

**Alüminyum Basıncı Döküm Parçalarda Poroziteler  
Ve Sızdırmazlık İlişkisi**

Şubat 2021, İstanbul

**TRI Metalurji A.Ş.**

Bu bilgi notu TRI Metalurji A.Ş. tarafından hazırlanmıştır. Kaynak gösterilerek kullanılabilir.

**TRI Metalurji Anonim Şirketi**

YEDPA Ticaret Merkezi  
H2. P2. No:74-75  
Ataşehir-İstanbul, TR

[www.trimetalurji.com](http://www.trimetalurji.com)  
[info@trimetalurji.com](mailto:info@trimetalurji.com)

## Giriş

Yüksek basınçlı döküm ile üretilen alüminyum (Al-Si Alaşımı) parçalar özellikle otomotiv endüstrisinde kullanılmaktadır. Basınçlı döküm, kompleks şekilli parçaların çok sayıda üretilmesi gerektiği durumlarda ekonomik ve teknik değerlendirme ortak olarak ele alındığında bugün için alternatifi olmayan bir üretim yöntemidir. Elbette ileri döküm yöntemleri ve eklemeli imalat yöntemleri ile benzer şekilde parçalar üretilebilir ancak üretim hızı ve üretim maliyeti basınçlı döküm yönetimini öne çıkartmaktadır.

Önemli avantajların yanında, alüminyum basınçlı döküm üretim yönteminde proses kaynaklı oluşan porozite sorunu vardır ve proseste poroziteyi tamamen ortadan kaldırmak ne yazık ki mümkün değildir. Porozite miktarının düşürülmesi veya parça içerisinde belirli bölgelerde toplanması için çeşitli imkanlar bulunmakta ama tamamen porozitesiz döküm yapma imkanı bulunmamaktadır. Basınçlı döküm prosesinde oluşan poroziteleri hem oluşum tiplerine hem de fiziksel durumlarına ve parça içerisindeki yerlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Sızdırmazlık özelliği açısından değerlendirme yapıldığında üç tip poroziteden söz edilebilir. A. Kapalı, B. Yarı açık ve C. Açık poroziteler.

Sızdırmazlık açısından kritik olanlar açık porozite olarak adlandırılan ve parçanın çalışma yüzeyi ile dış atmosfere açık yüzeyi arasında birbirine bağlanmış ve boylu boyunca devam eden porozitelerdir. Birinci derece emniyet parçaları haricinde, bu tip porozite içeren ve çalışma yeri nedeni ile sızdırma problemi oluşturabilecek (Sıvı veya gaz) parçaların kullanılabilmesi için uygulanacak yöntem malzemelerin uygun bir reçine ile emprenye edilmesi ve açık porozitelerin bu reçine yardımı ile doldurularak kapatılmasıdır.

## Alüminyum Basınçlı Döküm Parçalarda Porozite Oluşumu

Alüminyum parçaların basınçlı dökümünde porozite oluşumuna etki eden faktörler temel olarak malzeme alaşım bileşimi, proses parametreleri ve kalıp-ekipman dizaynidir. Bu değişkenlere bağlı olarak poroziteler oluşmakta ve artmakta/azalmaktadır. Prosesin doğası gereği porozite içermeyen basınçlı döküm mümkün değildir ancak hem malzeme hem de proses parametreleri ve kalıp tasarımında değişiklik yapılarak porozitelerin azaltılması veya belirli bölgelerde kontrollü olarak toplanması mümkün olabilmektedir. Parça içerisindeki porozitelerin oluşumunda özellikle türbülanslı akış, malzeme alaşım bileşimi, döküm sıcaklığı, kalıp tasarımı, soğuma hızı ve dağılımı, sıvı metal kalitesi ve hava / H<sub>2</sub> miktarı önemli rol oynamaktadır. Bu değişkenlere bağlı olarak, farklı tip ve şekillerde poroziteler oluşmaktadır. Mikron altı ölçülerden

milimetre ile ölçülebilecek boyutlarda farklı poroziteler, oluşum sebebine göre tam yuvarlak, eliptik veya tamamen şekilsiz olabilir. Boyutlarına göre poroziteler temel olarak, makro ve mikro poroziteler olarak ikiye ayrılır. 0.5mm üzeri büyüklüğü olan poroziteler makro ve daha küçük olanlar mikro porozite olarak isimlendirilir. Basıncı döküm yöntemi ile üretilen parçalardaki porozitelerin kontrolü mutlaka yapılmalıdır. Burada uluslararası standartlar, endüstri standartları ve meslek odalarının standartları bulunmaktadır. Döküm parçası içerisinde bulunan porozite boyutları, miktarı ve pozisyonların parçaların kullanım alanına göre tespit edilmelidir. Poroziteler malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz etkileyebilir, malzeme yüzey özelliklerini ve görünümlerini değiştirebilir. Bunlara ek olarak bu makalenin konusu olan sızdırma problemlerinin oluşmasına neden olabilir. Parçanın içerisinde boylu boyunca geçen ve birbirine bağlı olan poroziteler mikron altı boyda dahi olsalar, parçaların basınçlı ortamlarda kullanımı, yağ tankı, basınçlı bağlantı parçası, yakıt deposu vb. bağlantı noktalarında, motor kapağı, silindir gömleği, muhafaza olarak kullanımını sınırlandırmakta veya imkansız kılmaktadır. Bu durum hem üretimde hurda miktarının artmasına, maliyetlerin yükselmesine hem de nihai kullanıcı da daha büyük ve kontrolü zor problemlerin oluşmasına neden olabilir. Bu nedenle, bu tip kullanım yerleri olan basınçlı döküm parçalar farklı birkaç yaklaşım ile metal emprenye prosesinden geçirilir ve parçaların bir kısmında sızdırmazlık özelliklerinin sağlanması mümkün olabilir.

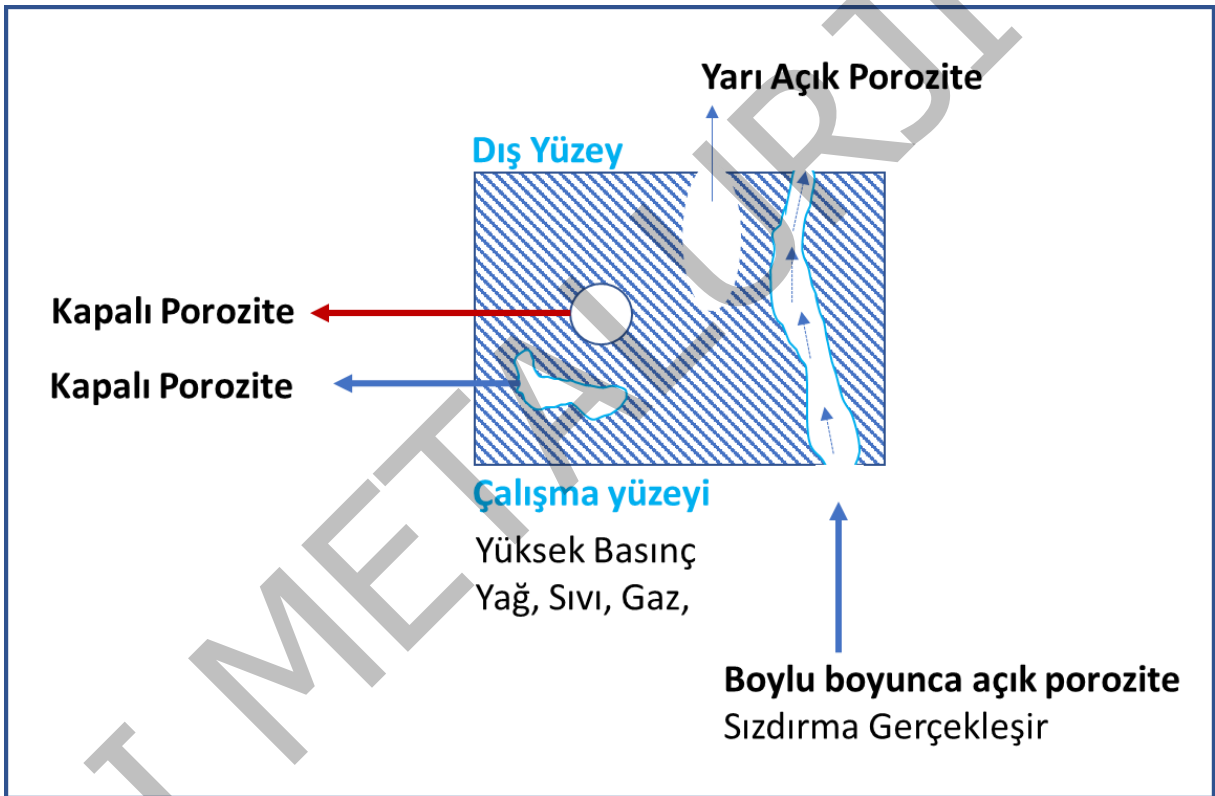
### **Alüminyum Döküm Parçaların Emprenye Edilmesi**

Emprenye konusu daha çok orman ve tekstil ürünlerinde kullanılan bir proses olarak bilinmektedir. Ancak metalik malzemelerin de emprenye edilmesi söz konusudur. Elbette orman ürünlerinde veya tekstilde olduğu gibi bir reçinenin tüm yüzey tarafından emilimi söz konusu değildir. Ancak teknik olarak burada da sıcaklık ile kürlenmiş ve sertleşen, metil metakrilat esaslı bir reçine kullanılmaktadır. Emprenye prosesinde amaç, parçanın içerisinde boylu boyunca geçen ve her iki yüzeye de açılan porozitelerin (açık porozite) emprenye reçinesi ile dolmasını sağlamak ve sonrasında da kürlenme ile termoset esaslı reçinenin katılaşması ile bulunduğu bölgedeki porozitenin belirli bölgelerde veya porozitenin tamamında kapatılmasının sağlanmasıdır. Bu sayede parça içerisinde boylu boyunca geçen poroziteler, yarı açık porozite şekline dönüşecek ve parçanın sızdırmazlık özelliği sağlanması mümkün olacaktır. Elbette parçada bulunacak milimetre açıklığında poroziteler %100 sızdırmazlık sağlanmasını engelleyebilir. Ancak bu poroziteler bile malzeme içerisinde geçerken belirli bölgelere daralıyorsa emprenye prosesi görevini yapabilir. Reçinenin porozite alanlarında tutunması

yüzey gerilimi ve kapiler kuvvetler sayesinde olmaktadır. Bu nedenle emprenye reçinesi parça üzerinde açılmış delik, boşluk, vida yerleri gibi noktalarda tutunmaz. Bazı zamanlarda kılavuz dişleri arasında bir miktar tutunma olabilir ancak bu yıkama ve son kontrol ile temizlenir. Benzer biçimde milimetre boyutunda porozitelerde de emprenye reçinesi tutunamayabilir.

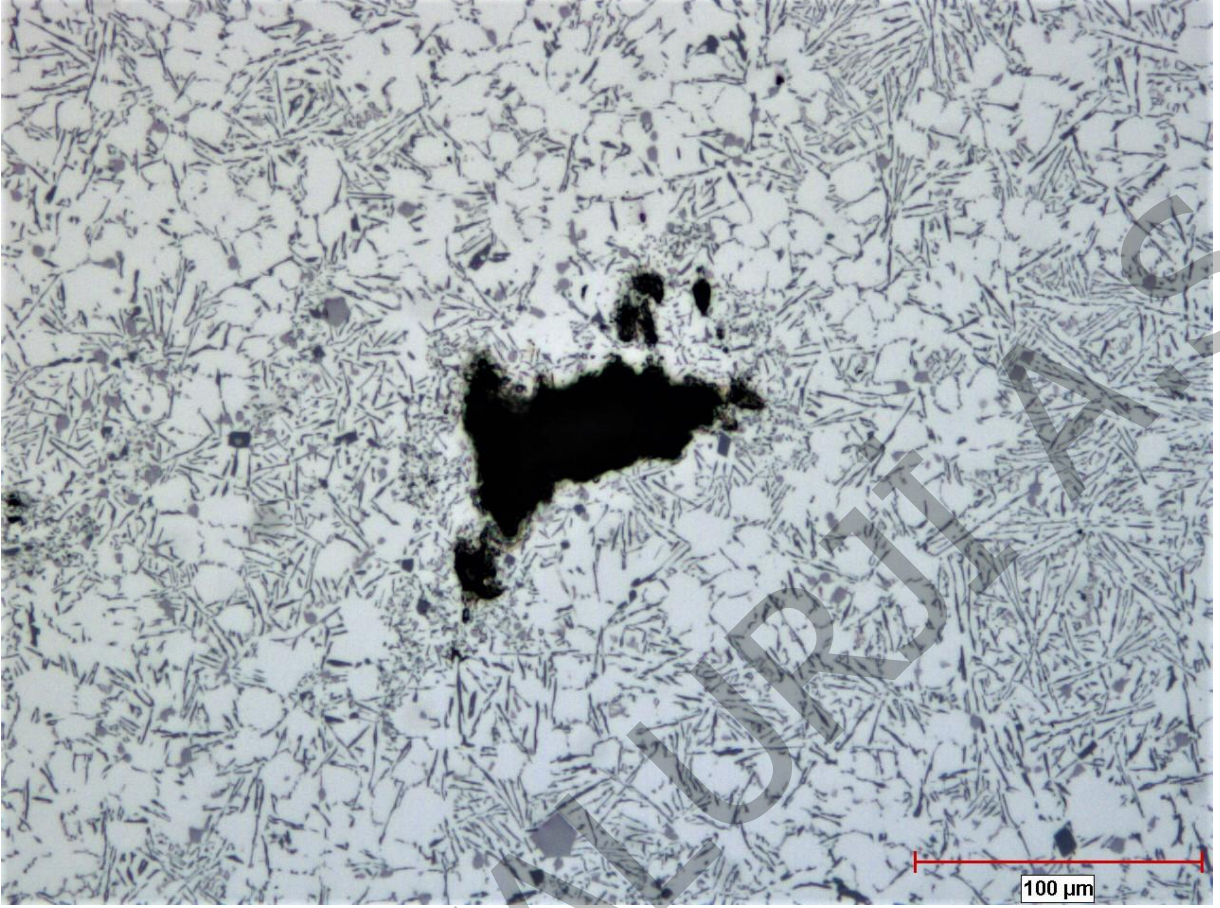
Bu prosesin en önemli dezavantajı aynı şartlarda uygulamanıza rağmen her parçanın %100 sızdırmaz olacağının garantisini verememesidir ki zaten bunu sağlayabilecek bir proses henüz ticari olarak mevcut değildir.

Giriş bölümünde ifade edilen ve parça içerisindeki konumuna göre sınıflandırılmış poroziteler şekil 1’de gösterilmiştir.



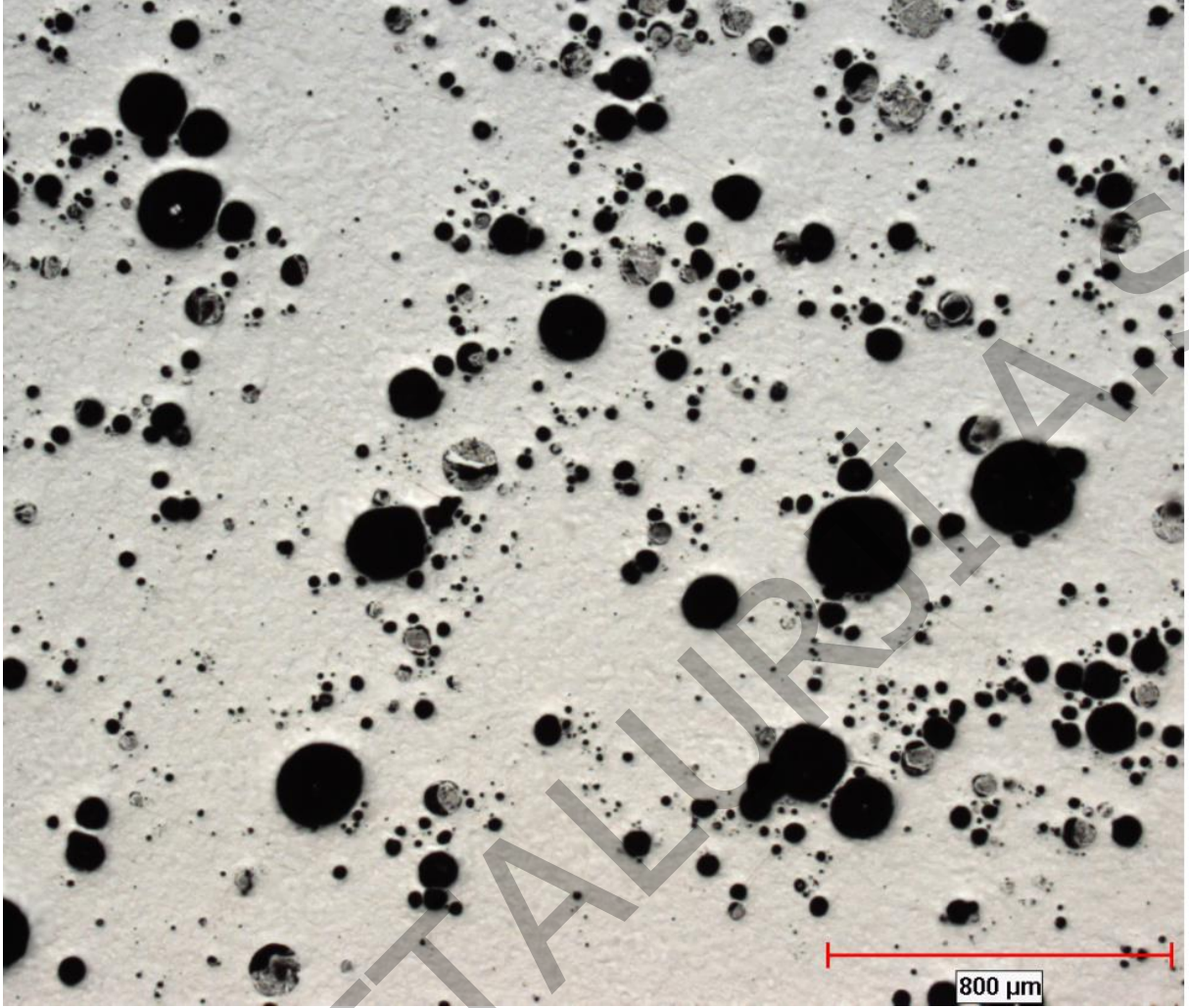
**Şekil 1:** Konumuna göre poroziteler

Poroziteler oluşum kaynağına göre tam yuvarlak, eliptik veya şekilsiz olabilirler. Gaz boşluğu, çekinti boşluğu ve proses kaynaklı porozite şekilleri farklıdır. Şekil 2’de alüminyum basınçlı döküm parçada karşılaşılan ve porozite içeren bir malzeme mikroyapısı gösterilmiştir. Şekil 3’te ise yoğun Porozite içeren başka bir malzemenin mikroyapı fotoğrafı görülebilir.



**Şekil 2:** Basınçlı döküm parça mikro yapısı (Bu mikroyapı fotoğrafının tüm hakları TRI Metalurji A.Ş. 'ye aittir)





**Şekil 3:** Zamak dökümde gaz poroziteleri (Bu mikroyapı fotoğraflarının tüm hakları TRI Metalurji A.Ş.'ye aittir)

porozitelerin sınıflandırılmasında,

1. Görsel inceleme
2. Metalografik inceleme
3. X-Ray ve X-Ray CT
4. Ultrasonik Muayene
5. Yoğunluk Testi

gibi farklı teknikler kullanılabilir. İncelenen porozitelerin cinsine ve malzemenin kullanım alanına göre farklı tekniklerin bir arada kullanımı veya diğerlerine göre daha detaylı ve kantitatif sonuç veren yöntemlerin kullanılması gerekebilir. İnceleme yöntemleri ve sonuçların değerlendirilmesi konusu ayrı bir makale olarak kullanıcıların dikkatine Mayıs 2021'de sunulacaktır.

**TRI Metalurji Anonim Şirketi**

YEDPA Ticaret Merkezi  
H2. P2. No:74-75  
Ataşehir-İstanbul, TR

[www.trimetalurji.com](http://www.trimetalurji.com)  
[info@trimetalurji.com](mailto:info@trimetalurji.com)

Şekil 1’de görülen poroziteler sınıflandırıldığına;

**Kapalı Poroziteler:** Parçanın içerisinde tamamen kapalı durumda oldukları için sızdırmazlık açısından herhangi bir sorun teşkil etmezler. Ancak miktarları, yerleri ve birbirlerine olan uzaklıkları dikkatli şekilde değerlendirilmelidir. Parçanın mekanik özelliklerine negatif etkileri vardır, yük altında parçaların beklenen ve ölçülen değerlerden daha kolay kırılmasına neden olabilirler. Emprenye prosesinde reçine ile temas etmezler.

**Yarı Açık Poroziteler:** Bir tarafından parça yüzeyine açık olan porozitelerdir. Ancak diğer ucu kapalı olduğu için sızdırmazlık özelinde bir zararları yoktur. Ancak parçanın yüzey özelliklerine, görsel özelliklerine ve buldukları yer ve sıklığa göre parçanın mekanik özelliklerine negatif etkileri vardır. Emprenye prosesinde reçine ile temas eder ve porozitelerin içi reçine ile dolar fakat bunun emprenye prosesine olumlu bir etkisi yoktur. Sadece reçine sarfiyatının artmasına neden olur.

**Açık Poroziteler (Boydan boya):** Parçayı tüm et kalınlığı boyunca birleştiren, bir veya birleşik bir çok porozitenin oluşturduğu bir büyük porozitedir ve parçayı boylu boyunca geçtiği için açık porozite olarak adlandırılır. Çok sayıda mikro porozitenin birleşmesi sonucunda oluşan bir hat olabileceği gibi, makro ve mikro porozitelerin birleşmesi sonucunda da oluşabilir. Bu tip açık poroziteler, basınçlı döküm ile üretilen parçaların basınç altında uygulanan sızdırma testlerinden geçememesine veya kullanım alanına göre, montaj sonrasında proses hatası, gaz veya sıvı kaçağı gibi sorunların oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle basınçlı ortamlarda çalışan parçalarda, açık poroziteler kullanılan parçanın görevini yapmasını engeller veya kullanım ömrünü çok kısaltır. Üretilen parçalar, kullanım alanına göre belirli bir yüzde değeri ile veya gerekli ise %100 kontrol ile sızdırmazlık testine tabi tutulur. Bazı durumlarda işletmeler üretim sonrasında tüm parçaları metal emprenye prosesine almakta ve sonrasında %100 kontrol yapmaktadır. Emprenye prosesinde, emprenye reçinesinin bu poroziteleri, en az bir nokta veya bölgede doldurması ve kütleme sonrasında da sızdırmaz hale getirmesi beklenir. Bazı durumlarda (porozite karakterine göre) tüm porozite de reçine ile dolabilir. Emprenye prosesinin detayları ile ilgili bilgi almak için [info@trimetalurji.com](mailto:info@trimetalurji.com) adresinden bize ulaşabilirsiniz.

## Genel Değerlendirme

Alüminyum basınçlı döküm parçaların kontrolünde en önemli konu porozite miktarı, dağılımı ve karakterizasyonudur. Proses, kalıp, alaşım ve tasarım şartlarının kontrolü ile porozite miktarı azaltılabilir veya kontrollü olarak belirli bölgelere kaydırılabilir ancak porozite oluşumunun sıfırlanması mümkün değildir. Porozitelerin ulusal ve uluslararası standartlar, firma ve organizasyon şartnamelerine göre kontrolü mutlaka yapılmalı ve proses ile ilişkileri çalışılmalıdır.

Parçaların kullanım yerine göre sızdırmazlık taleplerinin olması halinde porozitelerin metal empenye proses ile kapatılması ve parçaların kullanılabilmesi mümkün olabilir. Burada doğru empenye prosesi, doğru ekipman ve doğru proses şartlarının sağlanması empenye prosesinden alınacak verimi arttıracaktır.

TRI Metalurji A.Ş.'de VDG P201-P202, VW Grup Standartları (VW50093-VW50097) ve NADCA standartlarında porozite kontrolü imkânı bulunmaktadır. Ayrıca ilgili şartname ve standartlara uygun olarak basınçlı döküm ile üretilmiş parçalarda porozite analizi (X-Ray CT ve/veya Metalografik), mikroyapı incelemesi ve özellikle hasar durumlarında taramalı elektron mikroskobu incelemesi çalışmaları bünyemizde yürütülmektedir. TRI Metalurji A.Ş. metal empenye proseslerinin tasarımı, iyileştirilmesi ve optimizasyonu konularında da danışmanlık ve mühendislik hizmeti sunmaktadır

TRI Metalurji A.Ş. bünyesinde bu çalışmaların gerçekleştirilmesi için aşağıdaki ekipman ve yazılımlar bulunmaktadır.

- JEOL JSM 6000+ Taramalı Elektron Mikroskobu ve EDS Analiz Ünitesi
- NIKON LV150N Analiz Polarizör Ataçmanlı Optik Mikroskop ve CLEMEX görüntü işleme yazılımı
- SMZ 745T Stereomikroskop
- Emcotest Durascan G5 Sertlik Ölçüm Cihazı
- NIKON XT H 225 X-Ray CT ve Volume Graphics Studio Max 3.3
- Metalografik Numune Hazırlama Ünitesi
- JMATPro Simülasyon Yazılımı (Alaşım Geliştirme ve Alaşım-Malzeme Özellikleri Araştırılması)