

12th International
**Foundry
Congress**

19-21 September / Eylül 2024 Istanbul Expo Center, Istanbul - Türkiye
12. Uluslararası Döküm Kongresi
12th International Foundry Congress



**«Küresel Grafitli Dökme Demir Malzemenin Havayla Söndürme Yöntemiyle
Soğutulmasının Mikroyapı ve Mekanik Dayanım Özelliklerine Etkisinin
İncelenmesi»**

**«Investigation of the Effect of Air Quenching Cooling Method on the Microstructure
and Mechanical Strength Properties of Nodular Cast Iron Material»**

**Cihan Değirmenci & Özgür Aykut & Berkan Sardoğan
(Kardökmak)**

7.Oturum / 7th Session

**Oturum Başkanı / Session Chairman: Erkin KOÇ
(Ay Döküm)**



GİRİŞ

Dökümhanelerde, döküm parçaların boyutsal ve kütleli değerleri büyüdükçe soğutma ortamlarının da geliştirilmesi gerekmektedir. Kullanılacak havuzlar, boyutsal açıdan dökümhanelerde büyük alanlara ihtiyaç duymaktadır. Havuzlar maliyet artışına ve çevre kirliliğine sebep olabilmektedir. Soğutma ortamına bağlı olarak yüksek soğutma hızlı ortamlar parçalarda farklı çatlak türlerine neden olabilmektedir. Bu zorluklar nedeniyle, parçanın fırın arabası üzerinde bir hava koridoruna sokulması düşünölmüş ve uygulaması çalışılmıştır. Çalışma sırasında havanın üç farklı soğutma hızı kullanılmıştır. Östenitleştirme işlemleri sonrası temperleme ısı işlemleri uygulanarak östemperlenmiş K.G.D.D. malzeme üretimi amaçlanmıştır. Farklı hava soğutma hızlarının etkisinde metalografik inceleme ve mekanik dayanım testleri yapılmıştır. Deneysel sonuçlar doğrudusunda hedeflenen malzeme üretilmiştir.

Östemperlenmiş küresel grafitli demir (ADI), küresel sünek demirin bir ailesidir. Tasarım mühendislerine olağanüstü mekanik özellikler sunar. Yüksek mukavemetin mükemmel kombinasyonunu sergiler, süneklik, tokluk, yorulma mukavemeti ve olağanüstü aşınma direncine sahiptir(1). Bu özellikleri nedeniyle çok geniş bir pazara sahip olmuşlardır.

Bu malzemenin üretilmesindeki en önemli zorluk soğutma işlemidir. Soğutma ortamının seçilmesi fiziki ve maliyet açısından önem taşımaktadır. Genel olarak yağ, kimyasal içerikli su, gaz veya güçlendirilmiş hava bu ortamlardan en yaygın olanlarıdır. Ortamlar fabrika ve çevre şartları doğrultusunda seçilebilmesinin yanı sıra üretilen parçanın fiziksel özellikleri de seçimde esastır. Büyük kütleli veya boyutsal olarak büyük parçaların soğutulması büyük zorluklar içermektedir. Sıvı tankı boyutları ve sıvı miktarı gerek maliyet ve gerekse soğutma işleminde homojensizlik bu zorlukların bir kaçıdır. Çevreye atık olarak verilen gaz ve sıvı ise farklı bir kirlilik konusudur.

Soğutma ortamlarının hızı ve homojenliği parçanın mukavemet özelliklerine etki ettiği gibi fiziksel olarak çatlama, yırtılmalar gibi hasarlara da neden olmaktadır. Anlık soğuma ya da yanlış daldırma işlemi parçalarda bu tür sorunlara neden olabilir. Bu hatalar küçük boyutlu ve çoklu daldırma ve soğutma işlemlerinde kontrol altında tutulabilirken (basınç, akış, kimyasal çözelti değişkenleri ile), büyük boyutlu parçalarda taşıma, daldırma ve yetersiz ortam soğutucuları gibi sorunlar nedeniyle yeterli verim alınamayabilir. Bu nedenle kısıtlı çalışma alanlarına sahip ve kütleli olarak büyük parça üreticileri için ürünün fırından çıkar çıkmaz hava ile soğutulması gerekli olabilir.

Bu çalışmada ki amaçta boyutsal ve kütleli olarak büyük parçaların üretilebilirliğinin test edilmesi ve sektörel taleplerin karşılanabilmesidir.

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Malzeme: Bu çalışmada başlangıç mikroyapısı ferritik-perlitik matrise ve yeterli miktarda grafit nodülüne sahip bir K.G.D.D malzeme seçimi düşünülmüştür. Bu seçim doğrultusunda Tablodaki kimyasal içerik belirlenmiştir. İçeriğin belirlenmesinde sektörel ihtiyaçlar ve talepler etkili olmuştur.

Element	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Mo	Mg
% ağırlık	3,50-3,80	0,20-0,50	2,10-2,60	Min.	Min.	0,90-1,30	0,90-1,30	0,20-050	0,03-0,07

Döküm parça ve numune üretimi: Parça 15 ton ağırlıkta, karmaşık bir geometri özelliğine sahip olup, yarım bir fener dişli taslağı olarak planlanmıştır. Döküm parça reçine-kum sisteminde çelik profil derecelerden oluşan bir kalıba dökülmüştür. Numune blokları döküm parça üzerine bitişik pozisyonda belirli açılarda yerleştirilmiştir. Numune boyutlar uluslararası normlara uygun olarak belirlenmiştir

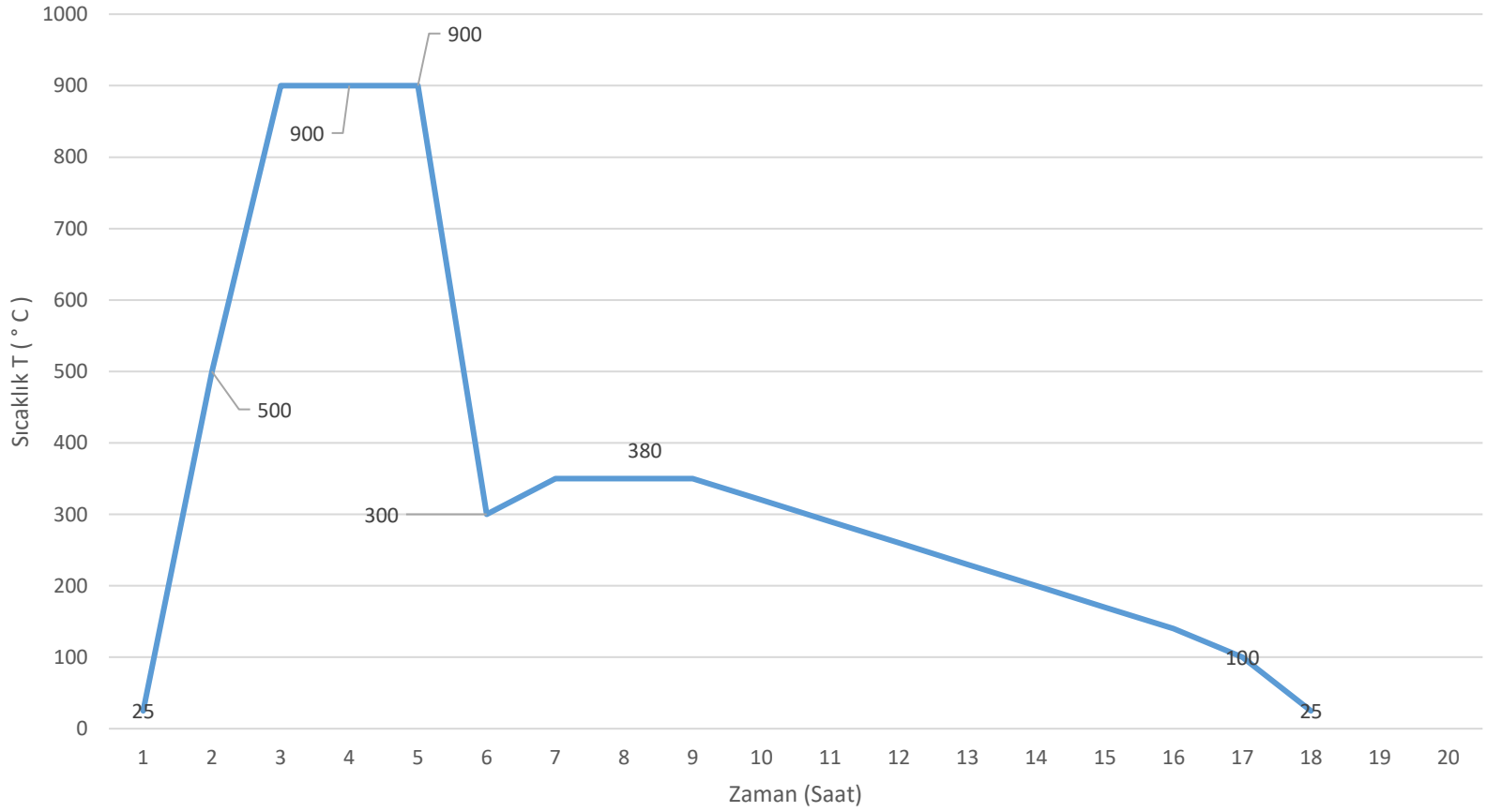
Çalışmada Kullanılan Pik Kompozisyonu

Element	C	Mn	Si	P	S
% ağırlık	3,50-4,50	Max. 0,10	Max. 1,00	Max. 0,050	Max 0,025

Çelik Hurda Kompozisyonu


Element	C	Mn	Si	P	S
% ağırlık	0,075	0,478	0,131	0,017	0,010

Isıl İşlem Çalışması: 8,5x8,5x3 m boyutlarında, arabalı sistemli, gaz yakıt özelliğine sahip ısıtma fırınında gerçekleştirilmiştir. Resim1 de yapılan ısıtma işlemlerinin şematik gösterimi verilmiştir. 50 °C/saat ısıtma hızı ile 900 °C sıcaklığa ulaşılmış ve bu sıcaklıkta parça ile fırın ortam sıcaklığının sağlanması ve parça kalınlığı esas alınarak bekletme işlemi uygulanmıştır. Bekletme işlemi ardından ilk parçada açık havada serbest soğuma, 2. parçada hava koridorunda soğutma (4 adet fan kullanılarak), 3.parçada ise 6 adet fan kullanılan bir hava koridorunda soğutma işlemi 300 °C sıcaklığa kadar uygulanmıştır. Bu işlemler ardından parçalarda 380 °C sıcaklıkta parça boyutları esas alınarak fırında bekletme işlemi uygulanmış ve fırında soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir.(4)



Çalışmada soğutma işleminde kullanılan fanın özellikleri

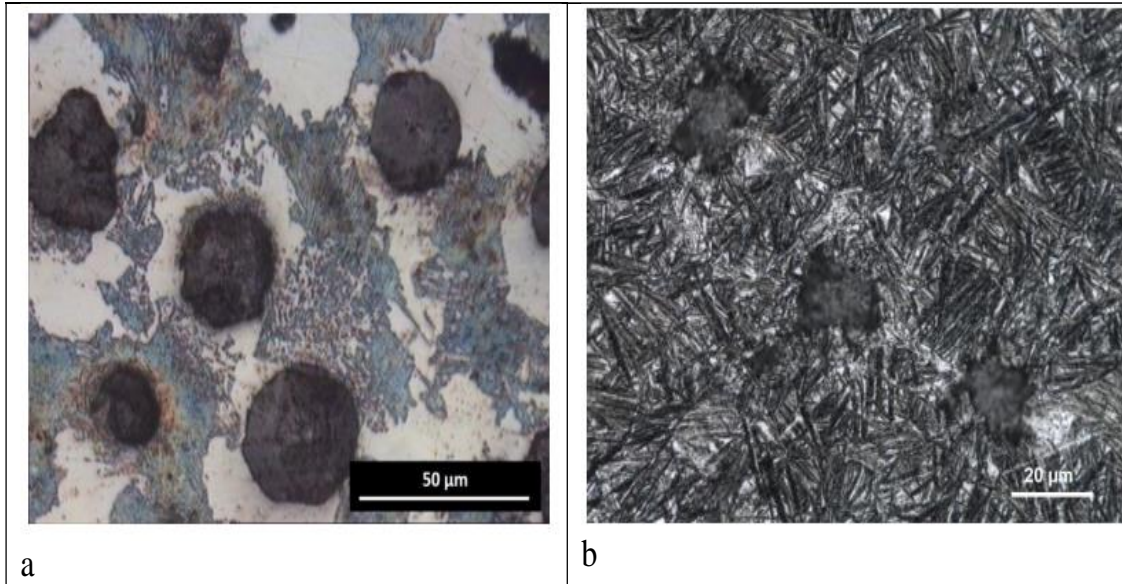
Debi m ³ /h	58000
Basınç mmSS	50
Devir dev/dk	1500
Çap cm	100



Soğuma ve Soğutma ortam ve hızları

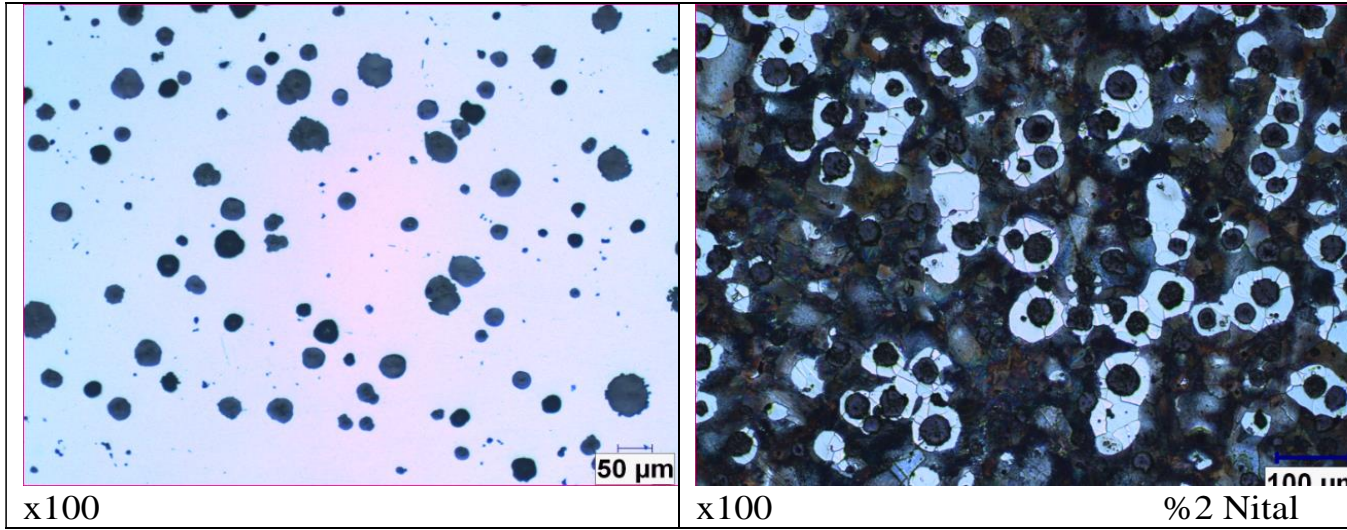
Ortam	Soğuma hızı
Serbest	0,033 °C/saat
Hava koridoru	0,055 °C/saat
Güçlendirilmiş hava koridoru	0,066 °C/saat

Metalografik incelemeler: Referans başlangıç mikroyapısı genel olarak perlit bir matris ve ferritle çevrelenmiş grafitleri içermektedir. Çalışma sonrası final mikroyapı; Ösferrit = Asiküler (beynitik) ferrit+ Kalıntı östenit+ Grafit içermektedir.



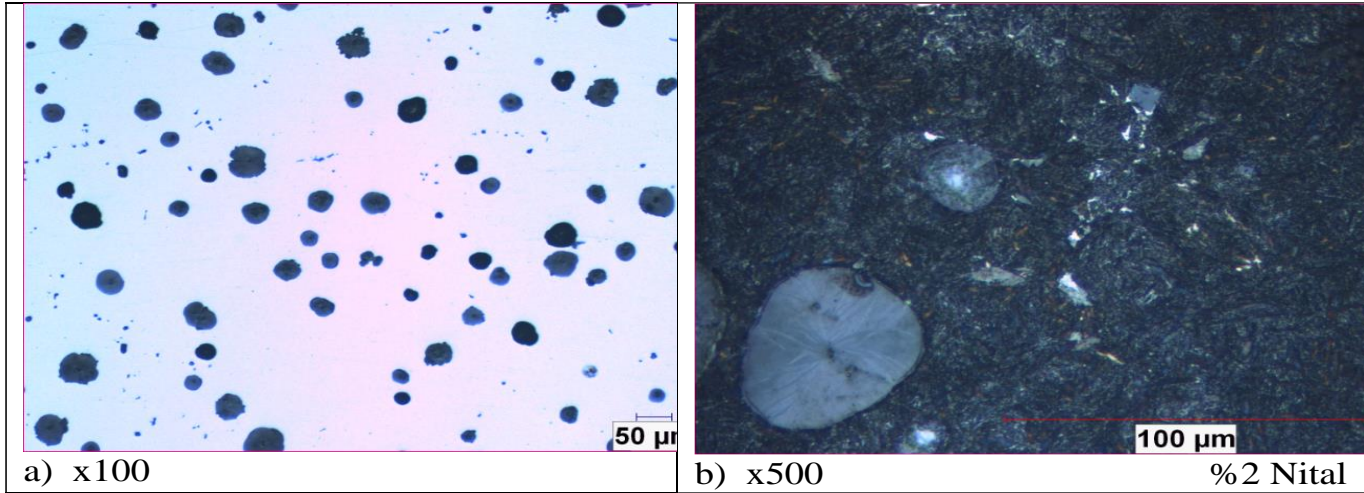
Referans kabul edilen başlangıç ve final mikroyapı.

1. Açık havada serbest soğuma: Döküm parça östenitleme işleme işlemi amacıyla fırın tablası üzerinde fırından çıkarılmış ve serbest soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra temperleme işlemi yapılmıştır. Mikroyapı görüntü Resim de ve image analiz ölçüm sonuçları Tablo. da verilmiştir. Mikro yapı genel olarak perlit bir matris içerdiği gibi grafitlerin çevresi ferrit alanlarıyla çevrelenmiştir.



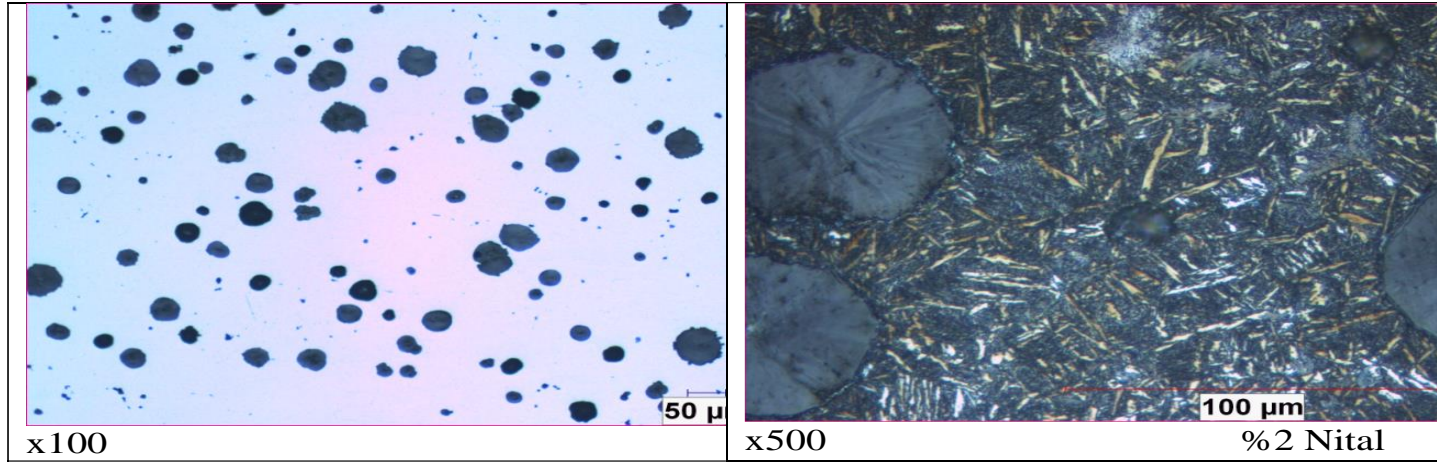
Numune No/Alan no	Grafit/ Matris %	Ferrit/ Perlit+Grafit %	Grafit form No	Grafit size No	Nodülleşme oranı %	Nodül sayısı	Ort. Nodül çapı µm
1	10,075/89,544	15,989/84,011	V-VI	5-6	95	100	32,170

2. Hava koridoru içinde soğutma: Mikroyapı görüntü Resimde ve image analiz ölçüm sonuçları Tablo da verilmiştir. Mikroyapı Perlitik yapının oluşumunun gözlemlendiği ancak yapının genelinde bir homojenlik oluşturmadığı belirlenmiştir. Matris de düşük oranda karbürler tespit edilmiştir.



Numune No/Alan no	Grafit/ Matris %	Ferrit/ Perlit+Grafit %	Grafit form No	Grafit size No	Nodülleşme oranı %	Nodül sayısı	Ort. Nodül çapı µm
1	10,09/ 89,52	3,45 /96,19	V-VI	5-6	95	107	34,49

3.Güçlendirilmiş hava koridorunda soğutma: Resim.5 de dağlanmış mikroyapıda ösferrit yapının homojen bir matris oluşturduğu gözlenmiş olup kalıntı östenit fazının kısmen ve matris içinde dağınık olduğu dikkat çekmiştir.



Numune No/Alan no	Grafit/ Matris %	Ferrit/ Perlit+Grafit %	Grafit form No	Grafit size No	Nodülleşme oranı %	Nodül sayısı	Ort. Nodül çapı µm
1	10,105/89,505	4,91 /95,09	V-VI	5-6	95	106	33,281

Mekanik Dayanım Testleri

Ortam	AKMA Rp.0.2 N/mm ²	ÇEKME Rm N/mm ²	UZAMA %	Sertlik HB
Serbest	579,95	611,46	8,1	196-210
Hava koridoru	660,4	882,94	4,9	270-300
Güçlendir ilmiş hava koridoru	852,71	960,27	2,7	318-337

SONUÇLAR

Yapılan çalışma sonucunda küresel grafitli dökme demire uygulanan östemperleme işleminin malzemenin mikroyapısına ve buna bağlı olarak da mekanik özelliklerine etki ettiği görülmüştür. Soğutma hızının artmasıyla birlikte malzemenin mikroyapısında ferrit + perlit sistemden ösferrit sisteme doğru değişim gösterdiği ve akma ve çekme mukavemetinde de belli bir oranda artış olduğu görülmüştür. Yapılan sertlik testlerinde elde edilen değerler ösferrit yapının parçanın genelinde homojen bir şekilde olduğunu göstermektedir. Referans mikroyapıya yakın sonuçların sağlamış olması ve malzemenin mekanik dayanım değerlerinin uluslararası standartlar içine girmesi (Tablo.10), çalışmanın dökümhanemiz şartlarında başarılı olduğunu göstermiş olmaktadır. Bunun yanı sıra geliştirilmesi gereken mukavemet değerlerinin de mikroyapıya bağlı geliştirilmesi ve çalışılması da gerekmektedir.

Material designation	0,2 % proof strength $R_{p0,2}$ MPa min.	Tensile strength R_m MPa min.			Elongation A % min.		
		Relevant wall thickness in millimetres					
		$t \leq 30$	$30 < t \leq 60$	$60 < t \leq 100$	$t \leq 30$	$30 < t \leq 60$	$60 < t \leq 100$
EN-GJS-800-10C, EN-GJS-800-10C-RT	500	780	740	710	8	5	4
EN-GJS-900-8C	600	880	830	800	7	4	3
EN-GJS-1050-6C	700	1 020	970	940	5	3	2
EN-GJS-1200-3C	850	1 170	1 140	1 110	2	1	1
EN-GJS-1400-1C	1 100	1 360	To be agreed between the manufacturer and the purchaser.				

TS EN 1564 Nisan 2012, bitişik numune mekanik dayanım değerleri

TEŐEKKÜRLER

