Doğa ve Mühendislik Bilimlerinde Güncel Tartışmalar

4

Hikmet Y. ÇOĞUN
Zeynel KARACAGİL
Suna KIZILYILDIRIM



Motor Yataklama Elemanlarinda Isıl İşlem Uygulamalarının Yüzey ve İç Yapı Karakteristiğine Etkisi

Onur Cihan BOYUNEĞMEZ[1]
Gizem KARABULUT[2]
Nuray BEKÖZ ÜLLEN[3]

Giriş

Otomobil motorları gelişen teknoloji ve bilgi birikimiyle birlikte sürekli geliştirilmektedir. İçten yanmalı motorların yapısı incelendiğinde kullanılan parçaların motor performansına ve ömrüne en etkisinin çok büyük olduğu görülmektedir. Otomotiv sektörü üreticileri genel anlamda araçların dayanımı, verimliliği, ekonomik ve çevreci olması konusunda devlet mevzuatları ve müşteri istekleri ile kendilerini iyileştirirler. Parçaların sağlıklı bir şekilde uzun süreler görevini yerine getirebilmeleri için dezavantajlarını minimize edecek geliştirmeler yapılmaktadır. Bu geliştirmelerin başında parçaların üretim malzemesi ve üretim sonrası uygulanan ısıl işlemler gelmektedir. İstenilen özellikler bazı durumlarda sadece alaşım elementini değiştirerek elde edilemeyebilir. Bu gibi durumlarda hem maliyet hem de uygulanabilirlik açısından en sık kullanılan yöntem ısıl işlemlerdir. Isıl işlemler belirli özellikleri yükseltip istenmeyenleri ise düşürmemize olanak sağlamaktadır. Parçanın bütününe ya da belirli bir bölümüne uygulanabiliyor olmaları ısıl işlemi bir adım öne taşıyan özelliklerden biridir (Myagkov vd., 2014: 380).

İçten yanmalı motorların ana yapısı incelendiğinde yüksek hızlarda sürekli tekrarlanan hareketlerin en doğru konumda gerçekleşebilmeleri için doğru montaj sürecinden geçmeleri gerekmektedir. Motor parçalarının bağlantı noktalarında iki parçayı hareketi engellemeyecek kadar sıkı fakat çalışma senkronunu bozmayacak derecede gevşek bir bağlantı olmalıdır. Bu bağlantı düşük hata toleranslarında üretilen yataklama elemanları sayesinde elde edilir. Yataklama elemanlarının parçalar arasında en uygun hareket kabiliyetini sağlaması için ve parçaları uygun konumlarda tutabilmesi için bazı özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler ayrıca yataklama elemanlarının uzun süreler sağlıklı bir şekilde görev yapabilmesi için önemlidir. Gerekli özellikler incelendiğinde yataklama elemanlarının yüksek yorulma dayanımı, yüksek aşınma dayanımı, yüksek ısıl iletkenlik ve kullanım yerine göre belirli sertlik ve yumuşaklığa sahip olmaları gerekir. Ayrıca hareket kabiliyetini parçalar arasında yağ tabakası oluşturarak arttırabilmesi için yağ tutucu özelliğinin olması gerekmektedir. Üretilecek parçalarının bahsi geçen özellikleri temel olarak alaşımın mikroyapısına, dökümün kalitesine ve ısıl işlem ihtiyacına göre değişmekte ve kritik özellikler bu şekilde belirlenebilmektedir. Tüm bu özellikler alaşım elementleri sayesinde elde edilebilir olsa da uygun şartlarda maksimum performans için ısıl işlem uygulamaları gerekmektedir (Khurmi ve Gupta, 2005: 431).

Bu derleme çalışmasında; motor yataklama elemanlarına üretim aşamasında uygulanan ısıl işlemlerin malzemenin içyapı ve yüzey yapı karakteristiğini nasıl etkilediği konu hakkında yapılan araştırmalar incelenerek ele alınmıştır.

[1] Öğrenci, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-4312-3951
[2] Araş. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-0930-5380
[3] Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Orcid: 0000-0003-2705-2559

MOTOR YATAKLAMA ELEMANLARI VE ÇEŞİTLERİ

İki farklı parçanın yüzeylerinin temas ederek hareket etmesini sağlayan motor yataklama elemanları, içten yanmalı motorlarda sürtünmeye maruz kalan parçaları aşınmaya karşı korumak ve hareketli bölgelerde yüzeyinde yağ tabakası oluşturarak verimliliği en üst seviyeye çıkartan vazgeçilmez parçalardan biridir. Sürtünme dayanımını arttırmanın yanında yataklama elemanları hareketli parçaların doğru pozisyonda çalışması için konum sabitleme görevi de görmektedir. İçten yanmalı motorlarda krank, biyel kolu ve piston gibi parçaların yenilenmesi uzun zamanda ve yüksek maliyetlerde gerçekleşmektedir. Bu nedenden dolayı motor içerisinde oluşacak deformasyonları ana parçalar yerine yataklama elemanlarında toplayarak hem zaman hem de maliyetten tasarruf edilmiş olur. Bu nedenden dolayı motor yataklama elemanları motor ömrünü etkileyen kritik parçalardan biridir (Khurmi ve Gupta, 2005: 433).

Yataklama elemanları motor içerisinde sağlıklı çalışabilmesi için belirli özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Bu özelliklerin başında yorulma dayanımı gelmektedir. Yorulma dayanımı yataklama elemanına gelen farklı yön ve büyüklükteki kuvvetler nedeniyle malzemede belirli bir süre deformasyona uğramadan dayanabilmesidir. Bir diğer özellik ise korozyon direncidir. Motor içerisinde korozyon, yakıt ya da yağ içerisinden gelen kükürt bileşiklerinin su ile birleşmesi sonucu oluşan sülfürik asidin motor parçalarında oluşturduğu korozyondur. Yataklama elemanları için malzeme seçiminde korozyona karşı kalay-gümüş yüksek dayanım, bakır orta dayanım, kadmiyum ve kurşun ise zayıf dayanım göstermektedir. Isı iletimi de yataklama elemanlarında aranan özelliklerden biridir. Motor içerisinde yüksek hızlarda gerçekleşen hareketler sonucu sürtünmeyi üstlenen yataklama elemanları ısınmaktadır. Yataklama elemanları görevini sağlıklı bir şekilde yerine getirmeye devam edebilmeleri için bu ısıyı dağıtmaları gerekmektedir. Ayrıca düşük toleranslarla üretilen yataklarda ısıl genleşme katsayısı çalışma anında parçanın boyutsal özelliklerinin değişmemesi için düşük olmalıdır. Yataklama elemanlarının sürtünmeyi minimuma indirebilmeleri için iki parça arasında yağ tabakası oluşturmaları gerekmektedir. Bu nedenden dolayı yatak malzemesinin yağ tutma özelliğinin iyi olması istenir. Bu durum yataklarda yağ filmi oluşturulmasına olanak sağlar (Işıksoluğu, 2005: 4)

Yataklama elamanları kullanılacağı motora ve kullanım koşullarına göre farklı alaşımlardan üretilebilmektedir. Yataklardan istenen özellikleri sağlayabilmesi için bu alaşımlar farklı alaşım oranlarında farklı katkı elementleri eklenerek üretilirler. Kalay esaslı alaşımlar kalayın yüksek korozyon dayanımı, düşük ergime sıcaklığı sayesinde kolay dökülebilirliği ve sıvanabilecek derecedeki yumuşaklığı nedeniyle yataklama alaşımlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Kurşun esaslı alaşımlar ise sıklıkla Pb-Sn-Sb üçlü alaşımıyla kullanılır. Bu alaşımların aşınma dirençleri ve ısıl iletkenlikleri iyidir. Bakır esaslı alaşımlar da yataklama elemanlarında sıkça kullanılmaktadır. Bu alaşımlar kurşun katkısıyla da kullanılırlar fakat birbiri içerisinde çözünmez olduklarından yalnızca mekanik alaşım oluştururlar (Işıksoluğu, 2005: 5).

Motor yatakları bulundukları konuma göre farklı şekillerde tasarlanmaktadır. İçten yanmalı bir motorda genellikle dört çeşit yataklama elemanı bulunmaktadır. Bunlar ana yatak, kol yatak, gezi ayı ve kol burçlarıdır. Ana yataklar ve kol yataklar krank mili üzerinde konumlanmaktadır. Şekil 1'de krank mili üzerinde ana ve kol yatakların konumları gösterilmektedir. Görselde ön yazan kısım radyatör tarafını yani motorun önünü göstermektedir. 5, 6, 7, 8 ve 9 ile numaralandırılan bölgelerde ana yatak konumlandırılır. 1, 2, 3 ve 4 ile numaralandırılan yerlere ise kol yataklar konumlandırılır.



Şekil 1. Krank mili üzerinde bulunan ana yatak (5, 6, 7, 8 ve 9) ve kol yatakların (1, 2, 3 ve 4) konumlandırılması.

Ana Yatak

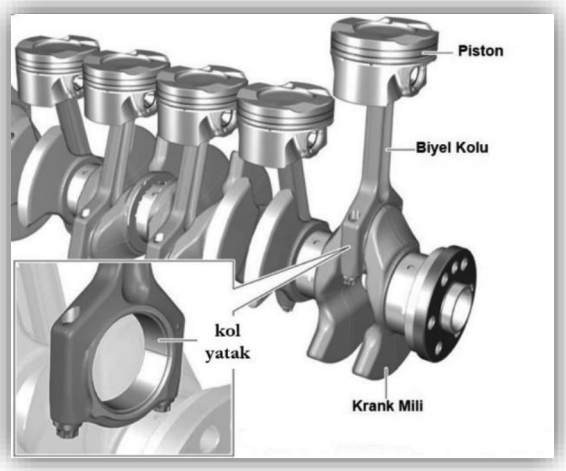
Ana yataklar motor bloğunda krank ile blok arasındaki bağlantıyı sağlayan parçalardır. Krank milinin blok üzerine temas eden noktalarını aşınmaya karşı korur ve maksimum kayma oluşturarak verimliliği en yüksek noktaya çıkartmak için tasarlanır. Dört silindirli içten yanmalı bir motorda beş adet ana yatak bulunur. Şekil 2'de motor ana yatağı görülmektedir.



Şekil 2. Motor ana yatağı.

Kol Yatak

Biyel kolu ile krank milinin bağlantı noktalarında kol burcu bulunmaktadır. Kol burçları motorun çalışması sırasında biyel kolu ile krank mili arasında gerçekleşen sürekli temas ve sürtünme durumlarından kaynaklanacak deformasyonları engellemek için kullanılır. Şekil 3'te krank mili ile biyel kollarının bağlantı noktasında kol yatakların konumu gösterilmektedir. Kol yataklar motor içerisinde bulunan silindir sayısı ile aynı sayıdadır.



Şekil 3. Biyel kolu ve krank mili bağlantısında kullanılan kol yatağın konumu.

Gezi Ayı

Gezi ayı, bir diğer adıyla ay yatak, krank milinin blok üzerinde konumlandırıldığı noktada krank milini motorun çalışması esnasında sabit tutmak için kullanılır. Krank mili ile blok arasında gereğinden fazla boşluk olması durumunda blok ve ana yataklar zarar görebilir. Aynı zamanda krank, piston ve biyel kollarının çalışma senkronlarını etkileyerek hem verimi düşürür hem de deformasyonlara sebebiyet verebilir. Gezi ayları motordan motora değişiklik göstermektedir. Bazı motor çeşitlerinde gezi ayları krank milinin ön ve arka kısmında bulunan ana yataklara entegre edilmiş şekilde üretilmektedir. Diğer motor çeşitlerinde ise gezi ayı ayrı olarak montaj edilir. Şekil 4'te örnek bir gezi ayı gösterilmiştir.



Şekil 4. Gezi ayı.

Kol Burcu

Kol burçları piston ve biyel kolunun, piston pimi ile bağlantı noktalarında kullanılır. Kol burçları pistondan aktarılan kuvvetin en az kayba uğrayarak iletilmesinde büyük rol oynar. Özel olarak tasarlanan yapıları sayesinde piston pimi ile biyel kolu arasında sürtünmeyi en aza indirmek için yağ tabakası oluştururlar. Kol burçlarının üretiminde çok küçük toleranslara izin verilebildiğinden dolayı üretim aşamasında hassas işleme gerektirmektedir. Bu nedenden dolayı kol burçlarına uygulanan ısıl işlemler yapının boyutsal özelliklerini değiştirmeyecek şekilde seçilir. Şekil 5'te örnek bir kol burcu gösterilmiştir.



Şekil 5. Kol burcu.

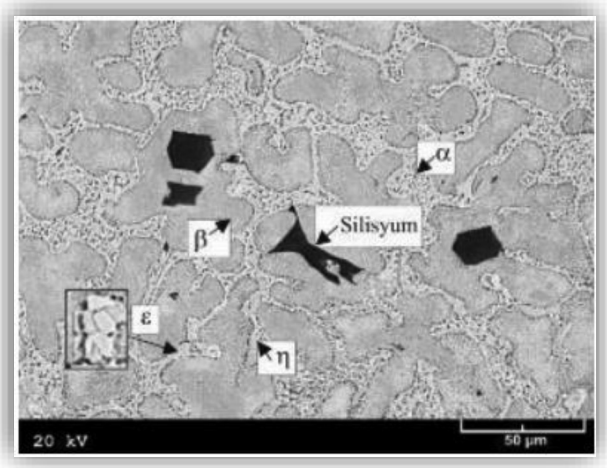
YATAKLAMA ELEMANLARINA UYGULANAN ISIL İŞLEMLER

Yataklama elemanları çalışma pozisyonları ve şartları nedeniyle istenilen aşınma dayanımına ve yorulma dayanımına ulaşabilmek için ısıl işleme tabii tutulmaktadır. Yüzeyde istenen sürtünmeden kaynaklı aşınmalara karşı koyabilmek için sert bir yapı istenirken ani darbelere karşı sağlıklı çalışabilmesi için iç yapının enerji sönümleyici özellikte olması gerekir. Bu nedenden dolayı yataklama elemanlarına uygulanan ısıl işlemler, iç yapıya ve yüzey yapısına farklı etkiler yapacak şekilde seçilir. Yataklama elemanlarında hangi ısıl işlemin uygulanması gerektiği üretilen malzemeye göre değişmektedir. Kullanılan malzemenin alaşım yapısı ve ısıl işlem görmeden önceki iç yapısının özellikleri ısıl işlem seçiminde farklılıklara neden olmaktadır. Uygulanan ısıl işlemlerin birçoğu benzer sıcaklıklarda olsa da değişen parametreler elde edilecek mekanik özellikleri belirlemektedir. Bu parametreler soğukta ortamı, soğutma hızı, ısıl işlem sıcaklığında bekleme süresi gibi parametrelerce belirlenmektedir. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve soğutma şekli yataklama malzemesinin iç yapısının ve yüzeyinin yapısal özelliklerini belirlemektedir (Rajan vd.; 2011: 49-85).

Gelişen teknolojiyle birlikte yataklama elemanlarında kullanılan bazı geleneksel alaşımların yerine daha iyi mekanik özellikler sergileyebilen alaşımlar tercih edilebilmektedir. Fakat buna rağmen istenilen tüm özellikler elde edilemeyebilir. İşlem görmemiş halde bazı mekanik özellikler üstün performans gösterse de bazıları geleneksel alaşımlara göre daha düşük kalabilmektedir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için de ısıl işlemler uygulanmaktadır. Savaşkan ve Hekimoğlu (2011) tarafından yapılan bir çalışmada; geleneksel yataklama malzemesi olan bronz, pirinç ve dökme demir yerine geliştirilen bakır ve silisyum içeren çinko-alüminyum esaslı alaşımlar için T5 ve T7 ısıl işlemleri uygulanmıştır. Babic vd., (2010) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise çinko-alüminyum esaslı yataklama elamanlarına 370°C'de 3-5 saat çözeltiye alarak ve ardından suda soğutarak ısıl işlem uygulaması yapılmıştır. Altuntaş ve Bostan (2021) tarafından yapılan başka bir çalışmada; Al-Zn-Mg-Cu alaşımlarına yeniden çözeltiye alma ve yeniden yaşlandırma (RRA) ısıl işlemleri uygulanarak yataklama elemanlarındaki performans arttırılmıştır. Menteşe vd., (2019) yaptıkları çalışmada motor braketi parçası olarak kullanılan AlSi10Mg döküm alaşımından üretilen parçaların kesit kalınlıkları ve boyutuna bağlı olarak T6 ısıl işlemi uygulayarak optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Güven ve Çelik (2019) yaptıkları çalışmada otomobil motor parçalarında kullanılan SAE 4340 ıslah çeliğine su verme işlemi ve farklı sıcaklıklarda temperleme tavı uygulayarak yorulma ömrüne ısıl işlemlerin etkilerini araştırmışlardır. Yataklama elemanlarınının malzemelerine uygulana ısıl işlemler üzerine birçok bilimsel çalışma olmasına rağmen konunun teknolojik ve ekonomik önemi açısından araştırmalar devam etmektedir.

ISIL İŞLEMLERİN YÜZEY VE İÇYAPI KARAKTERİSTİĞİNE ETKİSİ

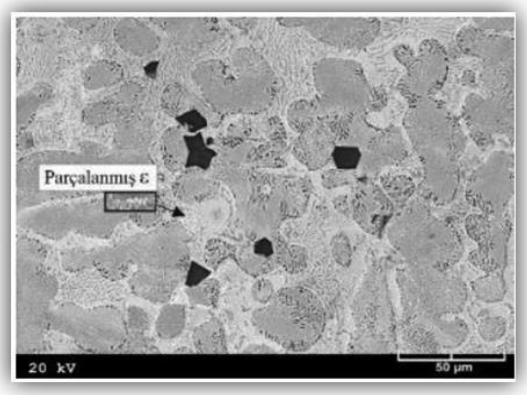
Savaşkan ve Hekimoğlu (2011) tarafından yapılan bir çalışmada Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımından üretilen yataklama elemanına T5 ve T7 ısıl işlemleri uygulanarak parçaların iyileştirilmeleri ve elde edilen sonuçların piyasada yataklama malzemesi olarak kullanılan SAE 660 ile kıyaslaması yapılmıştır. Döküm yapıldıktan sonra Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının mikroyapısının; dendritik β, ötektik β+η, ötektik α + η, ε fazları ve silisyum parçacıklarından oluştuğunu ifade etmişlerdir. Şekil 6'da yapılan çalışmadan elde edilen Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının SEM görüntüsü görülmektedir.



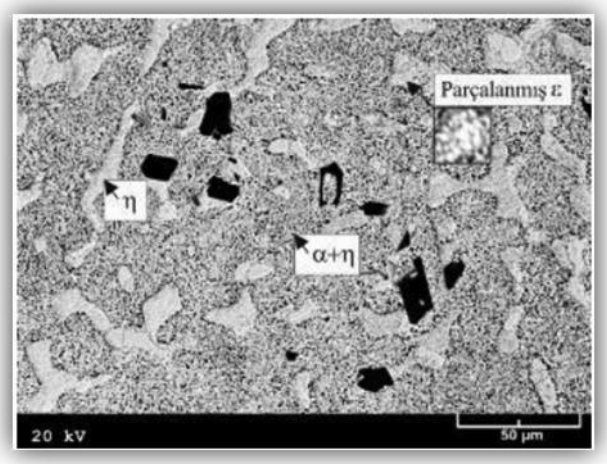
Şekil 6. Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının SEM görüntüsü (Savaşkan ve Hekimoğlu, 2011: 429).

Test numunelerine T5 ısıl işlemi için 150°C'de 50 saat ve T7 ısıl işlemi için 340°C'de 36 saat çözündürme yapıldıktan sonra su vermişlerdir. Isıl işlem yapılan numuneler için ardından 180°C'de 10 saat yaşlandırma işlemi uygulamışlardır. İncelemeler sonucunda; T5 ısıl işlemi sonucunda alaşımda ε fazının parçalanarak küçüldüğünü ve dendritik yapının etkilenmediğini rapor etmişlerdir. Şekil 7'de yapılan çalışma sonucu elde edilen T5 ısıl işlemi sonucu alaşımın mikroyapısı görülmektedir.

T7 ısıl işleminin sonuçları incelendiğinde alaşımdaki dendiritik yapının tamamen kaybolduğu ve ε fazının yine parçalandığı fakat yalnızca boyutunun küçüldüğünü belirtmişlerdir. Şekil 8'de T7 ısıl işlemi sonucu elde edilen mikroyapı görülmektedir. Yaptıkları incelemeler sonucunda her iki ısıl işlemin de yapıdaki silisyumu etkilemediğini açıklamışlarıdır.



Şekil 7. Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının T5 ısıl işlemi sonrası mikroyapısı (Savaşkan ve Hekimoğlu, 2011: 430).



Şekil 8. Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının T7 ısıl işlemi sonrası mikroyapısı (Savaşkan ve Hekimoğlu, 2011: 430).

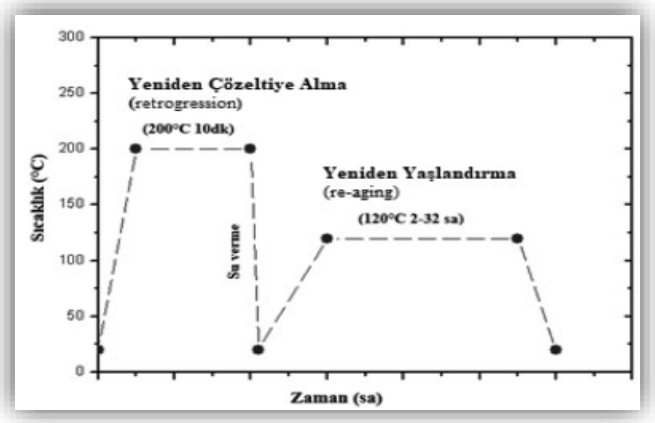
Aynı çalışma içinde uygulanan ısıl işlemler sonucunda mekanik özelliklerin değişimini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçları Tablo 1'de verilen değerler ile açıklamışlardır. Sonuçlara göre ısıl işlemler sonucu Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının yoğunluk, sertlik, çekme dayanımı ve kopma uzamasının azaldığını belirtmişlerdir. Yapılan farklı çalışmalardaki değerlendirmeler incelendiğinde; T5 ısıl işlemi sonucunda mekanik özelliklerde gözlemlenen azalmayı döküm sırasında dengesiz soğumanın oluşturduğu artık gerilmelerin azalması ve metastabil fazların dönüşmesi ile açıklamışlardır. Ayrıca kopma uzamasında T5 ısıl işlemi sonucunda görülen azalmanın ε fazının parçalanarak keskin kenarlı ince parçacıklar oluşturmasından kaynaklandığı belirtmişlerdir. T7 ısıl işlemi sonucunda malzemede elde edilen sertliğin ve mukavemetin düşüşünü ise aşırı yaşlandırma sürecinde gerilmelerin azalması ve tane büyümesi ile açıklamışlardır (Savaşkan ve Hekimoğlu, 2011: 430).

Tablo 1 - Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının ısıl işlem sonucunda elde edilen mekanik özellikler (Savaşkan ve Hekimoğlu, 2011: 430).

Alaşım	**Yoğunluk (kg/m^3)**	**Sertlik (RSD-F)**	**Çekme dayanımı (MPa)**	**Kopma uzaması (%)**
Zn-15Al-3Cu-1Si	5696,70	92	314	1,9
Zn-15Al-3Cu-1Si (T5)	5670,45	82	240	0,8
Zn-15Al-3Cu-1Si (T7)	5677,10	85	295	1,6

Altuntaş ve Bostan (2021) tarafından yapılan bir çalışmada yataklama malzemesi olarak kullanılan daha önceden T651 ısıl işlemi uygulanmış Al-Zn-Mg-Cu (Al 7075) alaşımı kullanılarak, yeniden yaşlandırma ve farklı yeniden çözeltiye alma (RRA) sürelerine bağlı olarak ısıl işlemler sonucunda görülen değişimleri incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarında aynı alaşımdan 6 parça 200 °C'de 10 dakika bekletildikten sonra oda sıcaklığında soğutularak yeniden çözeltiye alma adımı uygulamışlardır. Ardından argon atmosferi korumalı fırında 120 °C'de farklı sürelerde (2-4-8-16-24-32 saat) yeniden yaşlandırma işlemi uygulamışlardır. Şekil 9'da çalışmalarında uyguladıkları RRA

ısıl çevrim diyagramı verilmiştir. Elde edilen numunelerin SEM analizlerini, sertlikleri ölçümlerini, EDS ve maping analizleri ile elementel dağılımlarını incelemişlerdir. XRD analizi ile düzlemler arası mesafe ve gerilim değerleri hesaplamışlardır.

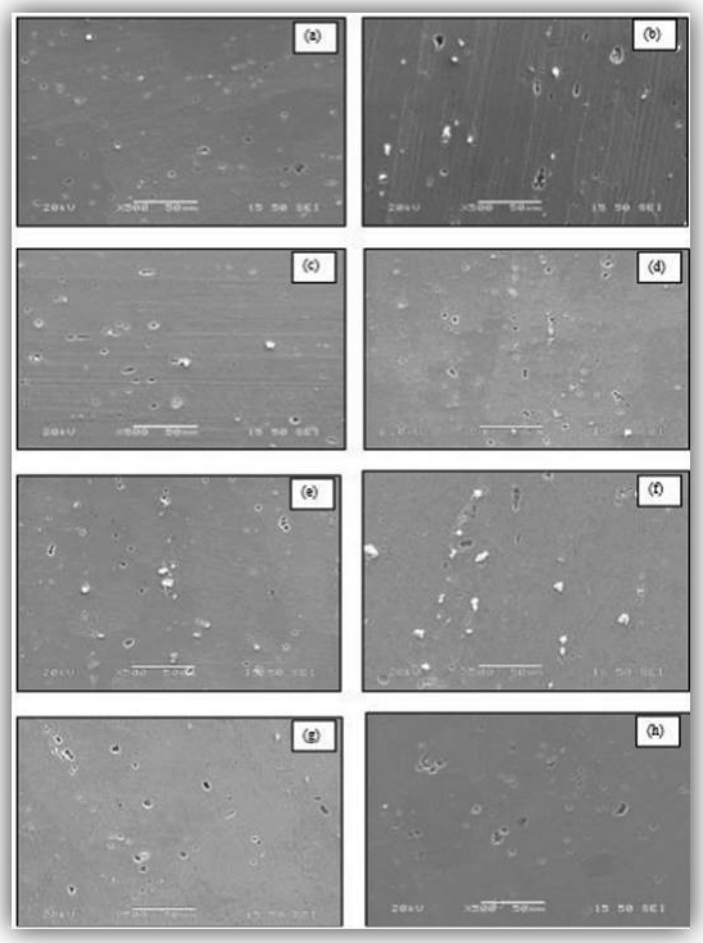


Şekil 9. RRA ısıl çevrim diyagramı (Altuntaş ve Bostan, 2021: 5).

Deneysel çalışmalar sonucunda elde ettikleri sertlik değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Önceden T651 ısıl işlemi uygulanan Al 7075 alaşımının (A) sertlik değerini 255 HV1 ve yeniden çözeltiye alınıp suda soğutulan ve yaşlandırılmayan ilk numunenin (B) sertlik değeri 199 HV1 olarak ölçmüşlerdir. Sertliğin ısıl işlem sonucunda oluşan faz yapısının çözünmesi ile değiştiğini belirtmişlerdir. Yeniden çözeltiye alınıp suda soğutulduktan sonra 120 °C'de yeniden yaşlandırılan numunelerin sertliklerinin 24 saate kadar artmakta ve daha sonra azalmakta olduğunu rapor etmişlerdir. 24 saatten sonra yapının sertliğinin azalmasının aşırı yaşlanmadan dolayı kafes yapısında çarpılmaların azalması ile açıklamışlardır. Şekil 10'da RRA ısıl işlemi sonucunda elde ettikleri numunelerin SEM görüntüleri verilmiştir.

Tablo 2 - Numunelerin sertlik değerleri (Altuntaş ve Bostan, 2021: 5).

	(A)	**(B)**	**2 saat**	**4 saat**	**8 saat**	**16 saat**	**24 saat**	**32 saat**
Sertlik HV1	255	199	220	224	230	241	258	252



Şekil 10. a) A, b) B, c) 2 saat, d) 4 saat, e) 8 saat, f)16 saat, g) 24 saat ve h) 32 saat RRA ısıl işlemi uygulanmış numunelerin SEM görüntüleri (Altuntaş ve Bostan, 2021: 6).

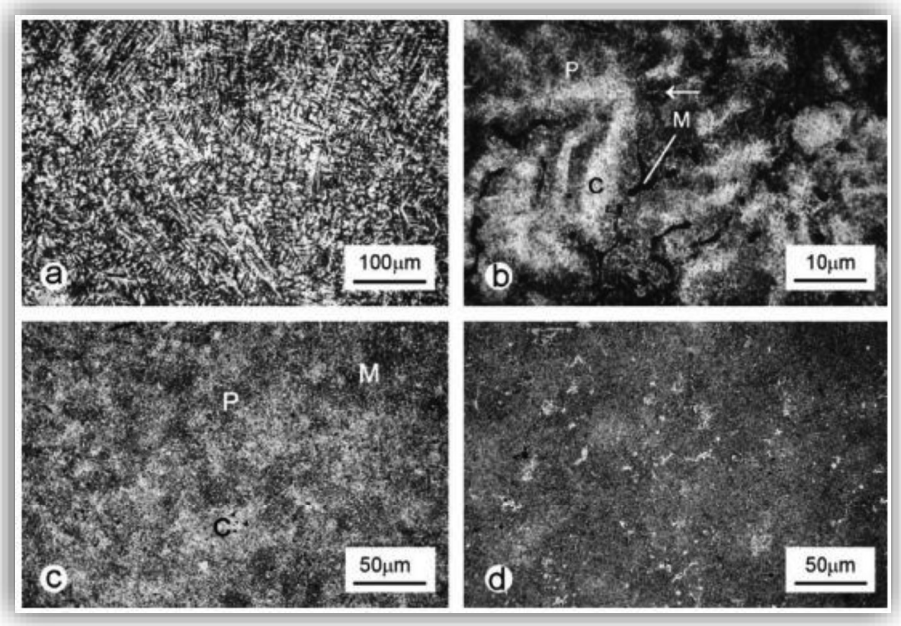
Babic vd., (2010) tarafından yapılan bir çalışmada; yataklama malzemesi olarak kullanılan çinko-alüminyum (ZA-27) alaşımına iki farklı ısıl işlem uygulayarak mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Yapılan ısıl işlemlerde 370 °C'de 3 ve 5 saat çözeltiye alma ve suda soğutma adımları uygulamışlardır. Isıl işlemler sonucunda düşen sertliğe karşın geliştirilen sürtünme özelliğini dendrit yapının yok edilmesi ile açıklamışlardır. Yaptıkları ısıl işlemler sonucunda malzemenin değişen mekanik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Sonuçlara göre; ısıl işlemlerle çekme dayanımının ve sertliğin düştüğünü ancak uzama değerini arttırdığını belirtmişlerdir.

Tablo 3 - Isıl işlem öncesi ve sonrası mekanik özellikler (Babic vd.; 2010: 18).

Alaşım	**Çekme Dayanımı (MPa)**	**Uzama (%)**	**Sertlik (HB)**
ZA-27	318	2.4	138
ZA-27 (3 saat Isıl işlem)	301	5.2	121
ZA-27 (5 saat Isıl işlem)	283	6.4	121

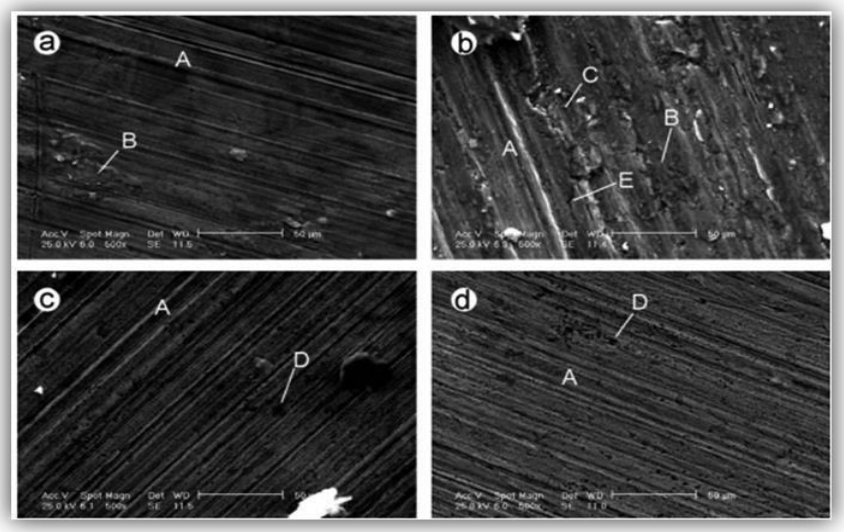
Aynı çalışmada ısıl işlemin mekanik özellikler üzerine etkisini daha iyi anlamak için mikroyapılar da incelenmiştir. Şekil 11 (a) ve (b) görsellerinde ısıl işlem uygulanmamış ZA-27 alaşımının mikroyapısı, Şekil 11 (c)'de 3 saat, Şekil 11 (d)'de 5 saat ısıl işlem uygulanmış numunelerin

mikroyapısı verilmiştir. Isıl işlem uygulanmamış alaşımın mikroyapısında intermetalik bölgelerde α+η ötektoid fazı, kalıntı η fazı ve ε fazı ile çevrili birincil α dendritlerinden oluşan dendritik yapı olduğunu rapor etmişlerdir. Isıl işlem sonrası mikroyapının daha homojen bir hal aldığı belirtmişlerdir.



Şekil 11. (a) ve (b) ZA-27 alaşımı, (c) 3 saat ısıl işlem uygulanmış ve (d) 5 saat ısıl işlem uygulanmış numunelerin mikroyapısı (Babic vd.; 2010: 18).

Babic vd., (2010) çalışmalarında ısıl işlemin aşınmaya etkilerini de incelemişlerdir. Yaptıkları aşınma testleri sonucunda elde edilen aşınma yüzeylerinin SEM görüntüleri Şekil 12'de görülmektedir. Isıl işlem görmüş numunelerin aşınma yüzeylerindeki deformasyonların sığ oluklarla birlikte nispeten pürüzsüz olduğunu, aşınan yüzeylerde herhangi bir aşındırıcı bulaşmadığını belirtmişlerdir. Buna karşın ısıl işlem uygulanmamış alaşımda daha derin oluklar, hasarlar ve lekeler ile birlikte daha pürüzlü aşınmış yüzey oluştuğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 12. (a) ve (b) ısıl işlem uygulanmamış ZA-27 alaşımının, (c) 3 saat (d) 5 saat ısıl işlem uygulanmış alaşımların aşınma yüzeylerinin SEM görüntüleri (Babic vd.; 2010: 20).

GENEL DEĞERLENDİRME

Literatür incelemelerinden elde edilen bulgulara bakıldığında araştırmalarda yataklama elemanları için kullanılan alaşımların ısıl işlem uygulamalarında çeşitlilik olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak yataklama elemanlarına yapılan ısıl işlemler; sertlik, mekanik özellikler ve mikroyapının istenen değerlerde olmasını sağlamak amacıyla, parçaya uygulanan bir dizi ısıtma ve soğutma işlemi olarak verilmiştir. Birçok çalışmada optimum parametreleri elde etmek için farklı ısıl işlem prosesleri ve parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Genel olarak çalışmalardan elde edilenler aşağıda maddeler halinde verilmektedir:

- Uygulanan birçok ısıl işlemde alaşımdaki dendritik yapının ısıl işlem sonucunda parçalanarak azaltıldığı ve yok edildiği belirtilmiştir.
- Isıl işlemler sonucunda çekme dayanımı ve sertlik değerlerinin süre ve sıcaklık parametrelerine göre düşme veya yükselme eğilimde olabileceği belirtilmiştir.
- Isıl işlem prosesinin aşınma özelliğini geliştirildiği vurgulanmıştır. Bunun sebebi; ısıl işlem ile daha ince ve daha düzgün dağılmış mikro bileşenlerin varlığı ve düşük çatlama eğilimi ile açıklanmıştır.

KAYNAKÇA

Altuntaş, G., ve Bostan, B., (2021), Al–Zn–Mg–Cu Alaşımının Kristalografisine RRA Isıl İşlemi Etkilerinin İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 1-1.

Babic, M., Mitrovic, S., ve Jeremic, B. (2010). The influence of heat treatment on the sliding wear behavior of a ZA-27 alloy. *Tribology international*, *43*(1-2), 16-21.

Güven, Ş. Y., ve Çelik, D. (2019). SAE 4340 Çeliğinde Isıl İşlem Parametrelerinin Yorulma ve Mikro Yapı Üzerine Etkisi (makale). *Teknik Bilimler Dergisi*, 8(2), 55-61.

https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/08/pistonun-parcalari-kisimlari-yapisal-ozellikleri.html (Erişim Tarihi: 20.04.2022)

https://www.yeniatmaca.com/anayatak#:~:text=Motor%20blo%C4%9Funda%20s%C4%B1ralanm%C4%B1%C5%9F%20halde%20bulunan,krank%20miliyle%20s%C3%BCrekli%20etkile%C5%9Fim%20halindedir (Erişim Tarihi: 20.04.2022)

https://yenmak.com.tr/tr/motor-yatagi (Erişim Tarihi: 20.04.2022)

Işıksoluğu M.A. (2005), Motorlu Araçlar Teknolojisi: Motor Yataklarını Yenileştirme, Milli Eğitim Basımevi, Ankara

Khurmi, R. S., ve Gupta, J. K. (2005). A textbook of machine design. S. Chand publishing

Menteşe, E. B., Aydoğan, F., ve Saklakoğlu, N. (2019) *AlSi10Mg alaşımlı döküm parçalar için ısıl işlem prosesinde optimizasyon çalışmaları*. Tüdoksad Akademi 2.Ulusal Döküm Kongresi.

Myagkov, L. L., Mahkamov, K., Chainov, N. D., ve Makhkamova, I. (2014). Advanced and conventional internal combustion engine materials. In *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance* (pp. 370-408). Woodhead Publishing.

Rajan, T. S., Sharma, C. P., ve Sharma, A. K. (2011). Heat treatment: principles and techniques. PHI Learning Pvt. Ltd.)

Savaşkan, T., ve Hekimoğlu, A. P. (2019), T5 ve T7 Isıl işlemlerinin Zn-15Al-3Cu-1Si alaşımının yağlı çalışma koşullarındaki sürtünme ve aşınma özelliklerine etkilerinin incelenmesi. SETSCI Conference Proceedings, 4 (1): 427-433.

Totten, G. E. (Ed.). (2006). *Steel heat treatment: metallurgy and technologies*. CRC press.