

KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR

Tayfun UZUNOVA*)

ÖZET :

Yeni tip bir dökme demir son senelerde dünyanın muhtelif yerlerinde çeşitli endüstri dallarında geniş bir kullanılma sahası bulmuştur.

Bu yeni tip dökme demirinde grafit yaprak şeklinden çok küresel bir şekildedir. Grafitin bu şekli döküm demirine, bazı tatbikat sahalarda çeliğinkine yakın iyi kaliteler sağlar, imalâtındaki kolaylık ve ekonomik avantajları yüzünden bazı sahalarda çelik yerini yakında tutabilecektir.

Türkiye'de küresel grafitli dökme demir ne yazık ki, halen tatminkâr bir şekilde imâl edilmemektedir. Bu makede bu malzemenin metalürjisi hakkında genel bilgiler verilmektedir.

ABSTRACT :

In recent years a new type of cast iron has been widely in use in various industrial plants in different parts of the world.

In this new type of cast iron the graphite is in the form of spheroids rather than flakes. This shape of the graphites gives better qualities to cast irons which approach those of steel in some applications. Because of the ease in its production and economical advantages, it may soon replace steel in certain fields.

Unfortunately spheroidal cast iron has not yet been successfully produced in Turkey. In this article general information about the metallurgy of this material is presented.

1. — Giriş :

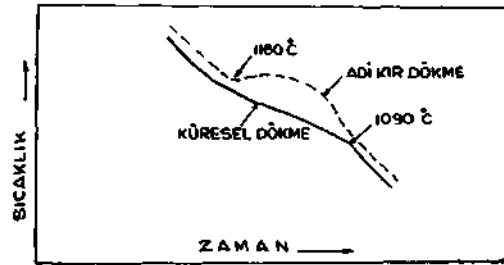
Adî dökme demirlerde, grafit yapraklar halindedir. Bu grafitler yapı içerisinde kolları vasıtasıyla birleşip matrisde bir devamsızlık yaratarak gerilim doğurucu bir rol oynarlar. Metal böylece zayıf ve gevrek olur.

Temper dökme ise daha toplu, grafitlerin tecrit edilmiş şekilleri dolayısıyla yüksek mekanik mukavemet ve uzama verir. Fakat bu grafit şekli çok ısı işlemleri gerektirmektedir, ayrıca da genellikle ince kesitli iş parçalarına uygulanabilmektedir.

Küresel dökmede grafitler küreler halindedir. Bu sıvı kır dökme demire Mg veya Ce metal veya aşımlannın pek az miktarda ilâvesi ile gerçekleştirilir. Küresel dökme demir son yirmi yılda gerçekleştirilmiş iyi evsafli bir malzeme olup, yüksek çekme ve akma mukavemetli, elâstisite modüllü, yüksek uzama ve kolay işlenebilme kaabiliyetli ve korrozyona mukavimdir. Ayrıca iş parçası boyut ve kesitleri için bir sınırlama yoktur. Bir çok yerlerde, kır dökme, temper dökme, dövme çelik ve demir olmayan alışımların yerini tutmaya başlamıştır.

2. — Küresel Grafitin Teşekkülü :

Grafitlerin küresel olarak teşekkülü bu gün tam olarak henüz aydınlanmamıştır. Çeşitli hipotezler mevcuttur. Bizim için soğuma eğrilerinden hareket etmek en makûl yol olarak görülmektedir. (Şekil : 1) de küresel ve



Şekil 1 : — Küresel Grafitli Dökme ve Kır Dökme Demirin soğuma eğrileri

kır dökme demirlerin soğuma eğrileri verilmiştir. Küresel dökme demirde bir sıcaklık aralığı vardır, halbuki kır dökme durak noktasına sahiptir. Küresel dökmede, kristalleşmeyi durduran bir tutuklu olması icap etmekte ve sıvının dışarı verdiği ısı, kristalleşme

*) Metalürji Yük. Müh.

ısı tarafından tamamen giderilememektedir. Bu tutukluğu izah için iki düşünce şekli vardır : Birincisi : önce ostenit dendritleri ayrışmakta, bundan sonra bunların içerisinde küresel grafitler meydana gelmektedir.

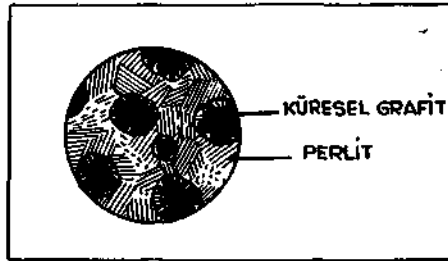
Büyüme için lüzumlu karbon, ostenit katı çözeltilisinden dışarı yayılmak suretiyle grafit billurlarına geçmektedir. İkincisi : grafit küreler sıvıdan teşekkül etmekte, bir süre sonra üzerleri ostenit kabuğu ile sarılmaktadır. Bu esnada bir taraftan birinci ayrılmış ostenit dendritleri üzerleri sarılı veya sarılmamış grafit kürelerinin irileşmesine, diğer taraftan ikinci dereceden sıvının karbon derişmesini daha yüksek karbon miktarına doğru kaydırmaktadır. [3].*)

Grafitlerin küreleşmesi kükürt azalması veya grafit çekirdeklerinin yüzey gerilimlerinin yükselmesi veya magnezyum atomlarının grafit kafesleri arasına girerek, grafit düzlemlerinin yayılmasını önliyerek vuku bulunduğu düşünülebilir.

3. — Mikro Yapı :

Küresel dökme demirlerde, bütün yapı bileşenlerinden, malzemenin kullanılış yerlerine göre, bir veya birkaçını bulmak mümkündür.

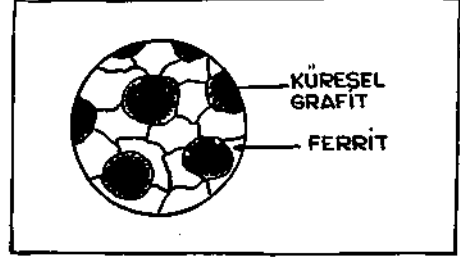
3. 1 — Perlitik Küresel Dökme : Adı kimyasal bileşimlerin normal şartlarda, kesit kalınlıkları 50 mm'ye kadar olan iş parçalarında gösterdiği yapıdır. Malzeme sert ve kuvvetli olup adı kır dökmenin iki misli çekme mukavemetine sahiptir. (Şekil : 2)



Şekil 2 : — Perlitik Küresel Dökme Demir

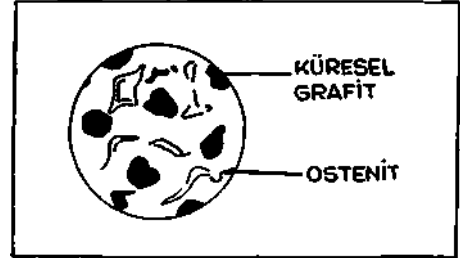
3. 2 — Ferritik Küresel Dökme : Ferrit matrisli küresel dökme demir yapmak için üç yol mevcuttur. Birincisi, dökme demirin ağırlığına göre % 0.20 magnezyum karbür alaşımı kullanmak, ikincisi, perlitik dökme demiri tavlama, üçüncüsü, sıvı demirin katılaşmasını çok yavaş bir şekilde gerçekleştirmek. Elde edilen küresel dökme demir çok yüksek uzama kabiliyetine sahiptir. (Şekil 5).

*) Köseli parantez içindeki rakamlar yazının sonunda verilen referanslara işaret etmektedir.



Şekil 3 : — Ferritik Küresel Dökme Demir

3. 3 — Ostenitik Küresel Dökme : % 35 kadar Ni ihtiva eder ve küresel Ni - Resist adını alır. Korrozyona mukavim olup yüksek mekanik mukavemeti mevcuttur. Grafitler bir miktar küresel şekillerini kaybederler. Matris ostenit ve pek az da perlitden meydana gelmiştir. (Şekil : 4).



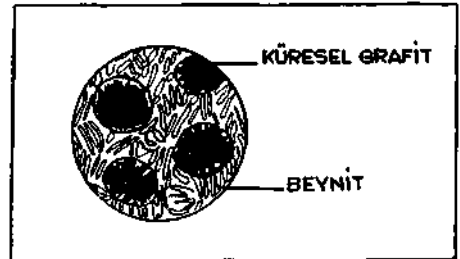
Şekil 4 : — Ostenitik Küresel Dökme Demir

3. 4 — İğneli Küresel Dökme : Diğer demir alaşımları gibi su verme ve temperleme ile küresel dökme demirin yapısı değiştirilebilir. Elde edilen yapı bey nitik matris içerisinde küresel grafitlerdir.

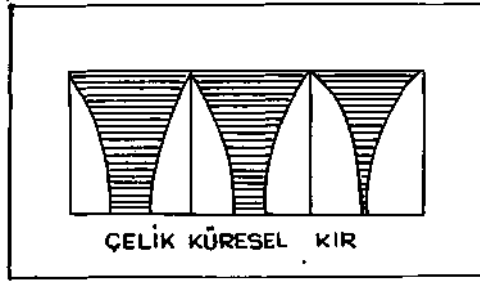
İğneli küresel dökme demirin yüksek mekanik mukavemeti ve sertliği vardır. (Şekil : 5)

4. — Küresel Dökme Demirin özellikleri :

Küresel dökmenin özellikleri çelik ile dökme demirler arasında yer alır ; Mekanik özellikler yönünden çeliğe benzerken, kimyasal ve fiziksel özellikleri dökme demirlere yaklaşıp. Bu sebepten geniş kullanılma sahaları bulur.



Şekil 5 : — İğneli Küresel Dökme Demir



Şekil 6 : — Çelik, Küresel Dökme, ve Kır Dökme Demirin Titreşim Söndürme Kaabilyetlerinin karşılaştırılması [5]

4. 1 — Mukavemet : Çekme mukavemeti, tatbik edilen ısı işlem ve alıştırılmaya göre 40 kg/mm² ile 100 kg/mm² arasında değişir. Uzama/gerilme diyagramı, adı dökme demirlerden ayrılarak, Qellginkine benzer.

Akma noktası temper dökme demirinden çok fazladır. Bu sebepten küresel dökme demirler çok ağır yükleri kalıcı bir deformasyon olmadan taşıyabilirler. Tablo : 1 de çeşitli küresel dökme demirler ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Küresel dökme demirlerin elastisite modülleri de oldukça yüksektir. Perlitik ve ferritik olanların 1, 75x10¹⁰4 kg/mm², yüksek alaşımlı ostenitik olanların ise 1,0x10¹⁰4 kg/mm² civarındadır. Tablo : 1

4. 2 — Yorulma Direnci : Yorulma mukavemetinin, çekme mukavemetine oranı olarak tarif edilen, dayanma (tahammül) oranı dövme karbonlu çeliklerden yüksektir. Ayrıca gerilim derişme faktörü çelikten düşük olduğu için, bilhassa şaft imaline elverişlidir. Tablo : 2 de, kır dökme ve dövme karbonlu çelik ile bu değerlerin mukayesesi verilmiştir.

Küresel Dökme Demir Çeşidi	Çekme Mukavemeti (kg/mm ²)	Akma Sımn (kg/mm ²)	Uzama (%)	Sertlik (kg/mm ²)
Perlitik	62 — 76	45 — 55	2 — 4	240 — 280
Yağda Su Verilmiş (850°C) Temperlenmiş (350°C)	84 — 92	71 — 84	1 — 2	450 — 500
Tavlanmış (850°-900° C 2 - 4 saat) Ferritik (650° - 700°C 6 - 8 saat)	38 — 54	30 — 38	15 — 25	140 — 180
İğneli {% 3 Ni, % 1 Mo}	68 — 86	60 — 68	2 — 3	280 — 360
Ostenitik (% 22 Ni)	38 — 46	22 — 29	10 — 27	140 — 200

Tablo 1 : — Küresel Grafitli Dökme Demirin Mekanik Özellikleri [1]

M a l z e m e	Çekme Mukavemeti (kg/mm ²)	Yorulma Mukavemeti		Dayanma Oranı (Çentiksiz)	Gerilim Derişme Faktörü
		Çentiksiz (kg/mm ²)	Çentikli (kg/mm ²)		
Kır Dökme Demir	31,5	12,6	9,5	0,40	1,3
Küresel Dökme Demir (900°C Su Ver. 500°C Tav)	63,0	28,3	18,9	0,45	1,5
Küresel Dökme Demir	94,5	34,6	21,3	0,34	1,6
Dövme Karbon Çeliği	55,1	25,2	12,6	0,45	2,0

Tablo 2 : — Küresel Grafit Dökme Yorulma Mukavemetinin Kır Dökme Demir ve Dövme Çelikle Mukayesesi

4. 8 — Aşınma Direnci : Aşınmaya direnç dökme demirlerin genel karakteristiğidir. Küresel dökmenin de aşınma direnci oldukça yüksektir. Dinamik ve statik yükler altında gelişigüzel dağılmış gerilimlere karşı küresel dökme çok iyi mukavemet gösterir. Bu sebepten bilhassa dişli imâlinde bir çok yerlerde çeliğin yerini tutmağa başlamıştır.

4. 4 — Titreşim Söndürme : Grafitlerin küresel halde bulunması kır dökmeye nazaran bu kabiliyetini azaltmasına rağmen yine de çeliğe nazaran daha iyidir. Şekil : 6 da, kır dökme, çelik ve küresel dökmenin titreşim söndürme kabiliyetleri karşılaştırılmıştır. Şekil : 3

4. 5 — Termik Şok : Kır dökme demir, termik şoklar altında hemen kırılır. Küresel dökme demir ise termik şoklara gayet mukavimdir. Anı sıcaklık tesiriyle küresel dökme çatlayabilir ve bu çatlama iş parçasının içerisine doğru üerleyebilir. Ancak mühendislik de pek iyi bilinen bir şey de, ilerliyen bir çatlağı durdurmak için, çatlağın ilerlemiş ucuna delik açmaktır. Eğer çatlak ilerlemek istiyorsa yeni bir başlangıç noktası bulması lâzımdır. Küresel dökmede aynı vazifeyi, yapı içerisinde adeta birer boşluk olan küresel grafitler görür. Bu sebepten küresel dökme demirler sıcak hadde merdaneleri olarak kullanılış sahası bulurlar.

4. 6 — Korrozyona Direnç : Küresel dökme demir, kır dökmenin gösterdiği korrozyon direncine sahiptir. Deniz suyuna, alkalilere ve zayıf asitlere karşı mukavimdir. Çelikten daha iyi korrozyon direnci ve yüksek mekanik mukavemete sahip olması dolayısıyla bilhassa, petrol ve kimya endüstrisinde ve denizcilikte kullanılır.

5. — Küresel Dökme Demirin İmâli :

Sıvı dökme demire pek az miktarda Mg ve Ce katılırsa grafitler yaprak yerine küresel olarak katılırlar. Mg veya Ce'un sıvı demire ilâve usulü ve reaksiyonlar prensip olarak aynıdır. Bu sebepten sadece Mg ilâvesi ile küresel dökme demir imâlini incelemek yerinde olur.

5. 1 — Ergitme Fırınları ve Kükürt Giderme :

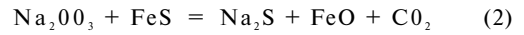
Sıvı demirin kükürt miktarının % 0,02 nin altında olması icap eder. Aksi takdirde Mg'un S'e olan yüksek affinitesinden



reaksiyonu meydana gelir. Eğer S muhteva-

sı % 0,02 nin altında ise Mg, karbür stabilizatör gibi çalışıp, küresel grafit teşekkülüne sebep olur. Genel bir kaide olarak Mg nihai dökme demir analizinde % 0,02 den az ve S de % 0,02 den fazla ise küresel grafit meydana gelemez. Mg pahalı bir metal olduğu için kükürt giderici olarak kullanılmaz. Bu sebepten kükürt miktarı minimum olacak bir sıvı demir elde edilmesi gerekir. Bu gaye ile şartlarda kullanılacak pigler kükürt yüzdesi en düşük olanı tercih edilir.

Ergitme fırınlarının kükürt absorbe edici olmaları istenir. Bu sebepten bazılarında sıcak havalı kupol ocağı, pota veya elektrik fırınları kullanılmalıdır. Fakat duplexing sistemi ile çalışarak ilk ergitme kupolde tutma ve Mg ve açılacağı ilâvesi de elektrik fırınlarında yapılabilir. İlk ergitme fırından alınan sıvı demirin kükürt miktarı, eğer Karabük Çelik Pigleri kullanılırsa % 0,06 nin, Karabük Hematit Pigleri kullanılırsa % 0,5 in üzerinde olmaktadır. O halde, pota veya tutma fırınında bu kükürtün % 0,02 ye indirilmesi lâzımdır. Bu amaçla sıvı demire Na_2CO_3 'ü çimento içerisine karıştırıp, paketler halinde sıvı demire daldırmak suretiyle yapılır. Na_2CO_3 sıvı demir içerisinde uniform yayılarak yavaş erir ve



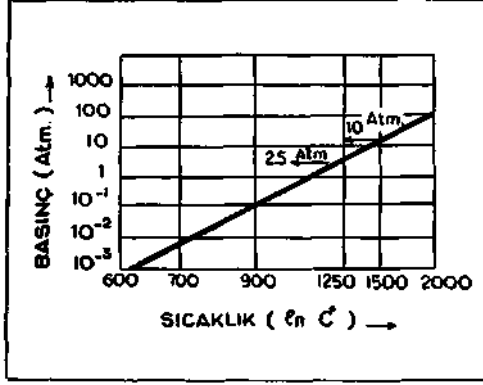
reaksiyonundan çıkan CO_2 gazı tedrici olarak habbecikler halinde yüzeye yükselir.

ilâve edilecek Na_2CO_3 miktarı sıvı demirdeki S miktarına göre formül (2) de hesap edilir. Diğer taraftan sıvı demirdeki Mn'nın kendi yüzdesi kadar kükürt ile birleşeceği unutulmamalıdır. Buna göre Na_2CO_3 miktarında indirme yapılmalıdır.

5. 2 — Magnezyum İlâvesi : Magnezyum ilâvesinden önce sıvı demirin bileşimi aşağıdaki sınırlar içerisinde olmalıdır.

Sıvı demirin ayrıca belirli sıcaklık limitleri dahilinde olması gerekir. Zira alçak sıcaklıklarda (1300°C m altında) bir kısım grafit yaprak halinde teşekkül eder. Yüksek sıcaklıklarda (1450°C in üzerinde) ise ilâve Mg da kayıp çok olur. Bu sebepten sıvı demir sıcaklığının 1350° ile 1450°C arasında tutulması uygun olur.

Mg 1 atmosfer basınçta 650°C da ergiyen ve 1120°C da buharlaşan bir metaldir. Sıvı demire, 1400°C da ilâve edilirken aniden buharlaşacağı aşikârdır. Şekil : 7 de,



Şekil 7 : — Magnezyum metalinin buhar basıncının sıcaklıkla değişimi. (Eucken, Harkman, Schneider.)

Mg un buharlaşma basınç ve sıcaklıkları verilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi sıvı demire 1500 °C da ilâvesi için 10 atmosferlik bir basınca ihtiyaç vardır. Böylece Mg un buharlaşması önlenmiş olur. İlâve, Azot veya Argon veya Hava vasıtasıyla temin edilen basınçlı fırınlarda yapılır.

Magnezyumun eğer Tablo : 3 de verilen ergime ve buharlaşma sıcaklıkları yüksek ağır metallere alaşımı yapılırsa, sıvı demire normal atmosfer basıncında ilâvesi mümkündür. Ancak, aynı buharlaşma problemi yine zuhur eder. Fakat bu kez alaşımlandırma muflu fırınlarda yapılır. Buharlaşan Mg tekrar yoğunlaşır ve alaşıma intikal eder. Bu şekilde bir çok alaşımlar elde edilebilir. Tablo : 4 de bu alaşımlardan birkaçı verilmiştir.

Metal	Ergime Sıcaklığı (°C)	Buharlaşma Sıcaklığı (°C)
Cu	1084	2585
Mn	1244	2152
Si	1414	2630
Ni	1453	3177
Fe	1528	2730

Tablo 3 : — Magnezyum alaşımlarında knHn.min.ii bazı metallerin ergime ve buharlaşma sıcaklıkları.

Alaşı m	Mg (%)	Si (%)	Ni (%)	Fe (%)	Zr (%)
Mg - Ni - Si	12 — 30	10 — 45	35 — 40		
Mg - Si - Fe	7 — 17	53 — 70		Balans	
Mg - Si - Fe - Zr	15 — 30	20 — 45		5 — 35	15 — 30

Tablo 4 : Küresel Dökme Demir imalinde kullanılan bazı alaşımlar

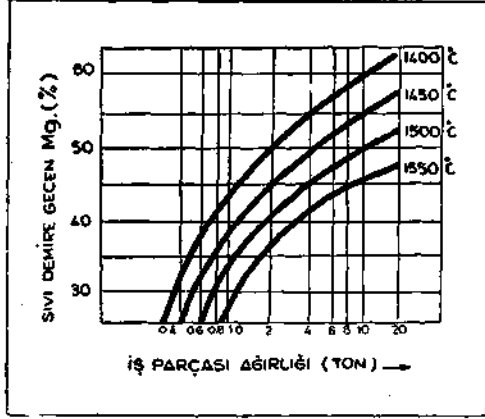
Mg un ilâvesinden hemen sonra % 0,50 - 0,75 miktarında aşılama ilâvesi gerekir. Aşılama magnezyumun karbür yapıcılığını önler ve grafitleşmeyi kolaylaştırır. Aşılama olarak ferro - Silisyum briketleri kullanılır. Aşılama sıvı demirin yüzeyine dökülür, sonra karıştırılır. Aşılama ve Mg alaşımı ilâvesi münavebeli olarak sıvı demir içerisine daldırılan seramik (refrakter) borularla da yapılabilir.

Mg ye aşılama ilâvesinden sonra, Mg cüruf halinde yükselir. Bu miktar, ilk kükürt muhtevası ile ilgilidir. Cürufun dökümün içine girmesini önlemek gerekir. Bu sebepten,

cürufun sıyrılması ilk kademede yapılır. Bundan sonra yolluklarda cüruf önleyici tedbirler alınmalıdır.

5. 3 — Magnezyumun Sıvı Demire Geçmesi : Sıvı demire ilâve edilen Mg un hepsi nihai demir bileşimine intikal etmez. Çalışma şartlarına göre belirli bir yüzdesi buharlaşma ile zayi olur. Diğer taraftan fazla Mg*da karbür yapıcı olarak çalıştığından grafitleşmeyi önler. Bu sebepten sıvı demire ilâve edilecek Mg miktarının iyi bir yaklaşıla bilinmesi gerekir. Sıvı demire geçen Mg miktarı metal sıcaklığı, işlem süresi, kükürt yüzdesi ve iş parçası ağırlığı gibi faktörlere bağlıdır.

İşlem süresi, kükürt yüzdesi ve iş parçası ağırlığı gibi faktörlere bağlıdır. İşlem süresi uzun ve kükürt yüzdesi fazla olursa Mg kaybı fazla olur. Eğer iş parçası ağır ve sıcaklık alçak olursa demire geçen Mg miktarı artar. (Şekil : 8)



Şekil 8 : — Demire geçen Mg yüzdesinin, parça ağırlığı ve sıcaklık ile değişimi. [4]

Pratik olarak, Mg un % 0,08 i kükürdü nötralize etmek, % 0,20 si grafitti küreletirmek için harcanır. Çalışma ihtimamına göre belirli bir yüzdesi de buhar halinde zayı olur.

6. — Isıl işlemler :

Küresel dökme demir bütün ısıl işlem ameliyeleri için uygundur. Gerilim giderme, tavlama, normalizasyon, su verme, temperleme ve mahallî sertleştirmelere tabi tutulabilir.

Gerilim Gider : Bir kaç saat 500-550 °C da tutularak sağlanır. Bilhassa kompleks kesitli iş parçalarına uygulanır.

Tavlama : 1 ilâ 4 saat 850 - 900°C da tutulur. Bundan sonra fırında çok yavaş olarak 650°C'a kadar soğutulur, sonra da oda sıcaklığına bırakılır.

Normalizasyon : 1 ilâ 4 saat 850 - 900°C da tutulur. Sonra 800° C a kadar yavaş soğutulur, arkasından açık havaya bırakılır. Bu işlem ile maksimum akma ve çekme mukavemetlerinin kombinasyonu sağlanır.

Su verme: 1 ilâ 4 saat 850-900°C da tutulur ve sonra ılık yağda su verilir.

Temperleme : Su verildikten sonra arzu edilen özelliklere göre 200 ilâ 600 °C arasında bir süre tutulur.

Yüzey Sertleştirme : Küresel dökme demir kolayca alev ve endüksiyon sertleştirmesine tabi tutulabilir. Parçanın maksimum sertliğe ve bu sertliğin de derin olması için yapının sertleştirme işleminden önce perlitik ve bileşiminin % 1,5-2 Ni ihtiva etmesi gerekir. Yapı perlitik olduğu takdirde yüzey sertliği 600 - 750 Bhn ve derinlik 1-2 mm. olabilir. Eğer yapı ferritik ise su vermeden önce parçayı yüksek sıcaklıkta uzun müddet tutup su vermek lâzımdır.

7. — Küresel Dökme Demirin Kullanılma sahaları :

Küresel dökme bu gün çeşitli endüstri sahalarında uygulanma imkânları bulmuş bir malzeme tipidir. Aşağıda bu kullanılma sahaları ve parça adları verilmiştir.

Madencilik ve Metalürji : Kırıcı gövdeler, Konveyör dirsekleri, Pompa gövdeleri, Alüminyum ve kurşun ergitme potaları, Cüruf potaları, Pres makinaları, Kalıplama dereceleri, Sıcak hadde merdaneleri, v.s.

Makina : Hidrolik presler, Silindirler, Dövme presleri kafa ve silindirleri, Krank presleri dişlileri, Eğme makinaları çerçeveleri, Akslar, Bilûmum dişliler, v.s.

Ziraat : Traktör parçaları, ön tekerlek çataları, Transmisyon kutuları, Pedallar, v.s.

İnşaat : Kreyin parçaları, Beton kanştıncı parçaları, Yol inşaatı makinaları, v.s.

Kimya : Kurutma silindirleri, Valvler, Pompalar, Plâstik ekstrüzyon silindirleri, Plâstik kanştımcılar, Tabii gaz payp - laynları, Rafineri valvları, v.s.

Ulaştırma : Uçak konstrüksiyonu, Diferansiyel dişli kutusu, Volanlar, Dişli Kutuları, Dişli selektör çataları, Tekerlek kalıpları, v.s.

Güç : Kompresör gövde ve kafaları, Gaz türbini kompresör kutuları, Kontrol halkaları, Su türbinleri dökme parçaları, Brülör gövdeleri, Sıcağa mukavim finn parçaları, v.s.

R E F E R A N S L A R

- [1] SG Iron, Properties and Applications International Nickel Mond Co. London, 1967.
- [2] Nodular Graphite Cast Iron Fosco, The International Foundry Service. London, 1957.
- [3] E. Scheil ; Dökme Demirin Billürleşmesi. İ.T.Ü. Makina Fakültesi Teknoloji Kürsüsü. İzmir Matbaası, 1961.
- [4] R.A. Clark ; Magnesium Addition Agents for Ductile Iron. Union Carbide Metals Co. 1961.
- [5] E. Piowarsky ; Hochwertiges Gusseisen ; Springer - Verlag, Berlin, 1961.