARI (MM/DEV)				YÜZEY SERTLİĞİ	
	PASO SAYISI	HADDELEME KUVVETİ (N)	BİLYE ÇAPI (MM)		YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜ (MM)			PASO SAYISI	HADDELEME KUVVETİ (N)	BİLYE ÇAPI (MM)		YÜZEY PÜRÜZLÜĞÜ (MM)	
1	0,12	3	200	16,6	81,49	0,12	55	0,24	1	150	15,08	79,53	0,63
2	0,12	3	200	15,08	80,97	0,13	56	0,12	3	50	15,08	79,92	0,64
3	0,12	3	200	13,49	80,63	0,15	57	0,36	2	150	13,49	78,74	0,64
4	0,12	2	200	15,08	80,70	0,20	58	0,24	3	100	13,49	79,43	0,66
5	0,12	1	200	13,49	80,25	0,23	59	0,12	1	100	16,6	80,10	0,66
6	0,12	2	200	13,49	80,69	0,23	60	0,36	2	150	16,6	79,66	0,66
7	0,12	3	150	16,6	80,99	0,25	61	0,12	1	150	16,6	80,27	0,66
8	0,24	1	200	13,49	79,55	0,26	62	0,36	2	150	15,08	79,21	0,66
9	0,12	2	150	15,08	80,38	0,26	63	0,12	1	50	15,08	79,11	0,66
10	0,24	3	200	15,08	80,82	0,27	64	0,24	2	100	15,08	79,36	0,67
11	0,24	3	200	13,49	80,35	0,27	65	0,12	3	50	13,49	79,42	0,70
12	0,24	2	200	13,49	79,56	0,27	66	0,36	2	100	16,6	79,24	0,71
13	0,12	2	150	16,6	80,73	0,28	67	0,12	1	100	13,49	79,04	0,71
14	0,12	1	200	15,08	80,30	0,31	68	0,12	3	50	16,6	80,66	0,72
15	0,24	3	150	13,49	79,56	0,32	69	0,36	3	150	16,6	79,92	0,73
16	0,12	3	100	13,49	79,87	0,33	70	0,36	1	150	16,6	79,07	0,75
17	0,24	3	200	16,6	80,97	0,33	71	0,12	2	50	16,6	80,27	0,76
18	0,12	3	150	13,49	80,30	0,34	72	0,12	2	100	13,49	79,45	0,76
19	0,24	2	200	15,08	80,47	0,34	73	0,36	3	100	15,08	79,27	0,78
20	0,24	1	200	16,6	80,18	0,35	74	0,24	2	100	16,6	79,76	0,78
21	0,12	2	150	13,49	80,10	0,35	75	0,36	3	100	13,49	78,92	0,79
22	0,12	2	200	16,6	81,16	0,37	76	0,24	1	150	13,49	78,94	0,79
23	0,12	3	150	15,08	80,69	0,38	77	0,12	2	50	13,49	79,32	0,79
24	0,12	1	200	16,6	81,07	0,40	78	0,24	1	100	15,08	79,00	0,82
25	0,24	2	200	16,6	80,56	0,40	79	0,24	3	50	15,08	79,57	0,83
26	0,24	3	100	16,6	80,18	0,43	80	0,12	2	50	15,08	79,91	0,83
27	0,36	3	200	16,6	80,44	0,44	81	0,24	2	100	13,49	78,97	0,84
28	0,36	2	200	16,6	79,83	0,46	82	0,24	3	50	16,6	80,08	0,84
29	0,12	2	100	15,08	79,80	0,46	83	0,24	3	50	13,49	78,99	0,86
30	0,24	3	150	15,08	80,27	0,47	84	0,24	1	100	16,6	79,63	0,86
31	0,36	2	200	15,08	79,82	0,47	85	0,24	1	100	13,49	78,68	0,87
32	0,24	2	150	15,08	79,78	0,47	86	0,12	1	50	13,49	78,43	0,87
33	0,24	2	150	16,6	80,24	0,48	87	0,36	1	150	13,49	78,40	0,87
34	0,12	3	100	16,6	81,07	0,48	88	0,24	1	50	16,6	78,84	0,88
35	0,12	1	150	13,49	79,72	0,50	89	0,36	2	100	15,08	78,90	0,88
36	0,24	3	150	16,6	80,67	0,50	90	0,24	2	50	16,6	79,35	0,89
37	0,36	2	200	13,49	79,30	0,51	91	0,12	1	50	16,6	79,37	0,89
38	0,24	3	100	15,08	79,84	0,52	92	0,36	3	50	15,08	78,56	0,90
39	0,24	2	150	13,49	79,46	0,53	93	0,36	2	100	13,49	78,54	0,91
40	0,36	3	150	15,08	79,65	0,53	94	0,36	1	100	13,49	77,70	0,91
41	0,36	3	200	13,49	79,38	0,53	95	0,36	1	100	16,6	78,85	0,92
42	0,12	2	100	16,6	80,30	0,55	96	0,24	2	50	15,08	78,74	0,95
43	0,36	1	200	16,6	79,68	0,56	97	0,24	2	50	13,49	78,59	0,96
44	0,24	1	200	15,08	79,76	0,57	98	0,36	3	50	16,6	79,25	0,97
45	0,36	1	200	15,08	79,20	0,58	99	0,36	1	100	15,08	78,43	0,97
46	0,36	3	100	16,6	79,69	0,58	100	0,36	1	50	13,49	77,60	0,98
47	0,12	3	100	15,08	80,60	0,58	101	0,36	3	50	13,49	78,55	0,99
48	0,12	1	150	15,08	79,90	0,59	102	0,24	1	50	15,08	78,64	1,05
49	0,36	1	150	15,08	78,81	0,59	103	0,24	1	50	13,49	78,13	1,07
50	0,36	3	200	15,08	80,37	0,59	104	0,36	2	50	13,49	78,17	1,09
51	0,36	1	200	13,49	79,01	0,60	105	0,36	1	50	16,6	78,44	1,11
52	0,36	3	150	13,49	79,26	0,61	106	0,36	2	50	15,08	78,46	1,15
53	0,24	1	150	16,6	80,03	0,61	107	0,36	1	50	15,08	78,16	1,16
54	0,12	1	100	15,08	79,55	0,62	108	0,36	2	50	16,6	79,05	1,23



a)

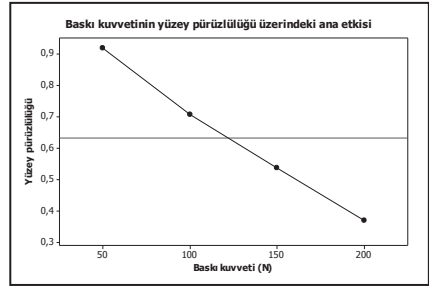


b)

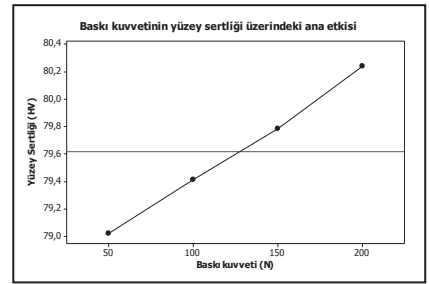
Şekil 2. İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü (a) ve yüzey sertliğine (b) ana etkisi

### Baskı kuvvetinin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri

Yapılan çalışmada mevcut deney şartlarında baskı kuvvetinin artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. En iyi yüzey pürüzlülük ve sertlik değerleri en büyük baskı kuvvetinde (200N) elde edilmiştir. Baskı kuvveti azaldıkça yüzey pürüzlülüğü kötüleşmekte ve yüzey sertliği azalmaktadır. Baskı kuvvetinin 200N dan daha büyük değerlere çıkarılması yüzeyde bozulmalara neden olabilir. Bu çalışmada 200N a kadar yüzeyden iyileşme meydana gelmiş yüzey sertliği de artmıştır.



a)

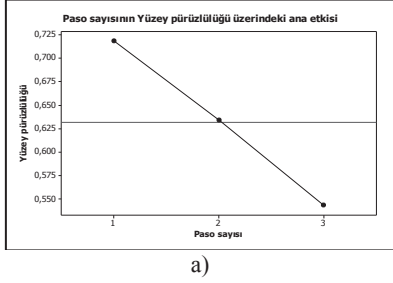


b)

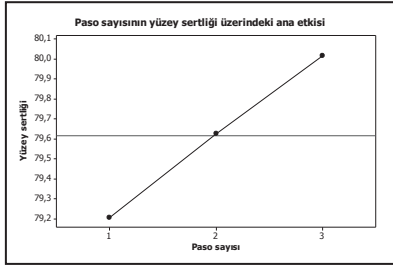
Şekil 3. Baskı kuvvetinin yüzey pürüzlülüğü (a) ve yüzey sertliğine (b) ana etkisi

### Paso sayısının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri

Literatür incelendiğinde paso sayısının artmasının yüzey sertliği ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu etki yaptığı anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmada da mevcut deney şartlarında paso sayısı artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkisinin olumlu yönde olduğu elde edilen grafiklerde (Şekil 4a ve b) görülmektedir. En iyi yüzey pürüzlülük ve sertlik değerleri en büyük paso (3 paso sayısı) sayısında elde edilmiştir. Fakat paso sayısı belli bir pasodan sonra yüzeyde pullaşma diye tabir edilen bozulmaları da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada elde edilen verilere göre 3 paso sayısına göre yüzeyde herhangi bir bozulma meydana gelmemiştir.

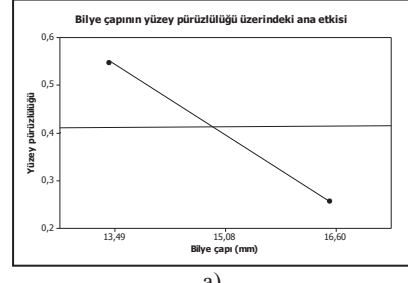


a)

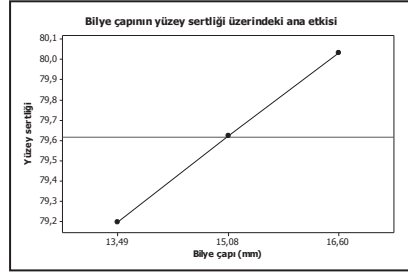


b)

Şekil 4. Paso sayısının yüzey pürüzlülüğü (a) ve yüzey sertliğine (b) ana etkisi



a)



b)

Şekil 5. Bilye çapının yüzey pürüzlülüğü (a) ve yüzey sertliğine (b) ana etkisi

### Bilye çapının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkileri

Şekil 5 a ve b incelendiğinde bilye çapı artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu görülmektedir. Bilye çapı artışıyla yüzey pürüzlülük değerinde azalma olmakta ve buna düşük bilye çaplarına göre daha iyi yüzeyler elde edilmektedir. Bilye çapının artışı yüzey sertlik değerini de artırmaktadır.

Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde En iyi yüzey pürüzlülüğü (0,12  $\mu$ m) ve yüzey sertliği (81,49 HB30) 0,12 mm/dev ilerleme miktarında 3 paso, 200 N haddeleme kuvveti ve 16,6 mm bilye çapının kullanıldığı deneyde elde edildiği görülmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği açısından iş parçası ham değerlerinden daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir. İş parçası ham yüzey pürüzlülüğü değeri 2,6  $\mu$ m ve yüzey sertliği değeri de 65 RB olarak ölçülmüştür. En yüksek yüzey sertliği 81,49 olarak ölçülmüş ve ham parçaya göre sertlik %25 artmıştır. En düşük yüzey sertliği 77,6 RB olarak ölçülmüş ve ham parçaya göre sertlik %19 artmıştır. Aynı şekilde En iyi yüzey pürüzlülüğü değeri 0,12  $\mu$ m olarak ölçülmüş ve ham parçaya göre pürüzlülük yaklaşık 20 kat iyileşmiştir. En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 1,23  $\mu$ m olarak ölçülmüş ham parçaya göre pürüzlülük değerinin yaklaşık 2 kat iyileşme gerçekleşmiştir.

## **Haddeleme işlemi için yapay sinir ağı modeli**

Yapay sinir ağları (YSA) biyolojik nöron işlemeyen esinlenerek bilgi işleme ve hesaplama tekniğidir. YSA'lar veri desenleri ve veriler arasındaki ilişkileri tespit ederek, veri seti hakkında bilgi toplar. Bir YSA yapay nöronlar veya işlem elemanları olarak adlandırılan birçok ara bağlantıyı ile birbirine bağlı, birbirine özdeş elementlerden oluşur. Bu işlem elemanları birbirlerine belli bir ağırlıkta bağlanır. Böylece YSA yapısı katmanlar halinde oluşturulur. YSA gücünü ağdaki ağırlıklı bağlantıdan alır. Her işlem elemanı girişleri, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışı ağırlıklandırır. Bir YSA'nın davranışı onun işleme elemanlarının aktivasyon fonksiyonları, öğrenme kuralı ve kendi yapısı tarafından belirlenir. İşleme elemanları arasındaki bağlantıların ağırlıkları ağı istenen giriş / çıkış değerlerine ulaşmak için eğitim sürecinde ayarlanır. Eğitim süresince, tahminlerdeki hata minimize olana kadar birimler arasındaki bağlantılar optimize edilir ve ağı doğruğu belirlenen seviyeye ulaşır. Eğitim süreci tamamlandığında, kullanılmayan bilgi test sonuçlarının değerlendirilmesi için ağı girilir. YSA, özellikle mühendislikte karşılaşılan doğrusal olmayan veri setleri için, çok iyi sonuçlar veren bir modelleme tekniğidir (Haykin 2000, Celebi Vd. 2013, Yucel Vd. 2012).

Literatürde kullanılan birçok YSA mimarileri ve yapıları mevcuttur. Çok katmanlı algılayıcı (MLP) sürekli değerli girişler ve bir veya daha fazla sürekli değerli çıkışlar arasında doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarını oluşturmak için ileri beslemeli ağların en yaygın olarak kullanılan sınıfıdır. Bunlar, sayısı önceden belirlenmiş nöronlar ile giriş, çıkış ve bir veya daha fazla gizli katmandan oluşur. Giriş katmanındaki nöronlar sadece gizli katmandaki nöronlara  $x_i$  giriş sinyallerini dağıtmak için tampon görevi yapar. Gizli katmandaki her bir nöron  $j$  giriş katmanına  $W_{ji}$  ile bağlantıları ağırlıklandırdıktan sonra, onun giriş sinyallerini  $x_i$  toplar ve bir fonksiyon  $f$  olarak onun çıkışı  $y_j$  hesaplar:

$$y_j = f(\sum w_{ji} x_i) \quad (1)$$

Burada  $f$  YSA mimarisinde kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından birisidir. Çıkış katmanındaki nöronun çıkışı benzer şekilde hesaplanır. Doğrusal olmayan aktivasyon fonksiyonları içeren gizli katmanlar, çoklu giriş ve çıkışları arasındaki karmaşık giriş/çıkış ilişkilerinin modellenmesine izin verir. Girişler ilk gizli katmana bir ağırlık seti ile bağlanır ve ikinci gizli katman çıkış katmanına başka bir ağırlık seti ile bağlanır. Bir ağı eğitiminde bir öğrenme algoritması kullanarak, ağı istenilen cevabı vermesi ağırlıkların ayarlanması ile gerçekleştirilir. Bir sinir ağı eğitiminde farklı öğrenme algoritmaları kullanarak ağı ağırlıkları ayarlanır. Bir öğrenme algoritması  $t$  süresinde,  $i$  ve  $j$  nöronları arasındaki bir bağlantının ağırlığını  $\Delta w_{ji}(t)$  verir. Farklı öğrenme algoritmaları, farklı ağı yapılarını deneyecek bir rutin geliştirilerek en uygun sonuçlara ulaşılabilir. MLP YSA'nın eğitim süreci için ikinci dereceden yakınsamaya sahip Levenberg-Marquardt (LM) algoritması kullanımı ile ağı başarıyla eğitilmiştir. Ardından ağırlıklar aşağıdaki ilişkiye göre yazılabilir [13]:

$$w_{ji}(t+1) = w_{ji}(t) + \Delta w_{ji}(t+1) \quad (2)$$

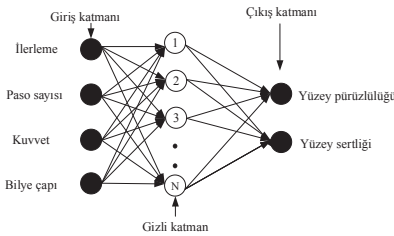
Öğrenme algoritmasının amacı işleme elemanlarının istenen ve gerçek değerler arasındaki farklarının kareleri toplamını en aza indirmek için çalışarak ağırlıkları optimize etmektir:

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (y_{dj} - y_j)^2 \quad (3)$$

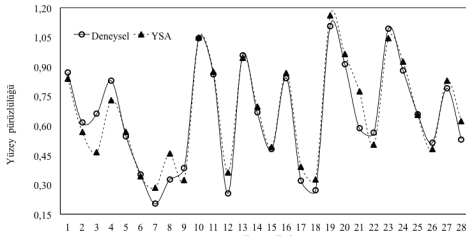
Burada  $y_{dj}$  istenilen değer,  $y_j$  ise gerçek çıkış değeridir (Celebi Vd. 2013, Yucel Vd. 2012).

Bu çalışmada haddeleme işlemi sonucunda yüzey pürüzlülüğü ve sertliği parametreleri YSA ile modellenerek, deneysel sonuçlarda eğitim ve test veri setleri oluşturulmuştur. Bu amaçla 107 deney verisinin 79'u eğitim, 29 tanesi ise test için kullanılmıştır. Önerilen ve optimize edilerek en uygun sonuçları veren

YSA modeli Şekil 6’da görülmektedir. YSA modelinde giriş değişkenleri paso sayısı, bilye çapı, ilerleme hızı ve baskı kuvveti olup, giriş katmanını oluşturmaktadırlar. YSA modeli eğitilirken farklı algoritmalar ve ağ yapıları kullanılmıştır. Ancak en uygun sonucu en kısa sürede veren ağ yapısı  $4 \times 24 \times 2$  ve öğrenme algoritması LM algoritması olarak bulunmuştur Giriş ve çıkış katmanları arasında lineer, gizli katmanda ise hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. YSA 43 epoktan sonra eğitilmiştir. Eğitimden önce giriş ve çıkış verileri -1.0 ve 1.0 arasında normalize edilmiştir.



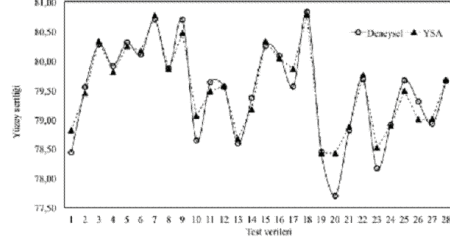
Şekil 6. YSA modeli



Şekil 7. Yüzey pürüzlülüğü için deneysel verilere karşılık YSA verileri

Şekil 7’de haddeme işleminin deneysel sonuçlarından alınan veriler ile YSA’nın test verilerine karşılık verdiği sonuçların grafiği görülmektedir. Şekil incelendiğinde her iki veri setleri arasında çok uygun ve yakın bir ilişkinin olduğu görülmektedir. YSA modelinin eğitim ve test performansları incelendiğinde, ortalama kareler hatası eğitim için 0.00735, test için 0.0057; ortalama kareler hatasının karekökü, eğitim için 0.0857, test için 0.0758; ortalama mutlak hata, eğitim için 0.0508, test için 0.058 ve son olarak korelasyon katsayısı,

eğitim için 0.961, test için 0.958 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. Yüzey sertliği için deneysel verilere karşılık YSA verileri

Şekil 8’de ise yüzey sertliği için deneysel sonuçlarından alınan veriler ile YSA’nın test verilerine karşılık verdiği sonuçların grafiği görülmektedir. YSA modelinin eğitim ve test performansları incelendiğinde, ortalama kareler hatası eğitim için 0.020, test için 0.048; ortalama kareler hatasının karekökü, eğitim için 0.143, test için 0.219; ortalama mutlak hata, eğitim için 0.112, test için 0.150 ve son olarak korelasyon katsayısı, eğitim için 0.994, test için 0.967 olarak hesaplanmıştır.

## Sonuçlar

Bu çalışmada Al 6061 –T6 malzemesi bir aparat yardımıyla kuvvet, ilerleme, bilye çapı ve paso sayısı parametreleri kullanılarak haddeme işlemi deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. İlerleme hızının artmasının yüzey sertliğini ve pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilediği, baskı kuvvetinin artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğini olumlu yönde etkilediği, paso sayısı artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliğine etkisinin olumlu yönde olduğu ve bilye çapı artışının yüzey pürüzlülüğü ve yüzey sertliği üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu görülmüştür. Daha sonra doğrusal olmayan çıkış değişkenleri için bir YSA modeli oluşturularak deneysel sonuçlarla çok uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Böylece doğru, hızlı, deneysel ölçüm hatalarını minimize edebilen, ergonomik bir model oluşturulmuştur.



## Kaynaklar

- Başak, H.,(2007). Design and manufacture of burnishing equipment and the burnishing process with AL 7075 T6 material, *Strojniški Vestnik J Mechanical Engineering*, **53**, 885-897.
- Başak, H., Göktaş H.H.,(2009). Burnishing process on al-alloy and optimization of surface roughness and surface hardness by fuzzy logic, *Materials and Design*, **30**, 1275–1281.
- Başak, H., Özkan, S., Taşkesen, A.,(2011). Application of burnishing process on friction stir welding and investigation of the effect of burnishing process on the surface roughness, *Hardness and Strength Experimental Techniques*, **35**, 8–16.
- Celebi, F.V.,Yucel, M., Goktas, H.H.,(2013). Danisman K. Intelligent modelling of alpha ( $\alpha$ ) parameter; comparison of ANN and ANFIS cases, *Opto electronics And Advanced Materials – Rapid Commun.* **7**, 470 – 474.
- Esme U.,(2010). Use of grey based Taguchi method in ball burnishing process for the optimization of surface roughness and micro hardness of AA7075 aluminum alloy. *MTAEC9 Materials and Technol*, **44**, 129-135.
- Gharbi, F.,Sghaier, S., Hamdi H., Benameur, T.,(2012). Ductility improvement of aluminum 1050A rolled sheet by a newly designed ball burnishing tool device. *Int J Adv Manuf Technol*. **60**, 1:87–99.
- Haykin, S., (2000). *Neural Networks: A Comprehensive Foundation* MACmillan College Publishing Company.
- Karpe, B.,Kosec, B., Kolenko, T., Bizjak, M.,(2011). Heat transfer analyses of continuous casting by free jet melt spinning device. *Metallurgija*, **50**, 13–16.
- Luca, L., Neagu-Ventzel, S., Marinescu, I., Tam, SC., (2004). Effects of working parameters on surface finish in ball-burnishing of hardened steels, *Precision Engineering*, **10**, 215–20.
- Sagbas, A., (2011). Analysis and optimization of surface roughness in the ball burnishing process using response surface methodology and desirability function, *Advances in Engineering Software*, **42**, 992–998.
- Sarhan, AAD., El-Tayeb, NSM., (2014). Investigating the surface quality of the burnished brass C3605—fuzzy rule-based approach, *Int J Adv Manuf Technol*. **71**, 1143–1150.
- Sayahi, M.,Sghaier, S., Belhadjsalah, H., (2013). Finite element analysis of ball burnishing process: comparisons between numerical results and experiments. *Int J Adv Manuf Technol*, **67**, 1665–1673.
- Taylor, P., (2011). Surface characteristics modification of polyoxy methylene and polyurethane using burnishing, *Tribology Transactions*, **54**,96-103.
- Vukelic, D.,Miljanic, D., Randjelovic, S., Budak, I., Dzunic, D., Eric, M., Pantic, M.,(2013). A burnishing process based on the optimal depth of work piece penetration, *Materials and Technol*,**47**, 43–51.
- Yucel, M., Celebi, F.V., Goktas, H.H.,(2012). Simple and efficient ANN model proposed for the temperature dependence of EDFA gain based on experimental results, *Opt Laser Technol*, **45**, 488-494.

## Application of the burnishing process on cylindrical parts, modelling experimental data with artificial neural network

### Extended abstract

*Burnishing process a sensitive processing technique being applied in super final of functional surfaces of machine elements without machining is being used as the finishing operation in machining, and brings along reward (increase of surface hardness, improved surface roughness improvement on fatigue and wear, and so reducing the depth of the surface cracks can be created.) work piece on which it is applied. In his final operation technique, it can also be used in geometrical improvement processes such as removing the ovalness as well as mechanical improvement processes. While performing burnishing operation, the use of lubrication assists the improvement of mechanical features. As many processing methods (milling, stoning, polishing, honing, adapting) are being used frequency improving the surface roughness value, burnishing operation is also a processing method being used for this operation. The purpose of this final operation can be explained as not obtaining a dimensional correctness but as composing a appropriate surface roughness value on the piece, increasing the abrasion and corrosion resistances of the work piece, enabling improvements in the fatigue and tensile strengths of the piece and reaching enhanced micro hardness values on the surface layers of the piece.*

*In this study, application of burnishing operation on cylindrical pieces and the affects of parameters used in burnishing operation (pressure force, radius of ball and rotation speed) on the surface roughness and surface hardness was discussed. For the tests, Al 6061 –T6 alloy was used as work piece material. Finally, experimental results was modelled with artificial neural network and The experimental results were compared with the results achieved from ANN. The tests were realized by using CNC Taksan lathe machine. Coolant was not used in the tests. Average surface roughness of the work pieces prepared for the tests was measured as  $2,6\mu\text{m}$ , and normal surface hardness was measured as 65 RB. So as to apply burnishing operation, an apparatus was used which can be used for the burnishing of cylindrical pieces on the lathe and which has*

*ballon its end as roller set. The hardness value of balls, which are taken as ready and which are used as crusher, was 58-65RC, and surface roughness was  $0.10\text{-}0.15\mu\text{m}$ . Spring system was used in order to adjust the pressure force during burnishing. Three different head design was made to hold the ends of apparatus (balls) procured as ready and used as roller. These heads are being used as per the diameter value of the balls used. The force required for the performance of burnishing operation had been obtained by spring pressure. Consequently, different forces had been obtained at different spring tightenin grates. 108 tests were realized in order to examine the affects of parameters used in burnishing operation. As the result of tests, the measurements were realized with Mitutoyo Surftest Sj-201 device for surface roughness and with Digirock-RBOV device for surface hardness. As the result of the tests made, it was determined that the burnishing operation positively affects the surface hardness and surface roughness of the material. The highest surface hardness was measured as 81.49, and hardness increased by 25% compared to raw piece. The lowest surface hardness was measured as 77.6 RB, and hardness increased by 19% compared to raw piece. In the same manner, the best surface roughness value was measured as  $0,12\mu\text{m}$ , and roughness improved by about 20 times compared to raw piece. The highest surface roughness value was measured as  $1,23\mu\text{m}$ , and about 2 times improvement realized in respect of roughness value compared to raw piece. Under the conditions of current test;*

- *The negative effect of increase of feed rate on the surface roughness and surface hardness was observed.*
- *The positive effect of increase of pressure force on the surface roughness and surface hardness was observed.*
- *The positive effect of increase of pas number on the surface roughness and surface hardness was observed.*
- *The positive effect of increase of ball diameter on the surface roughness and surface hardness was observed.*
- *The optimum model is obtained within the  $4\times 24\times 2$  configuration that consists of a single hidden layer with 24 neurons in addition to the 4 input and 2 output with the hyperbolic tangent activation function for the ANN intelligent model.*