اهداف فصل

- آشنایی با انواع چدنها و معیار های انتخاب
- اشنایی با ریخته گری وبهبود خواص
- ....
- ریخته گری به صورت ساده عبارت است جامد شدن یک در مایع در یک قالب خاص تا شکل نهایی بدست اید.

مقدمه

- روش های زیادی برای ریخته گری وجود دارد. چدن ها معمولا در کوره ای مانندشکل 1-15 ذوب می شوند اما روش های دیگری نظیر کوره های الکتریکی، القایی کوره های دوار .... وجود دارد.

- ریخته گری می تواند در قالب ماسه ای ، فلزی، گرافیتی،گچی باشد وریختن می تواند تحت فشارکم یا زیاد وغیره انجام شود. تمام این عوامل می توانند خصوصیات قطعه را تحت تاثیر قرار دهند

Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons

large numbers of castings; some seldom use any. Present-day welding technology allows this choice. Complicated parts can be made as weldments or castings. Economics should be the factor that determines the choice between a casting or a fabrication. Sometimes a quantity of one is sufficient volume to justify the hardware required to go the casting route. Thus every designer should consider the use of castings every time it looks like a part may require extensive shaping by machining or when a cast alloy may offer some property advantages over wrought alloys.

It is the purpose of this chapter to familiarize the designer with the most commonly used casting processes and ferrous casting alloys. The objective is to provide enough information so that the designer can make an intelligent decision on casting technique and alloy if he or she decides to choose casting. The format will be to discuss casting processes and design techniques, and then to focus on the most important casting systems: cast irons and steels. Obviously, nonferrous castings such as aluminum and copper are also important, but these will be discussed in subsequent chapters. The casting process and design information will still apply. This chapter will conclude with a discussion of powder metallurgy, which competes with casting as a fabrication process for small parts.

15.1 Casting Processes

A *casting* is simply a shape achieved by allowing liquid to solidify in a mold. The casting takes the shape of the mold. Many techniques are used to melt metals to make castings. Cast irons are often melted in a *cupola*, as shown in Figure 15–1. Other melting techniques include electric-arc, induction, open-hearth, and reverberatory furnaces; almost any technique may be used to melt a metal for casting. Castings can be made in sand molds, metal molds, *graphite* molds, and plaster molds, by pouring, low-pressure injection,

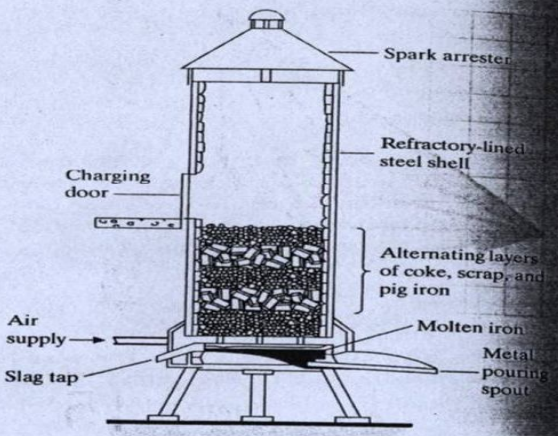
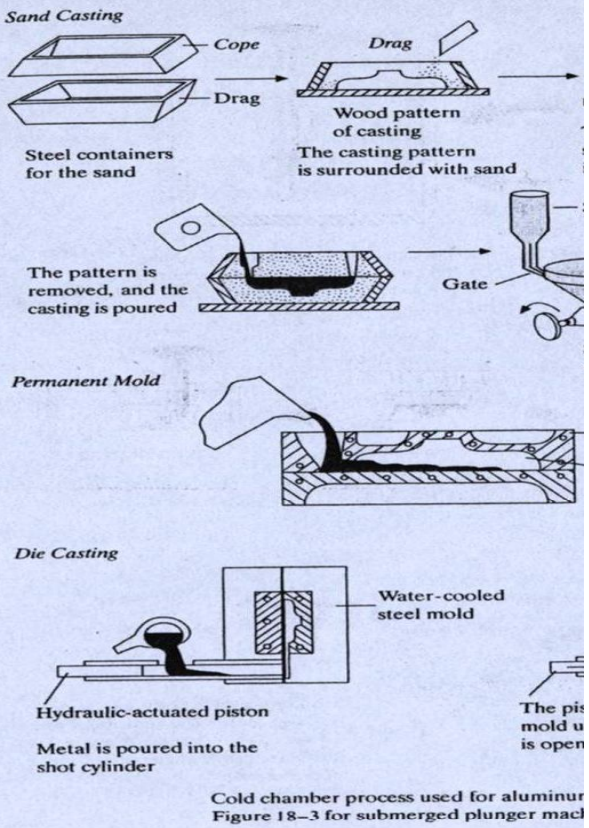


Figure 15–1
Cupola used to melt cast iron

high-pressure injection, spinning, and so on. The casting process can affect a part design, the alloy, the soundness, and even the surface finish. This is why the designer should have a basic knowledge of how each casting process works. Without going into unnecessary detail, the most commonly used casting processes are shown in Figure 15–2.

It is usually the responsibility of the design engineer to select a casting process. A complete casting drawing will show the process and alloy designation, as well as pertinent postcasting treatments. Each process has advantages and disadvantages. Some factors to consider in evaluating a casting process are

1. Tolerance
2. Surface finish
3. Size limitations



Cold chamber process used for aluminur
Figure 18–3 for submerged plunger mach

Figure 15–2
Common casting processes

Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons

numbers of castings; some seldom use any.
nt-day welding technology allows this
e. Complicated parts can be made as weld-
s or castings. Economics should be the fac-
at determines the choice between a casting
abrication. Sometimes a quantity of one is
ient volume to justify the hardware re-
d to go the casting route. Thus every de-
should consider the use of castings every
t looks like a part may require extensive
g by machining or when a cast alloy may
some property advantages over wrought

is the purpose of this chapter to familiar-
e designer with the most commonly used
g processes and ferrous casting alloys. The
ive is to provide enough information so
ne designer can make an intelligent deci-
n casting technique and alloy if he or she
s to choose casting. The format will be to
casting processes and design techniques,
en to focus on the most important casting
s: cast irons and steels. Obviously, nonfer-
stings such as aluminum and copper are
portant, but these will be discussed in
uent chapters. The casting process and
information will still apply. This chapter
nclude with a discussion of powder metal-
which competes with casting as a fabrica-
ocess for small parts.

Casting Processes

g is simply a shape achieved by allowing
to solidify in a mold. The casting takes
pe of the mold. Many techniques are
melt metals to make castings. Cast irons
n melted in a *cupola*, as shown in Figure
ther melting techniques include electric-
uction, open-hearth, and reverberatory
; almost any technique may be used to
etal for casting. Castings can be made in
olds, metal molds, *graphite* molds, and
nolds, by pouring, low-pressure injection,

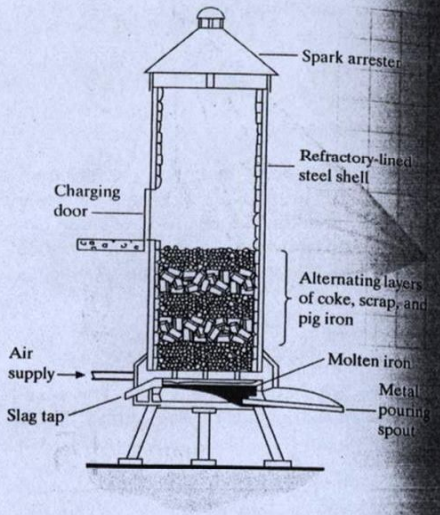


Figure 15–1
Cupola used to melt cast iron

high-pressure injection, spinning, and so on. The casting process can affect a part design, the alloy, the soundness, and even the surface finish. This is why the designer should have a basic knowledge of how each casting process works. Without going into unnecessary detail, the most commonly used casting processes are shown in Figure 15–2.

It is usually the responsibility of the design engineer to select a casting process. A complete casting drawing will show the process and alloy designation, as well as pertinent postcasting treatments. Each process has advantages and disadvantages. Some factors to consider in evaluating a casting process are

1. Tolerance
2. Surface finish
3. Size limitations

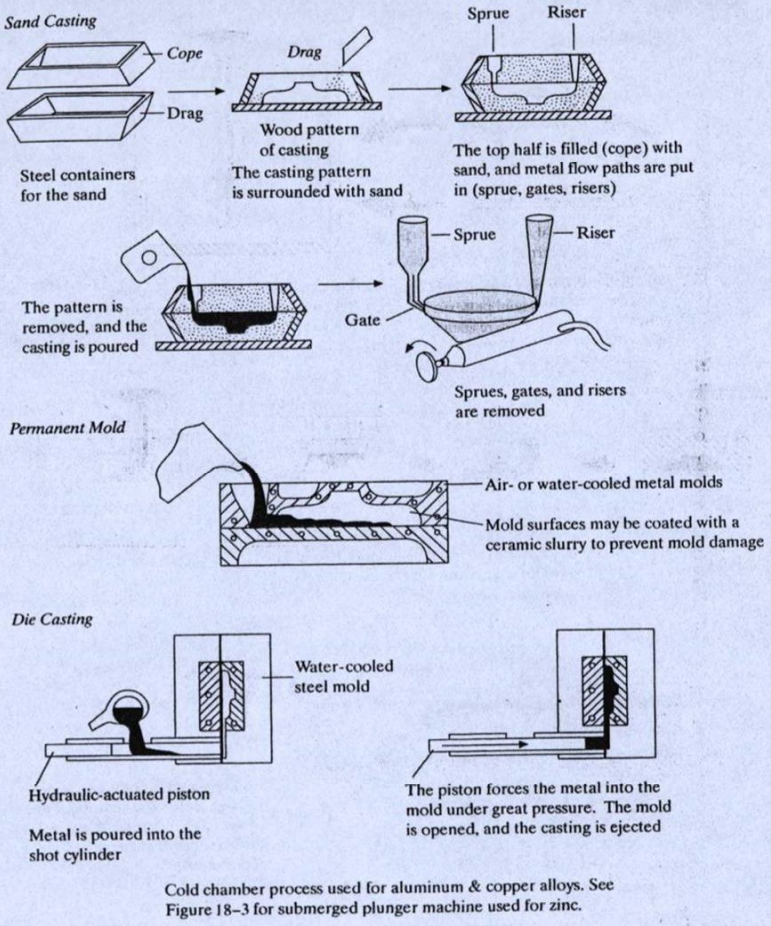


Figure 15–2
Common casting processes

- کلیات این روشها در شکل 2-15 نشان داده شده است. انتخاب نوع و روش ریخته گری تحت تاثیر عواماى نظیر تلورانس، سطح نهایی و محدودیت های اندازه، ماده، هزینه، در دسترس بودن، خواص نهایی و ضخامت دیواره است.

Cast Iron

- چدن ها موادی هستند که کاربردشان به قرن 14 بر می گردد.
- تا قبل از ان تنها الیاژ های آهنی اهن خام بدست می امد. اهن خام در حقیقت مخلوط اهن خالص وسرباره بود.

- چدن خاکستری اما قدیمی ترین نوع است که هنوز قابل استفاده است..

- واژه Cast Iron به دسته ای از آلیاژ هاي اهن، کربن، و سیلیکون گفته می شود و مقدار کربن از حدی بیشتر است.که در ساختار می توانند به صورت گرافیت یا سمنتیت (Fe3C) حضور داشته باشند.

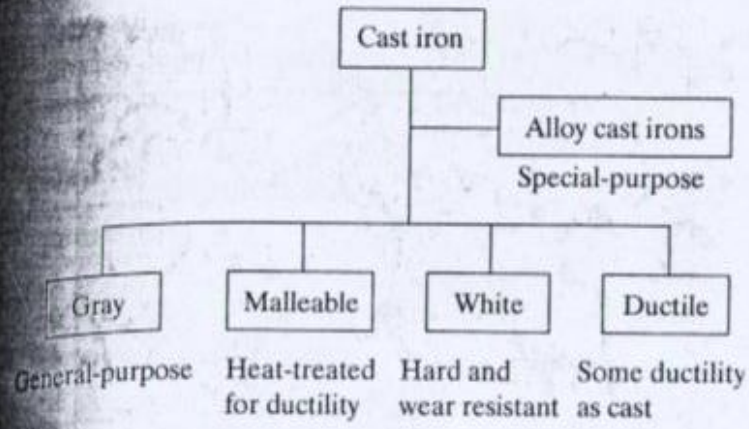


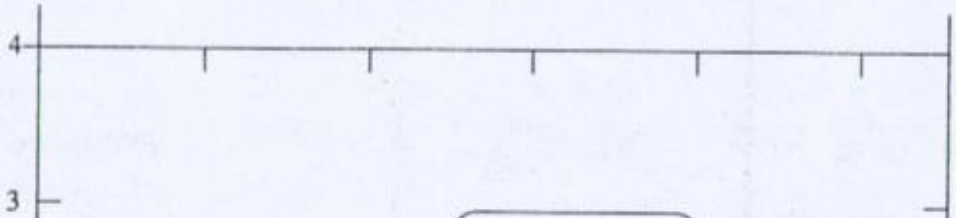
Figure 15–11
Spectrum of cast irons

The chemical composition of gray iron ranges from 2% to 4% total carbon with at least 1% silicon (Figure 15–12). The steel matrix of gray iron usually will have a microstructure of ferrite, pearlite, or martensite. The graphite is really present in the form of three-dimensional, rose-like structures, but metallographic sections show the graphite as flakes because metallographic studies require cross-sectioning of the specimen. The shape, size, and distribution of the graphite flakes can have an effect on properties. Thus it is something closely scrutinized by foundry staff. An illustration of graphite distribution in gray iron is shown in Figure 15–13.

The iron–carbon equilibrium diagram, which was used to described phase relationships in steel, shows that cementite should be a predominating phase in high-carbon (>2%) iron–carbon alloys. If this diagram was projected to 100% carbon, it could be called the iron–graphite diagram. Graphite is really the thermodynamically stable form of carbon in all iron–carbon alloys.

The silicon in gray iron aids graphite formation. The chemistry and cooling rate are controlled in most commercial cast irons to prevent the formation of cementite-rich phases (ledeburite). The important gray irons have a steel matrix containing graphite flakes of varying size and volume distribution. The carbon content of the matrix is usually less than 1%. A ferrite matrix will yield a low-strength gray iron; a pearlitic matrix, higher strength; and quench hardening of a high-carbon matrix iron yields a

Figure 15–12
Approximate ranges of carbon and silicon in various types of cast irons



Introduction

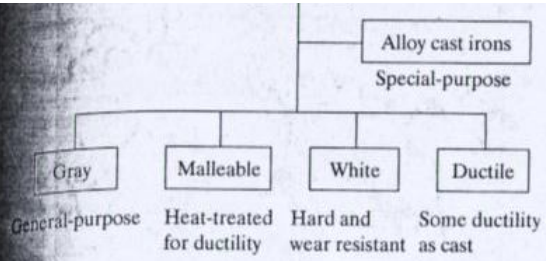
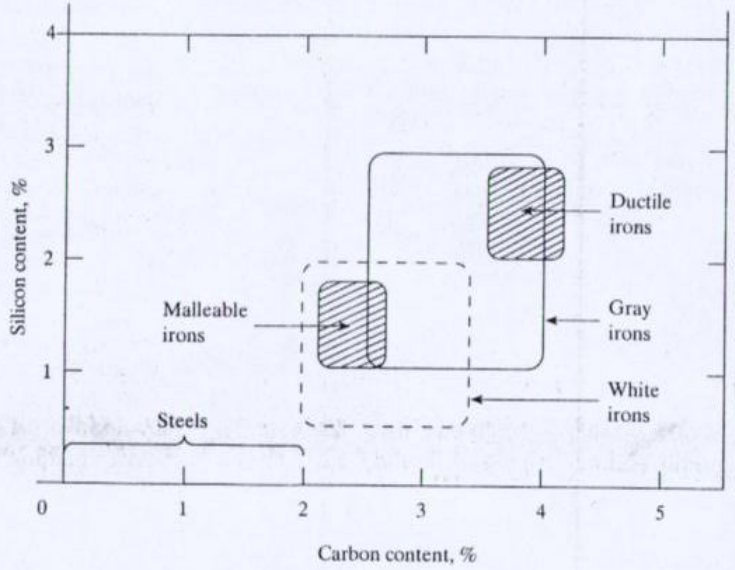


Figure 15–11
Spectrum of cast irons

The chemical composition of gray iron ranges from 2% to 4% total carbon with at least 1% silicon (Figure 15–12). The steel matrix of gray iron usually will have a microstructure of ferrite, pearlite, or martensite. The graphite is really present in the form of three-dimensional, rose-like structures, but metallographic sections show the graphite as flakes because metallographic studies require cross-sectioning of the specimen.

Figure 15–12
Approximate ranges of carbon and silicon in various types of cast irons



something closely scrutinized by foundry staff. An illustration of graphite distribution in gray iron is shown in Figure 15–13.

The iron–carbon equilibrium diagram, which was used to described phase relationships in steel, shows that cementite should be a predominating phase in high-carbon (>2%) iron–carbon alloys. If this diagram was projected to 100% carbon, it could be called the iron–graphite diagram. Graphite is really the thermodynamically stable form of carbon in all iron–carbon alloys.

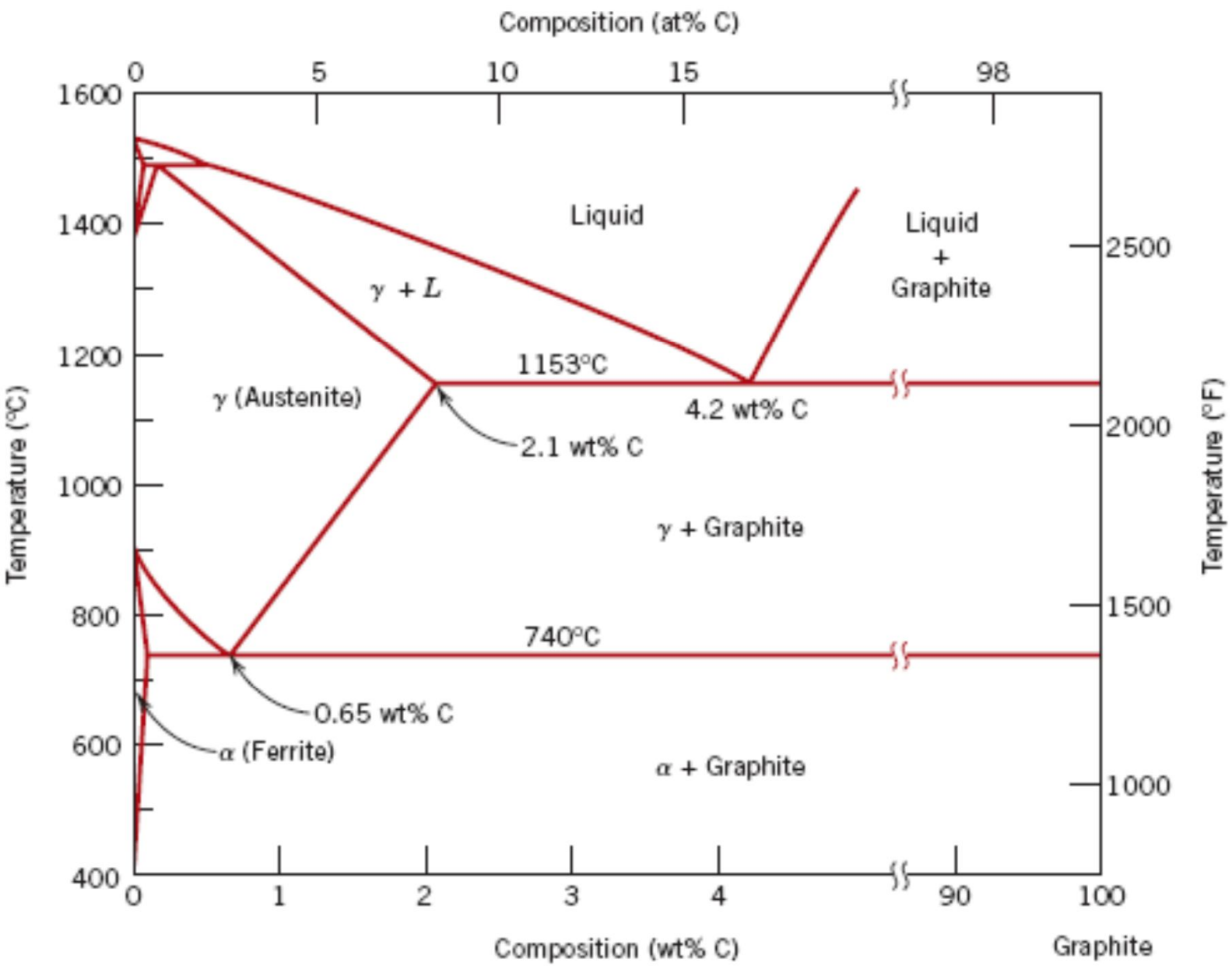
The silicon in gray iron aids graphite formation. The chemistry and cooling rate are controlled in most commercial cast irons to prevent the formation of cementite-rich phases (ledeburite). The important gray irons have a steel matrix containing graphite flakes of varying size and volume distribution. The carbon content of the matrix is usually less than 1%. A ferrite matrix will yield a low-strength gray iron; a pearlitic matrix, higher strength; and quench hardening of a high-carbon matrix iron yields a

Cast Iron چدن

- چدن ها آلياژ هاي آهني هستند كه بيش از 14/2درصد كربن دارند و بيشتر چدن ها بين 3تا 5/4درصد سيليكون دارند و در بعضي مواقع ساير عناصر الياژي هم اضافه مي شود. نمودار فازي نشان مي دهد كه در اين طيف دمايي در دماي بين 1150 تا 1300 oC مايع مي شوند كه بسيار پايين تر از دماي ذوب فولاد است و بنابراين ريخته گري آن آسان است

- سمنتيت موجود در ساختار فازي ناپايدار است و مي تواند به اجزا سازنده تجزيه شود.

$$Fe_3C \rightarrow 3Fe\,(\alpha) + C\,(\text{graphite})$$

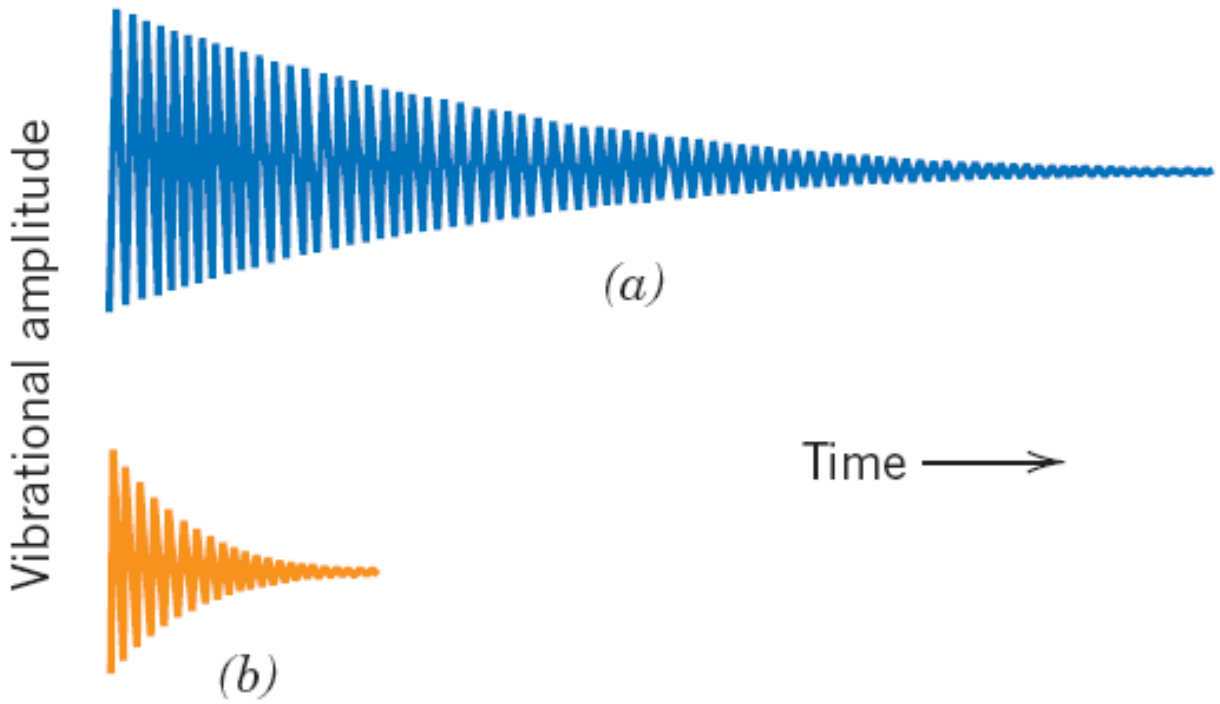

Composition (at% C)
0
5
10
15
98
1600
1400
1200
1000
800
600
400
Liquid
γ + L
Liquid
+
Graphite
1153°C
γ (Austenite)
4.2 wt% C
2.1 wt% C
γ + Graphite
740°C
0.65 wt% C
α (Ferrite)
α + Graphite
2500
2000
1500
1000
Temperature (°C)
Temperature (°F)
0
1
2
3
4
90
100
Composition (wt% C)
Graphite

- وجود عناصري مانند سيلسيم و همچنين سرد كردن آهسته ايجاد گرافيت را تسهيل مي كند. بنابراين در چدن ها امكان ايجاد گرافيت در ساختار وجود دارد مخصوصا اگر قطعه آرام سرد شود. در ادامه معمول ترين انواع چدن بررسي شده است.

- چدن خاكستري
- آلياژ آهن و كربن كه بين 5/2 تا 4 درصد كربن و 1تا 3در صد سيليكون دارد.

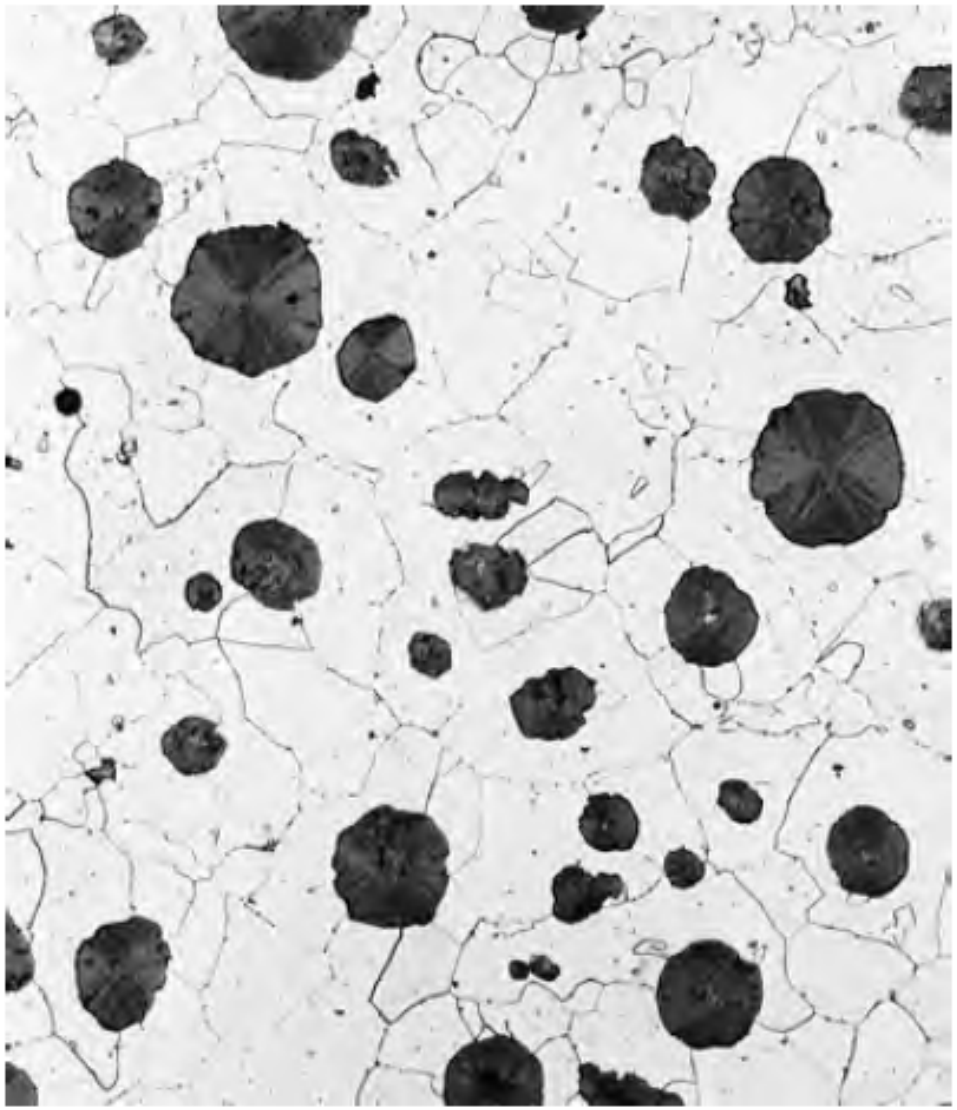
- در ساختار آن گرافيت به صورت ورقه هايي وجود دارد و زمينه مي تواند فريت يا پرليت باشد(در سرد كردن متفاوت) .
- چگونه ساختار زمينه مي تواند فريتي يا پرليتي باشد؟

- چدن خاكستري ترد است و استحكلم كششي پاييني دارد اما اين چدن ها هنگامي كه تحت فشار قرار گيرند مقاومت بالاتري نسبت به حالت كششي از خود نشان مي دهند.
- مهمترين خاصيت اين چدنها قابليت جذب ضربه و ارتعاشات است و به همين دليل دربدنه ماشين ها كه ارتعاش وجود دارد از چدن خاكستري استفاده مي شود.


Vibrational amplitude
(a)
Time
(b)

چدن داکتیل یا Nodular

- با اضافه كردن مقداري منيزيم يا سريم در ساختار گرافيت ايجاد شده به صورت كروي در مي آيد كه باعث بهبود استحكام كششي و Ductilityمي شود.
- در اين حالت خواص مكانيكي به خواص مكانيكي فولاد نزديك مي شود.



- زمينه در اين حالت مي تواند فريتي يا پرليتي باشد كه اين امر مي تواند به كمك عمليات حرارتي تنظيم شود.

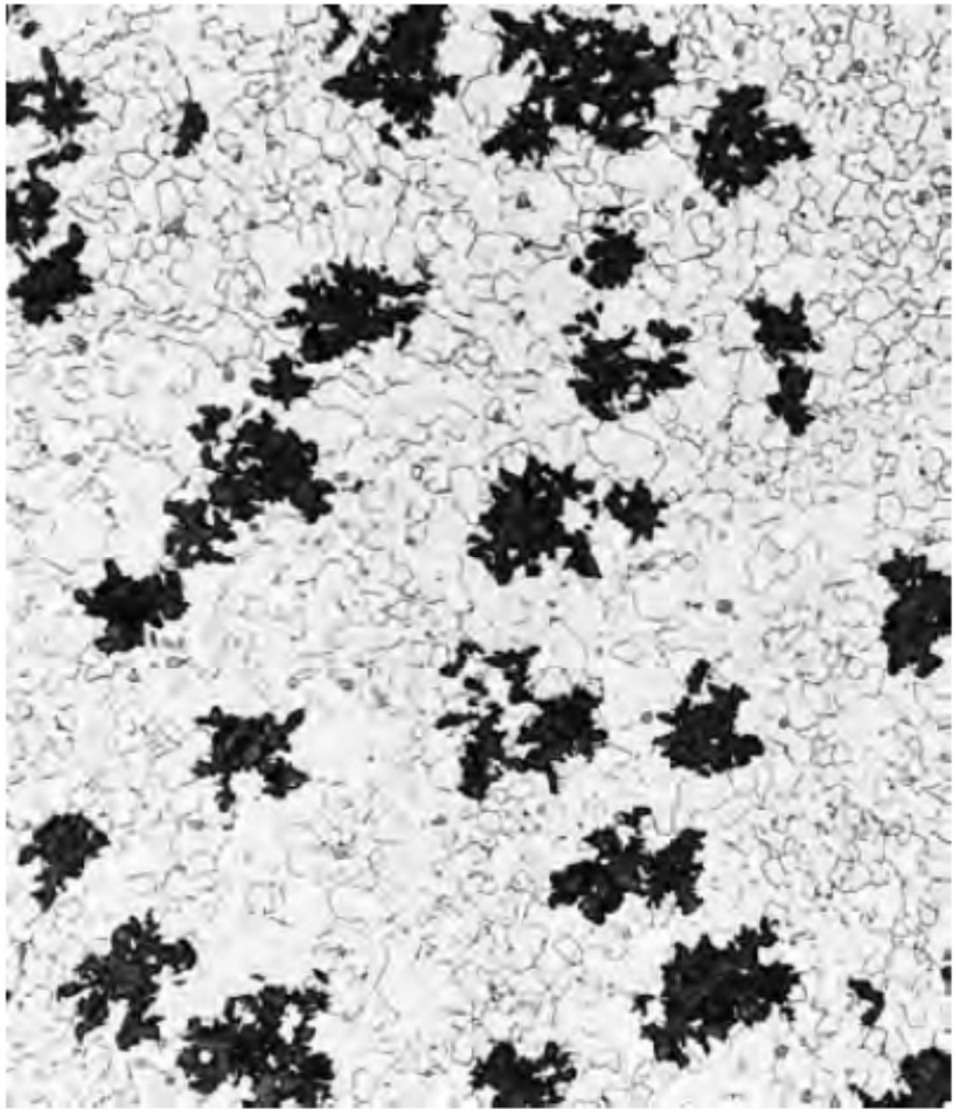
White Iron (cast) چدن سفید

- با كاهش درصد سيليكون در ساختار و افزايش سرعت سرد شدن حين ريخته گري كربن در ساختار به صورت سمنتيت ظاهر مي شود و ظاهر سطح سفيد است. اين چدن بسيار سخت و ترد است و قابيلت ماشينكاري ندارد و براي كاربرد هاي سايشي كه ductilityبالايي لازم نيست به كار مي رود مثل rolling mill

(c)

چدن ماليبل

- چدني است كه در ان گرافيت ها به كمك عمليات حرارتي خاص به صورت كروي در آمده اند. اين نوع چدن از عمليات حرارتي چدن سفيد به دست مي آيد كه در طيف oC 800-700 بريا مدت زماني نگه داشته مي شود. در ان حالت خواص مكانيكي نظير استحكام كششي و ductilityو قابليت ماشين كاري بهبود مي يابد.
- كاربرد ها : Connecting rod,
- Flanges, Automotive industry,
- Transmission gears



(d)

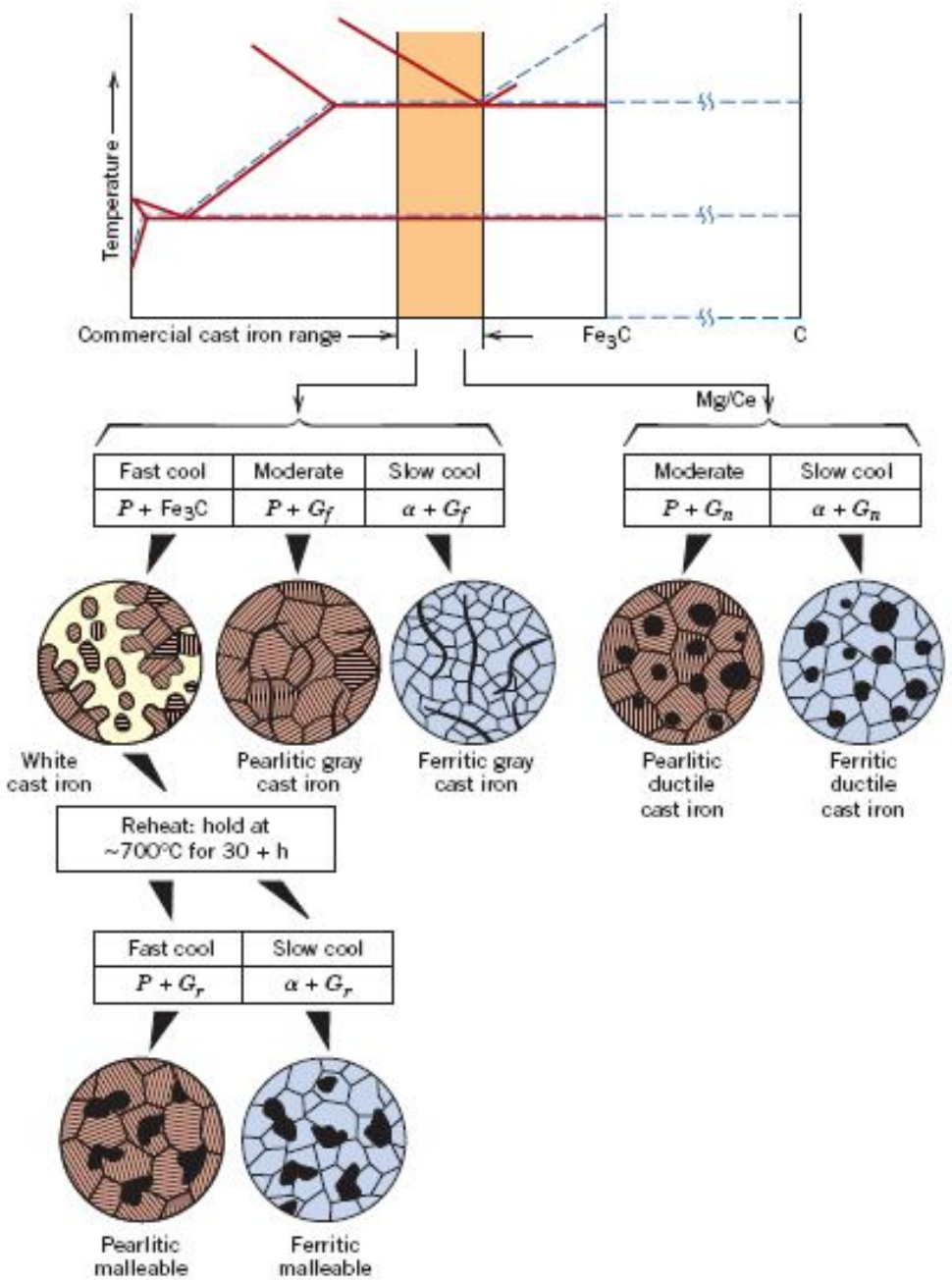

Temperature
Commercial cast iron range
Fe_3C
C
Mg/Ce
Fast cool
Moderate
Slow cool
$P + Fe_3C$
$P + G_f$
$\alpha + G_f$
Moderate
Slow cool
$P + G_n$
$\alpha + G_n$
White cast iron
Pearlitic gray cast iron
Ferritic gray cast iron
Pearlitic ductile cast iron
Ferritic ductile cast iron
Reheat: hold at ~700°C for 30 + h
Fast cool
Slow cool
$P + G_r$
$\alpha + G_r$
Pearlitic malleable
Ferritic malleable

Table 11.5 Designations, Minimum Mechanical Properties, Approximate Compositions, and Typical Applications for Various Gray, Nodular, Malleable, and Compacted Graphite Cast Irons

Grade	UNS Number	Composition (wt%)[a]	Matrix Structure	Mechanical Properties: Tensile Strength [MPa (ksi)]	Mechanical Properties: Yield Strength [MPa (ksi)]	Mechanical Properties: Ductility [%EL in 50 mm (2 in.)]	Typical Applications
Gray Iron							
SAE G1800	F10004	3.40–3.7 C, 2.55 Si, 0.7 Mn	Ferrite + Pearlite	124 (18)	—	—	Miscellaneous soft iron castings in which strength is not a primary consideration
SAE G2500	F10005	3.2–3.5 C, 2.20 Si, 0.8 Mn	Ferrite + Pearlite	173 (25)	—	—	Small cylinder blocks, cylinder heads, pistons, clutch plates, transmission cases
SAE G4000	F10008	3.0–3.3 C, 2.0 Si, 0.8 Mn	Pearlite	276 (40)	—	—	Diesel engine castings, liners, cylinders, and pistons
Ductile (Nodular) Iron							
ASTM A536							
60–40–18	F32800	3.5–3.8 C, 2.0–2.8 Si, 0.05 Mg, <0.20 Ni, <0.10 Mo	Ferrite	414 (60)	276 (40)	18	Pressure-containing parts such as valve and pump bodies
100–70–03	F34800		Pearlite	689 (100)	483 (70)	3	High-strength gears and machine components
120–90–02	F36200		Tempered martensite	827 (120)	621 (90)	2	Pinions, gears, rollers, slides
Malleable Iron							
32510	F22200	2.3–2.7 C, 1.0–1.75 Si, <0.55 Mn	Ferrite	345 (50)	224 (32)	10	General engineering service at normal and elevated temperatures
45006	F23131	2.4–2.7 C, 1.25–1.55 Si, <0.55 Mn	Ferrite + Pearlite	448 (65)	310 (45)	6	
Compacted Graphite Iron							
ASTM A842							
Grade 250	—	3.1–4.0 C, 1.7–3.0 Si, 0.015–0.035 Mg, 0.06–0.13 Ti	Ferrite	250 (36)	175 (25)	3	Diesel engine blocks, exhaust manifolds, brake discs for high-speed trains
Grade 450	—		Pearlite	450 (65)	315 (46)	1	

[a] The balance of the composition is iron.

Source: Adapted from *ASM Handbook*, Vol. 1, *Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys*, 1990. Reprinted by permission of ASM International, Materials Park, OH.

معرفي انواع چدن ها به صورت كلي

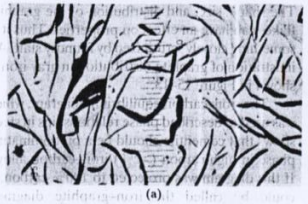
- چدن خاکستری اهن –کربن-سیلیکون است که درصد کربن ان زیاد است.
- چدن مالیبیل :ترکیب مشابه چدن خاکستری دارد اما با عملیات حرارتی باعث افزایش ductility ان می شویم.
- چدن سفید : ریخته گری شده با سختی بالا است.
- چدن داکتیل دارای Ductilityدر حد چدن مالیبل است اما به صورت دیگری درست شده.
- چدن الیاژی که با اضافه کردن عناصر الیاژی به چدن سفید یا خاکستری تا انها را سخت کند یا مقاومت به خوردگی را زیاد کند.

مشخصات چدن خاکستری:

خصوصیت مشترک تمام چدن ها این است که بیش از 2 درصد کربن دارند.حداکثر حلالیت کربن در فاز استونیت 7/1درصد است و مقادیر بالاتر به صورت گرافیت یا سمنتیت در ساختار ظاهر می شوند.

- در ترکیب شیمیایی چدن خاکستری حداقل 1 درصد سیلیکون وجود دارد

Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons



(a) (b)

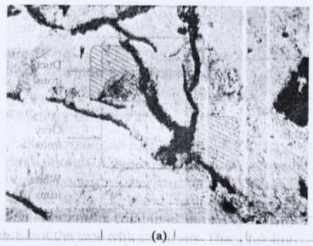
Figure 15–13
(a) Coarse and (b) fine graphite in gray iron (×100). ASTM specification A 247 explains interpretation of graphite morphology

high-strength martensitic matrix. Figure 15–14 shows the structure of a pearlitic gray iron before and after quench hardening. The pearlitic structure produced a hardness of 180 HB. The martensitic structure had a hardness of 600 HB.

Alloy Designation

It is not common practice to identify various gray irons by their chemical composition, because their microstructures are equally important. A common industry-accepted system for identification of gray-iron alloys is a class designation (ASTM A 48). There is a class 20, a class 30, and so on. The 20 in the designation stands for the minimum tensile strength in kips (1000 lb) per square inch. The common grades are shown in Table 15–5.

The complete alloy designation should have an A, B, C, or S suffix to indicate the size of the tensile test specimen used in measuring the tensile strength. Right or wrong, it is common practice to



(a) (b)

Figure 15–14
Microstructure of pearlite gray iron (a) before (b) after quench hardening (×500)

Table 15–5
Grades of gray-iron alloys

Class No.	Minimum Tensile Strength (psi)	MPa
20	20,000	138
25	25,000	172
30	30,000	207
35	35,000	241
40	40,000	276
45	45,000	310
50	50,000	344
55	55,000	380
60	60,000	414

neglect this suffix, at least in discussing these alloys. A drawing designation for a gray-iron casting might read as follows:

Material: Gray iron, ASTM A 48 class 20 (state casting process: sand, investment, and so on)

Physical Properties

Because gray irons are essentially steels with graphite in them, some of their physical properties are similar to those of plain carbon steels. The thermal conductivity and coefficient of thermal expansion values are close to those of steels. The presence of graphite in the structure, however, does affect other physical properties such as damping capacity, electrical resistivity, magnetic characteristics, and even corrosion resistance.

The term *damping capacity* is often mentioned in discussing cast irons. It refers to the ability of a material to suppress elastic deflections or vibrations. There is very little quantitative information on this property, but because gray irons contain up to 10% by volume of graphite, it is said to have high damping capacity. The graphite essentially absorbs vibrations. Because of this property, cast iron has always been a favorite for machine bases and the like.

Another effect of the graphite in the microstructure of gray irons is to cause size change with time: pearlite may transform to graphite and ferrite, causing a growth. At elevated temperatures, internal oxidation of graphite can cause growth. As long as operating temperatures are kept below about 750°F (400°C), this phenomenon can be neglected.

Electrical resistivity is affected by the nature of the graphite in gray irons. A coarse graphite structure will have higher resistivity than a fine structure. All the graphite-containing cast irons have higher electrical resistivities than carbon steels.

All the common gray irons are ferromagnetic, but there are such things as austenitic cast irons, and, of course, these are not ferromagnetic. The other magnetic properties, such as permeability, coercive force, and hysteresis loss, are affected by the type of graphite structure in the particular type of gray iron.

The corrosion resistance of gray cast iron in most environments is better than that of carbon steels. When corrosion starts, some of the steel matrix dissolves, leaving the graphite flakes standing proud from the surface. They are more noble than the matrix. This relief effect aids the formation of a tenacious surface film, which in turn reduces the rate of overall attack. This is particularly true if the film is insoluble in the corrodent.

Gray irons are widely used for piping systems. They perform well in alkalies, seawater, and some acids. They are almost a standard material of construction for pipes for potable water and fire mains. Fifty years of service is not uncommon, and some old cities have cast-iron systems that have been in continuous service for hundreds of years. Most older homes in the United States have cast-iron piping on sewer connections. Cast-iron piping is being rediscovered in the United States for sanitary piping drains in new construction. It is quieted than plastic piping in flushing and draining because of its damping characteristics.

ساختار چدن خاکستري

- زمینه چدن می تواند فریتی ، مارتنزیتی یا پرلیتی باشد. که گرافیت به صورت لایه هایی در ساختار وجود دارد که شکل ، مقدار و پراکندگی این گرافیت ها خواص را تحت تاثیر قرار می دهد.

- وجود سیلیکون به ایجاد گرافیت کمک می کند.

- .به کمک کنترل ترکیب شیمیایی و سرعت سرد شدن می توان از ایجاد سمنتیت جلوگیری یا مقدار ان راکم کرد.

- چدن های خاکستری دارای زمینه ای مثل فولادها هستند که در بین ساختار مقداری گرافیت وجود دارد..درصد کربن زمینه کمتر ار 1 درصد است.

- اگر زمینه فریتی باشد استحکام پایین است ولی اگر زمینه پرلیتی باشد استحکام بیشتر است و اگر زمینه قابل سخت کاری باشد می توان پس از سرد کردن به ساختار ماتنزیتی رسید که استحکام بالایی دارد.

- سختی ساختار پرلیتی حدود HB180است ولی در نوع ماتنزیتی به HB600 مي رسد.

Alloy Designation of gray cast Iron

- از انجایی که ساختار هم در مورد چدن ها اهمیت زیادی دارد تنها مشخص کردن ترکیب شیمیایی کافی نیست.

- یک معیار قابل قبول وجود دارد که در استاندارد ASTM A48 بیان شده است.

- کلا س های مختلف در جدول 15-5 نشان داده شده است

Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons

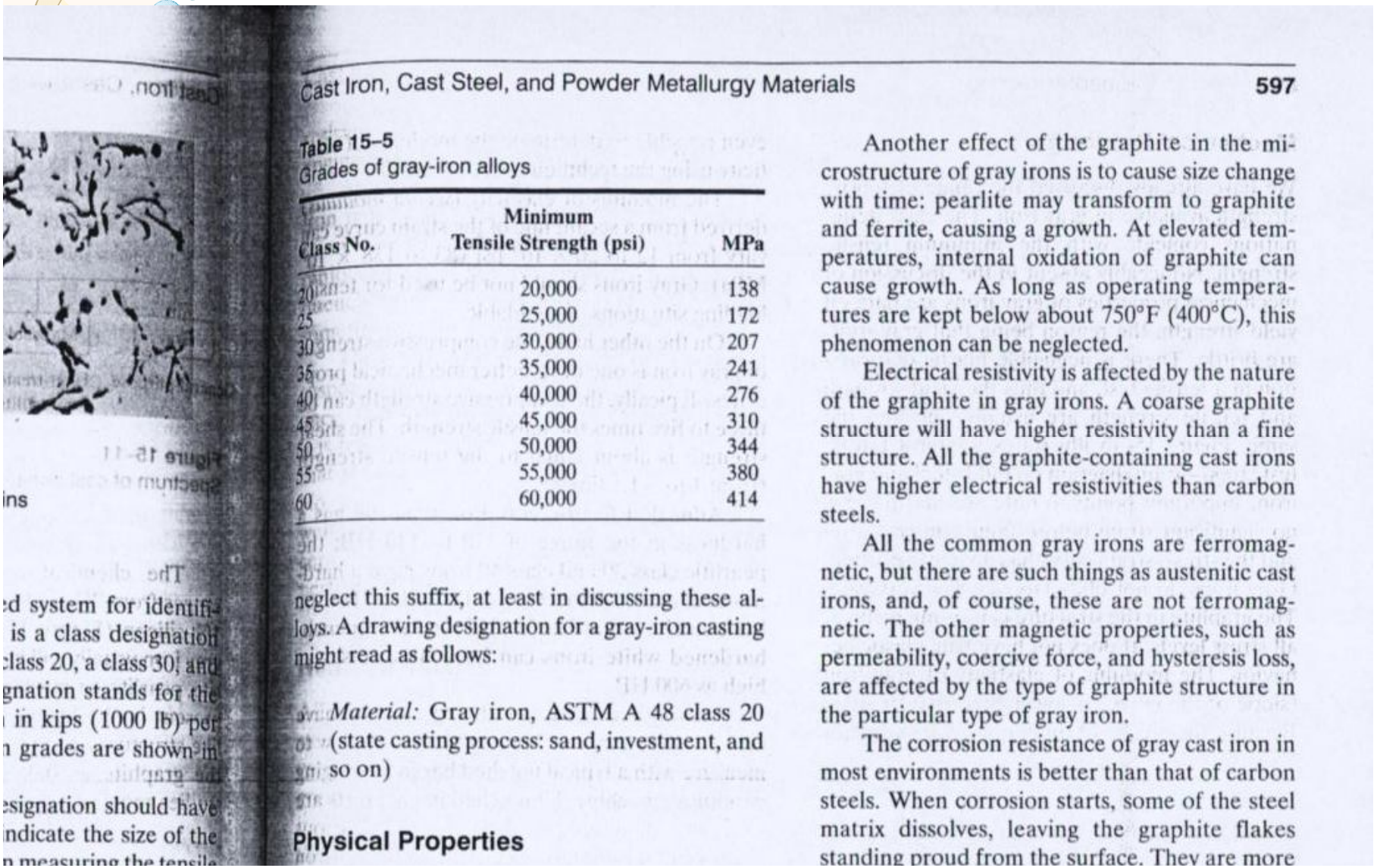


Table 15–5
Grades of gray-iron alloys

Class No.	Minimum Tensile Strength (psi)	MPa
20	20,000	138
25	25,000	172
30	30,000	207
35	35,000	241
40	40,000	276
45	45,000	310
50	50,000	344
55	55,000	380
60	60,000	414

neglect this suffix, at least in discussing these alloys. A drawing designation for a gray-iron casting might read as follows:

Material: Gray iron, ASTM A 48 class 20 (state casting process: sand, investment, and so on)

Physical Properties

Another effect of the graphite in the microstructure of gray irons is to cause size change with time: pearlite may transform to graphite and ferrite, causing a growth. At elevated temperatures, internal oxidation of graphite can cause growth. As long as operating temperatures are kept below about 750°F (400°C), this phenomenon can be neglected.

Electrical resistivity is affected by the nature of the graphite in gray irons. A coarse graphite structure will have higher resistivity than a fine structure. All the graphite-containing cast irons have higher electrical resistivities than carbon steels.

All the common gray irons are ferromagnetic, but there are such things as austenitic cast irons, and, of course, these are not ferromagnetic. The other magnetic properties, such as permeability, coercive force, and hysteresis loss, are affected by the type of graphite structure in the particular type of gray iron.

The corrosion resistance of gray cast iron in most environments is better than that of carbon steels. When corrosion starts, some of the steel matrix dissolves, leaving the graphite flakes standing proud from the surface. They are more

- برای کامل کردن مشخص سازی الیاژ باید از پسوند هم استفاده کرد که نشان دهد از چه اندازه ای برای نمونه استفاده شده.که معمولا قید نمی شود.

- Material: Gray iron, ASTM A 48 class 20+ method of casting

خواص فیزیکی چدن خاکستري

- بعضی خواص انها مشابه فولاد های کربنی است. مثل رسانایی حراراتی و ضریب انبساط حرارتی

- اما حضور گرافیت در ساختار باعث تغییر بعضی خواص می شود. مثل قابلیت دمپ کردن، خواص مغناطیسی، الکتریکی، مقاومت به خوردگی.

- Damping Capacity: به توانایی ماده در فرونشاندن یا جذب vibrationدر ماده اشاره دارد.

- گرافیت vibration ها را جذب می کند. بنبر این چدن خاکستری برای تهیه بدنه ماشین ها مورد استفاده قرا می گیرد.

- وجود گرافیت در ساختار باعث تغییرات اندازه با زمان می شود.که به علت تغییرات فازی است.در دماهای کمتر از C400این پدیده قابل صرف نظر کردن است.
- وجود گرافیت های درشت باعث افزایش مقاومت الکتریکی می شود.
- چدن های خاکستری مغناطیسی هستند.
- مقاومت به خوردگی چدن خاکستری از بیشتر فولاد های کربنی بهتر است.
- چدن های خاکستری برای کاربرد های لوله کشی مورد استفاده قرار می گیرد ودر برابر قلیایها اب دریا و بعضی اسید ها مقاوم هستند. عمر 50 سال چندان عجیب نیست در در بعضی شهر ها تا صد ها سال دوام داشته اند.
- اخیرا در ایلات متحده برای sanitary piping drainsمورد توجه قرار گرفته اند. که از پلاستیک ها به علت خاصیت دمپ کردن بهتر هستند در .flushing piping

- خواص مکانیکی
- قبلا در جدول توضیح داده شد اما داده های استحکام تسلیم در این جدول داده نشد که به این دلیل که فولاد های خاکستری ترد هستند. بنابراین این دو مقدار (تنش تسلیم و استحکام کششی) به نزدیک هستند.
- شکل 15-15

- چدن های خاکستری از قانون هوک کاملا پیروی نمی کنند.مدول یانگ کمتری نسبت به فولاد کربني دارند
- .استکام فشاری از استحکام کششي بهتری دارند که حدود 3 تا 5 برابر استحکام کششی است.

- چدن خاکستری انیل شده سختی در حدود 110 تا 140 HB دارند. نوع پرلیتی سختی حدود 140-190 HBدارند.

Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons

Mechanical Properties

We have already discussed the range of tensile strength available in gray iron. The class designations coincide with the minimum tensile strength. Noticeably absent in the discussion of mechanical properties of gray irons are data on yield strength, the reason being that gray irons are brittle. There is negligible plastic deformation in a tensile test, and thus the yield strength and tensile strength are usually one and the same. Figure 15–15 illustrates a typical tensile test stress–strain diagram on mild steel and gray iron. Important points to note are that there is no significant strain before failure in gray iron and the stress–strain curve has no linear portion. Gray irons do not obey Hooke's law very well. The graphite in the structure causes microslip at all stress levels. It does not have true elastic behavior. The modulus of elasticity of gray iron (slope of the curve) is lower than that of steel. Because the stress–strain is not linear, it is not even possible to determine the modulus of elasticity using the technique used on steels.

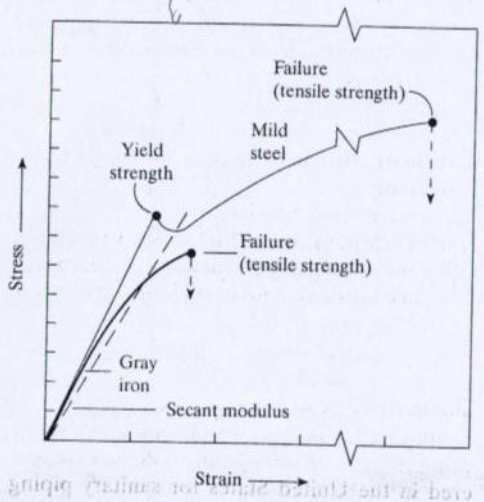


Figure 15–15
Comparison of the stress-strain curves for steel

The modulus of elasticity (*secant modulus*) derived from a secant line of the strain curve can vary from 12 to 20 × 10^6 psi (83 to 138 × 10^3 MPa). Gray irons should not be used for tensile loading situations, if avoidable.

On the other hand, the compressive strength of gray iron is one of its better mechanical properties. Typically, the compressive strength can be three to five times the tensile strength. The shear strength is about equal to the tensile strength (from 1 to ~1.5 times).

Annealed ferritic gray iron typically has a hardness in the range of 110 to 140 HB; the pearlitic class 30 and class 40 irons have a hardness range of about 140 to 190 HB. Class 60 irons can be as hard as 350 HB, and the quench-hardened white irons can have hardnesses as high as 600 HB.

In addition to low ductility, gray irons have very poor toughness. The toughness is too low to measure with a typical notched bar in a swinging pendulum machine. Unnotched impact tests are run, and data are available on the various grades, but it is best to design with gray-cast-iron parts in such a manner that they never receive shock loads. Stress concentrations should also be avoided; there should be no sharp reentrant corners.

Gray cast irons have fatigue characteristics not unlike those of carbon steels. Typical fatigue strengths are about 40% of the tensile strength.

One of the most valuable properties of gray cast iron from the standpoint of design is wear resistance. Gray iron is not any better than medium carbon steel in resistance to abrasion, *fretting*, and some forms of corrosive wear, but the graphite in the structure provides assistance in resisting metal-to-metal wear. Gray iron is very resistant to seizure when used for threads, sliding devices, worms, and the like. Mated against a hardened steel and lubricated, gray iron provides a very low-wear sliding counter-

resistance of gray iron is its continued use for engine blocks in automobiles.

Another typical wear application for cast iron is in gears. Very large gray-iron gears are often used in combination with hardened steel pinions. Cast irons are similarly used in the quench-hardened condition. Gear teeth are sometimes flame hardened.

The graphite in the structure of gray iron is responsible for its metal-to-metal wear resistance. The graphite itself is a lubricant, and when it is leached from the surface by wear, the hole that remains serves as a reservoir for lubricant. No metal-to-metal sliding combination works well without lubrication, and cast iron is no exception. However, the graphite does improve performance when lubrication is inadequate.

Heat Treatments

All the heat treatments that apply to carbon steels also apply to gray irons. The bases for the various heat treating cycles are equilibrium diagrams and TTT curves. However, because gray irons contain silicon plus other alloy elements, the iron–carbon diagram is altered. Gray irons are really at least ternary alloys. The graphite present in the microstructure has some effects that warrant a few comments on some of the heat treating cycles.

Normalizing The main purpose of normalizing is to increase strength and hardness. It involves heating above the critical temperature for the particular alloy and air cooling. Normalizing is usually used to produce grain refinement. Because gray irons do not usually rely on grain size for properties, the effects of normalizing are rather to remove internal stresses and to increase strength by reducing segregation in the matrix.

Annealing Annealing is performed on gray-iron castings to remove internal stresses and to

- Class 60سختی حدود HB350دارند.

- چدن خاکستری تافنس کمی دارند. مهمترین خاصیت مقاومت به سایش بسیار بالاست . وجود گرافیت درساختار باعث می شود سطوح روانکاری شوند که برای جلوگیری از قفل شدگی سطوح حین سایش مناسب است.

- به عنوان کاربر در چرخ دنده ها کاربرد دارند که البته ممکن است سطح سخت شوند.
- گرافیت هنگامی که از سطح حین سایش چکه می کند باعث افزایش مقاومت به سایش مي شود.

عملیات حراراتی

- تمام عملیات حرارتی که در مورد فولاد های کربنی اعمال می شود در این جا هم کاربرد دارد.

- نرمالیزه کردن : به منظور افزایش استحکام و سختی است.به منظور کاهش اندازه دانه است. حذف تنش های داخلی و همگن سازی عناصر خالصی نیز از دیگر نتایج آن است.

- آنیل کردن

- به منظور کاهش تنش های داخلی و بهبود ماشینکاری است.

- چدن خاکستری که ساختار ان فریت +گرافیت خواص ماشینکاری بهتری دارند.
- در حدود 20 درصد ماشینکاری بهتری نسبت به فولاد های B1112ree machining دارند.

Stree relieving

- بیشتر تنش های داخلی به صورت زیر اند
- 1-سرد شدن غیر یکنواخت با مقاطع مختلف
- 2-سرد شدن غیر یکنواخت درchill moldدر قالب یا در عملیات حرارتی
- 3- انقباضات حین انجماد.

- کمترین عملیات حرارتی تنش زدایی است.
- طیف دمایی 400-619°C است که تا حدود 75 درصد از تنش ها ازاد می شود.
- تمام تنش ها در دمای 650 ازاد می شوندکه این ریسک تجزیه پرلیت را به همراه دارد.
- طیف دمایی مورد نظر 538-565 C است

Quench Hardening

- جون درصد عناصر الیاژی بالاست قابل سخت کاری هستند.برای سختی پذیری بالا باید درصد کربن حدود 0.5-0.7 باشد
- ..
- اگر ساختار فریتی به علاوه گرافیت باشد قبل از سخت کاری باید مدت زمانی زیادی استونیته شود چون کربن به اندازه کافی در ساختار وجود ندارد واین زمان اجازه می دهد که کربن در ساختار نفوذ کند.تا سختی پذیری بالا داشته باشد و ساختار مارتنزیتی ایجاد شود..این الیاژ ها نمی توانند شعله سخت یا Induction hardeningشوند چون زمان لازم برای دمای استونیته کردن ندارد تا اجازه دهد گرافیت حل شود.

- مزایای quench hardening:

- افزایش استحکام ، سختی و خصوصیات سایشی است اما باید که بعد از سخت کاری تمپر شوند زیرا بلافاصله بعد از سخت کاری استحکام کششي کم می شود وتنها بعد از تمپر کردن استحکام کششي زیاد می شود. شکل 15-16

- طیف دمایی مناسب برای تمپر کردن برای یک چدن اکستری خاص ، خاص است. اما در طیف 370- 430ºC یک طیف دمایی معمول است..به عنوان مثال سعی میشود با عملیات حرارتی به سختی HB 350-300برسیم.

- .در این حالت استحکام کششی و تافنس 50 درصد زیاد می شود و قطعه قابل ماشین کاری می شود.

- چدن ها در حین سخت کاری ممکن است 0.5% تغییر ابعاد داشته باشند.

- هر چدن عملیات حرارتی مخصوص به خود دارد.

- چدن های خاکستری برای کاربرد هایی نظیر Gears, .عالی هستند. اما برای این کاربرد ها حتما قبل از استفاده باید تنش گیری شوند. برای کاربرد های سایشی بایدقطعه سخت شود و تمپر شود تا به حدود سختی HB350-300 برسد

- برای بهبود ماشینکاری باید از عملیات انیل کردن استفاده کرد

جوش کاری

- بنا به دلایل مشابه فولاد های آلِیاژی ، چدن ها حین جوش کاری ممکن است ترک بخورند. وباید از جوشکاری اجتناب کرد اما برای تعمیر قطعات شکسته مي توان جوشكاري انجام داد.
- می توان با استفاده از از جوشکاری قوس با استفاده از مواد پر کن با نیکل بالا یا torch brazing with copper based filler metalاستفاده کرد.در این حالات به علاوه باید از پیش گزم کردن تا دمای C370 ، گرم کرد.

- جوشکاری در کمترین اندازه مقاطع و سایر ملاحظات استفاده کرد.به علاوه باید انها را ارام سرد کرد ودر دمای 315 تمپر نمود.برای اینها دستورالعمل های خاص وجود دارد.مثلا باید کل قطعه به ارامی سرد شود

چدن مالیبل

- چدنی است که با عملیات حرارتی Ductilityان زیاد شده است. چدن مالیبل از تغییر چدن سفید می تواند به دست اید. شکل 15-17

Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons

austenitizing temperatures to allow the graphite to dissolve. Thus, high-strength or alloy cast irons with a pearlite matrix should be used for hardened gray-iron castings.

The advantages of quench hardening are improved strength, hardness, and wear characteristics. Care should be used, however, to ensure proper tempering after hardening. Unlike carbon steels, the as-hardened strength of cast gray irons decreases. Increased strength is obtained only by tempering. The mechanical property effects of quench hardening cast iron are illustrated in Figure 15–16.

The correct tempering temperature for a particular gray iron depends on the class, but temperatures in the range from 700 to 800°F (370 to 430°C) are common. A common heat treating practice used for strength and wear resistance combined with fabricability is to harden and temper to 300 to 350 HB. This practice can

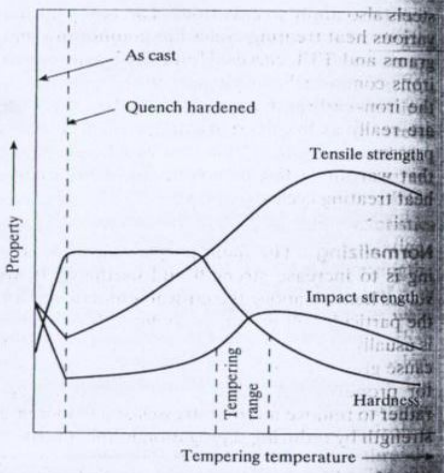


Figure 15–16
Effect of tempering temperature on the properties of quench-hardened gray iron

yield a 50% increase in strength and toughness over as-cast conditions, yet the part can still be machined. Heat treating distortion is eliminated in machining. On gray irons, the size change during quench hardening can be 0.5% expansion.

Special heat treating techniques such as austempering and martempering can be applied to cast irons, but the use of these and other special quench-hardening techniques should be discussed with the foundry before they are used. Each cast-iron alloy has different heat treating characteristics.

Gray cast iron is an excellent material to use for cams, gears, and machine ways; for these applications it is advisable to at least stress relieve the casting before final machining. If good wear characteristics are desired, use the castings in the quenched and tempered to 300 to 350 HB condition. If maximum wear resistance is required, flame or induction hardening of wear areas should be considered. Annealing is used when machinability is a bigger concern than mechanical properties.

Welding Cast irons are prone to cracking during welding for the same reasons that we mentioned in our discussions of tool and alloy steels. Cast irons should not be welded by design. If a casting fractures, repair welding is frequently attempted. The risk of getting additional cracking is high, but welders that are experienced in cast iron welding can have a good repair success rate. Two main processes are used, arc welding with high-nickel filler metal and torch brazing with copper-based filler metal. The procedure for arc welding involves preheating to about 700°F (370°C), welding with minimum weld size, and peening of the deposit, followed by a slow cool to room temperature and a temper at about 600°F (315°C). The preheat and postheat are not needed with torch brazing because, by the time the part is hot enough to melt the brazing alloy, it will be adequately preheated. The secret to success with this process is to slowly heat the entire casting with the process is to slowly heat the entire casting with the torch up to at least 700°F (370°C) before concentrating the torch heat at the weld joint. It is also important to apply a suitable brazing flux. After brazing, the part should be slow cooled, but a temper is usually not necessary because with slow torch heating there is little tendency to get a quench that would cause local hardening. In general, welding on all cast iron should be avoided, but when it is unavoidable these types of procedures should be employed.

15.4 Malleable Iron

By definition, *malleable iron* is a cast iron that has been thermally treated so that it has significant ductility. In the United States, malleable cast iron is made by converting a white iron to either a ferrite or a pearlite matrix, with the excess carbon present in the form of small, flowerlike nodules called *temper carbon*. The structure of a ferritic malleable iron is shown in Figure 15–17.

Metallurgy

Malleable irons are iron–carbon–silicon alloys, with carbon usually in the range of 2% to 3%

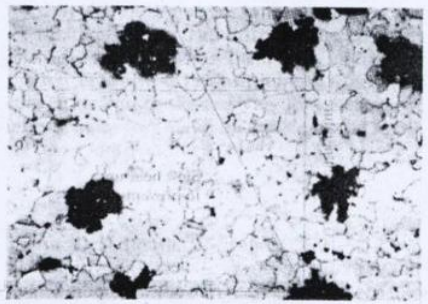


Figure 15–17
Ferritic malleable iron: Black spots are "temper" carbon (graphite); matrix is ferrite (×150)

چدن مالیبل

- الیاژ آهن کربن سیلیکون است که کربن در طیف 2-3درصداست وسیلیکون در طیف 1-1.8 درصد.
- ماده خام برای چدن مالیبل چدن سفید ،قراضه اهن و اهن خام است.این مواد در کوره ذوب می شوند.حین کار ترکیب شیمییایی طوری کنترل می شود که بعد از ریخته گری چدن سفید حاصل شود.
- .چدن سفید شامل پرلیت و کاربید اهن ازاد است. وسخت وشکننده است.
- .

سیکل عملیات مالیبل سازی

- 1- در ابتدا به بالای دمای بحرانی دگرگونی حرارت داده می شود 980C-870دراین حالت سمنتیت و پرلیت در استونیت حل می شوند.
- 2- سپس گرافیت شروع به جوانه زنی میکند.
- 3- سپس به ارامی به دمای زیر دمای بحرانی سرد می شود که در این حالت Temper carbon and ferriteایجاد می شود.
- 4- سپس قطعات در هوا یا روغن سرد می شوند.

- 5-این نوع از الیاژ برای flame hardening مناسب تر است..

- یکی از محدودیت های این روش نیاز به کنترل دقیق فرایند است. به علاوه زمان زیاد لازم برای اینکار است.ممکن است تا 100 ساعت طول بکشد

Alloy deignatiomn

- معمول ترین استاندارد ASTM A 47 است در این سیستم از یک عدد 5 رقمی استفاده می شود که اعداد به خواص مکانیکی مختلف مربوط می شود. رده 32510 تنش تسلیم را دارد KSI 5/32 و ductility
- رده 35018 حداقل تنش تسلیم KSI35 را دارد و Ductilityحدود 18 درصد است.

- رده های دیگری نیز وجود دارند به صورت خاص مثل
- Pearlitic malleable iron A 220
- Pipe A338
- Cupola ,aleable iromA 197
- Automotive malleable iron casting A602

- خواص مکانیکي :
- بسیاری از خواص فیزیکی چدن مالیبل مثل چدن خاکستری است اما تفاوت های مهمی بین این دو وجود دارد. Ductility مربوط به بلاتر است واین مهمترین تفاوت است.
- تا حدود 20 درصد Ductilityقابل حصول است.

- می تواند تحت کشش قرار گیرد و در مقابل ضربه هم مقاومت دارد. مقاومت کششی چدن مالیبل فریتی به MPa 365میرسد.

- انواع پرلیتی استحکامی کششی حدود 689 MPaدارند.
- تفاوت مهم دیگر در مدول الستیسیته است . درمورد نوع فریتی حدود 3*10*172 و در مورد نوع پرلیتی می تواند به 186*10*3 MPa برسد.
- قابلیت ماشینکاری در سختی کمتر از HB300عالی است. به علاوه پایداری زیادی دارد که به علت زمان انیل کردن طولانی است.
- نوع پرلیتی می تواند به حدود HB500 سخت شوند که به منظور مقاومت به سایش به کار می روند.
- . مقاومت فشاری(MPa2758) حدود 4 برابر مقاومت کششی است .

عملیات حرارتی

- :
- از انجایی که چدن مالیبل سیکل عملیات حرارتی طولانی طی کرده است تنها عملیات حرارتی کونچ کردن است.
- چدن های مالیبل می توانند Flame hardening شوند.
- از نوع پرلیتی برای کونچ کردن وسخت کاری استفاده می شود. اما بعد از سخت کاری به تمپر کردن نیاز است

Ductile Iron

- چدنی است که گرافیت کروی یا شبه کروی دارد.در این حالت شکل گرافیت ها کروی تر از حالت چدن مالیبل است.در حدود سال 1948 ایجاد شدند.
- همان طو رکه از نام ان پیدا است Ductilityبیشتری نسبت به چدن سفید و خاکستری دارند و به سیکل عملیات حرارتی طولانی مثل چدن مالیبل احتیاجی نیست.

چگونگی تولید

- ا زنظر شیمییایی الیاژ اهن – کربن- و سیلیکون هستند که کربن در طیف 3-4 % است به علاوه بعضی رده ها داری نیکل هستند.
- درکوره از ذوب قراضه ها، اهن خام وچدن داکتیل برگشتی بدست می آیند.از
- ترکیب مثل چدن خاکستری است در حالت عادی ممکن است ساختاری شبیه چدن خاکستری یا سفید ایجاد شود
-
- اما در اثر اضافه کردن عناصری مثل منیزیم و سریم به مذاب (حدود چند پوند در تن) باعث می شود که باعث ایجاد گرافیت هایی باشکل کروی شود..
-

Alloy Designation

- ASTM استفاده می شود استاندارد ASTM A536 5 نوع از چدن داکتیل را پوشش می دهد.
- grade 5 (60-40-18)
- grade 4(65-45-12)
- Grade 3 (80-55-06)
- Grade2(100-70-03)
- Grade 1 (120-90-02)
- دو عدد اول نشان دهنده کمترین مقدار استحکام کششی با واحد Ksi است دو عدد دوم نشان دهنده کمترین مقدار تنش تسلیم با واحد Ksi است و دو عدد اخر نشان دهنده درصد Ductility است.

- استنانداردهای دیگری هم وجود دارد مثل
- A395 Ferritic ductile iron
- A439Austenitic ductile iron
- A476 ductile iron castings for paper mill dryer rolls
- A571 Austenitic ductile iron for pressure parts
- A716 Ductile iron culvert pipe

- خواص
- مهمترین تفاوت خواص فیزیکی خواص مغناطیسی و الکتریکی است.
- طیف وسیعی از خواص مکانیکی در مورد نوع فریتی وجود دارد.. سختی می تواند در طیف HB 350-140تغییر کند. استحکام فشاری دو برابر استحکام کششی است.
- تافنس رده هایی با تنش تسلیم پایین با تافنس فولاد های کم کربن قابل مقایسه است.
- مقاومت به خوردگی مثل چدن خاکستری است.
- قابلیت ماشین کاری به سطح سختی بستگی دارد.

عملیات حرارتی

- تمام عملیات حرارتی که در مورد چدن خاکستری گفته شد در مورد چدن داکتیل هم قابل انجام است.. این چدن ها می توانند تنش گیری، انیل ، نرمالیزه و کونچ شوند. قابلیت سخت کردن (کونچ کردن) به مقدار درصد کربن بستگی دارد و ساختاربا زمینه پرلیتی مطلوب است.. سختی تا حدود HB 600قابل دسترسی است

White cast Iron

- این دسته نام خود را از ظاهر سطح شکست می گیرند که سفید به نظر می رسد برعکس چدن خاکستری که فصل مشترک خاکستری است.

- . در حالت بدون عنصر الیاژي 2-4درصد کربن، 0.5-2% سیلیکون و حدود 5%>(درصد منیزیم
- ساختار اساسا شامل سمنتیت و پرلیت است. سختی می تواند به حدود RB600برسد.

- اگرخاکستری هم سریع سرد شود چدن سفید ایجاد می شود. که در این حالت chilled ironنامیده می شود. ماده مهمی برای کاربد هایی نظیر Rolls, Wear Plates, pumpهستند ومی توان قطعاتی با مقاومت سایشی بالا تولید کرد

چدن آلیاژی

- هنگامی که عناصر الیاژی نظیر نیکل، کرم، مولیبدن به انها اضافه می شوداین امکان وجود دارد که قطعات بزرگی از CHILLED IRON ایجاد شود.

- آلیاژهایی هستند که مقاومت به سایش بالیی دارند که در معدن کاری و کشاورزی استفاده می شوند. انواع بسیار زیادی وجود دارند که توصیف انها ممکن نیست. بعضی طراحی شده اند تا مقاومت به خوردگی را افزایش دهند بعضی در برابر خزش مقاومت دارندو.... .

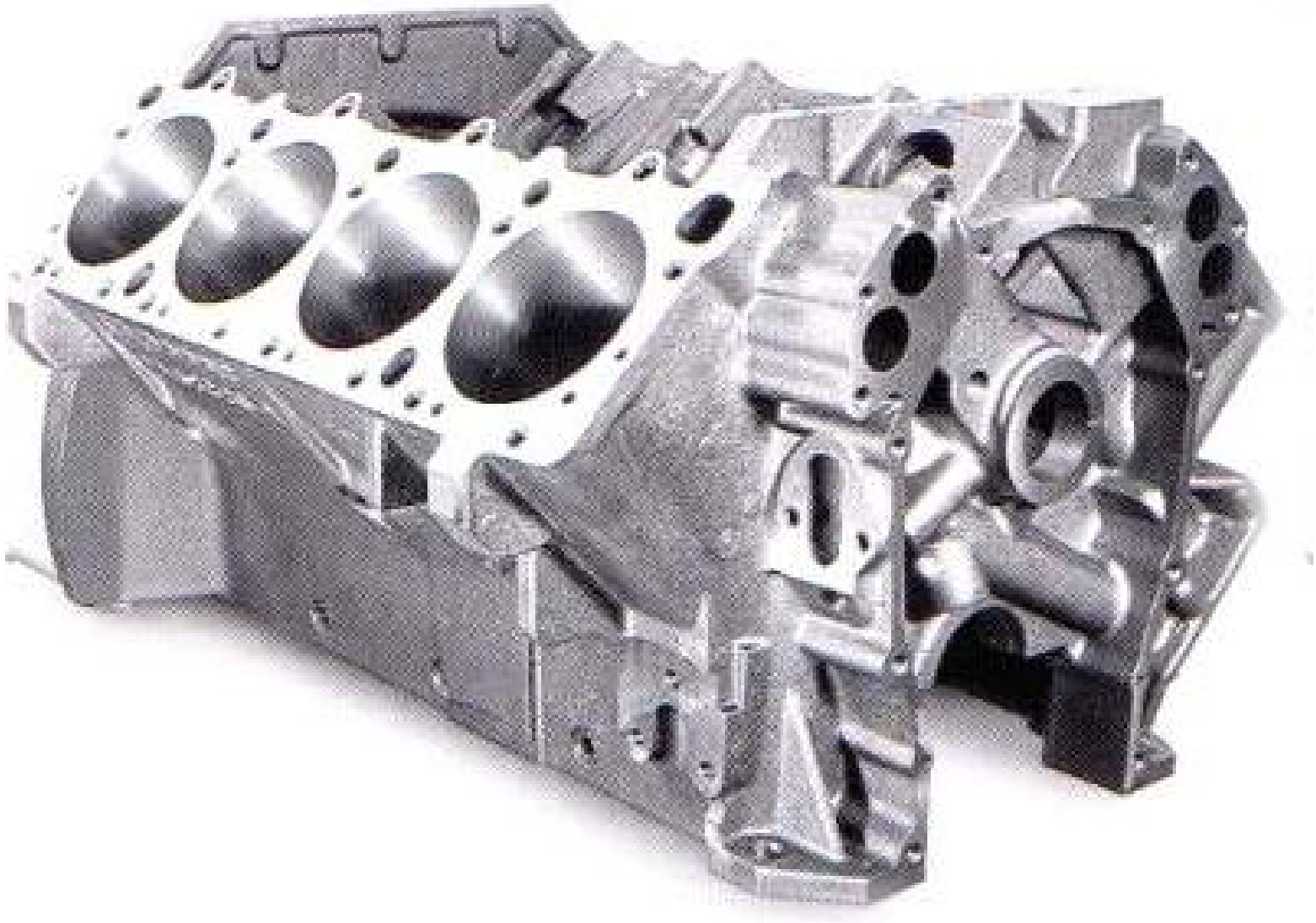
- یکی از معمولترین انها Ni-hardاست که سختی در حدود 525-HB 600دارد و برای گلوله های ساینده، اسیاب ها، ومااند این به کار می روندااستاندارد ASTM A532 8 نوع از این فولاد ها تحت پوشش قرار می دهد.

www.chinawholesalegift.com

Comparative qualities of cast irons[4]

Name	Nominal composition [% by weight]	Form and condition	Yield strength [ksi (0.2% offset)]	Tensile strength [ksi]	Elongation [% (in 2 inches)]	Hardness [Brinell scale]	Uses
Grey cast iron (ASTM A48)	C 3.4, Si 1.8, Mn 0.5	Cast		25	0.5	180	Engine cylinder blocks, flywheels, gears, machine-tool bases
White cast iron	C 3.4, Si 0.7, Mn 0.6	Cast (as cast)		25	0	450	Bearing surfaces

Malleable iron (ASTM A47)	C 2.5, Si 1.0, Mn 0.55	Cast (annealed)	33	52	12	130	Axle bearings, track wheels, automotive crankshafts
Ductile or nodular iron	C 3.4, P 0.1, Mn 0.4, Ni 1.0, Mg 0.06	Cast	53	70	18	170	Gears, camshafts, crankshafts
Ductile or nodular iron (ASTM A339)		cast (quench tempered)	108	135	5	310	
Ni-hard type 2	C 2.7, Si 0.6, Mn 0.5, Ni 4.5, Cr 2.0	Sand-cast		55		550	High strength applications
Ni-resist type 2	C 3.0, Si 2.0, Mn 1.0, Ni 20.0, Cr 2.5	Cast		27	2	140	Resistance to heat and corrosion



Introduction to metals: Chapter6- Cast Irons