

オーステナイト鑄鐵¹⁾

(日本鐵鋼協會 第 10 回講演大會講演)

藤原 唯義²⁾

AUSTENITIC CAST IRONS

T. Fujiwara D. Sc.

SYNOPSIS :—It has been appreciated for some time past that valuable properties can be conferred on steels by the use of large proportions of special alloy additions. These properties, which include especially corrosion and heat-resistance, are largely due to the fact that the steels are in the austenitic condition. Until quite recently, it has not been felt worth while investigating the use of similar additions in cast irons, in view of the relatively poor quality of the basis material. As a result of recent investigations, however, it has now been realised that the production of the austenitic structure in cast iron by the use of larger proportions of such elements as nickel, copper and manganese, provides materials which have many valuable industrial applications.

The outstanding characteristics of the austenitic cast irons, as compare with ordinary cast iron, are as follows:

- (a) A marked degree of corrosion resistance.
- (b) A marked degree of erosion resistance.
- (c) A superior resistance to the effects of heat.
- (d) Non-magnetic, with suitable compositions.
- (e) A high electrical resistance coupled with a low temperature coefficient of resistance.
- (f) A high coefficient of thermal expansion.
- (g) A good machinability
- (h) A good weldability
- (i) Moderate toughness and malleability in shock test.
- (j) It is not so difficult in foundry practice.
- (k) The cost is lower than brass and bronze.

鋼に特殊合金添加物を多量に使用して貴重なる性質即耐蝕性耐熱性等の得られる事は從來知られたる處である。是等の性質は主として鋼のオーステナイト組織に起因するのである。鑄鐵に同様の合金を添加する研究は基礎材料の性質が比較的貧弱なりし爲、極く最近迄其價値が認められなかつた。併しながら是等の研究の結果に依れば、Ni, Cr. 及 Mn 等の元素を多量に加へて鑄鐵にオーステナイト組織を生ぜしむれば工業的に重要な用途を有する材料の得られる事が判つた。

此問題に就ては 1924 年 S. E. Dowson³⁾ 氏が始めてノーマグなる名稱の下に其報告を發表して以來此方面の研究は著しく盛になつた。オーステナイト鑄鐵が普通鑄鐵に比して有する特殊の性質は次の通りである、

- (a) 高度の耐蝕性を有する事
- (b) 優秀なる耐熱性を有する事
- (c) 適當なる成分を以てすれば非磁性となる事
- (d) 電氣抵抗大にして且其溫度係數小なる事
- (e) 熱膨脹

係數大なる事

オーステナイト鑄鐵の強度は元來成分に依つて異なるものであるが、良質の機械用鑄鐵と同等の強度を得る事は難くない、又繰返衝擊試験に依つて明かなる如く可なりの靱性を有して居る、且是等の鑄鐵は相當の延性を有して居る。即抗張試験にて 2—3% の延伸率が記録される事は珍しい事ではない。

純オーステナイト組織の強度は低くブリネル硬度 100 以下の數字の得られる事も屢々ある、但之は成分の如何に依つて自由に變へ得るのである。オーステナイト鑄鐵は後に論ずる如く鑄造に左程の困難を感じず且其の鑄物製品は一般に切削容易である、又熔接可能であるが其の特異なる組織に依り一般には熱處理が出来ない。

鑄物場の現状より見てオーステナイト鑄鐵製の鑄物は眞鍮又は青銅製の鑄物より廉價である、従つて各種の設備に對して是等の非鐵合金の代りに新特殊鑄鐵を使用するに至る事は當然の事と言はなければならぬ。

オーステナイト鑄鐵を大體二つの系統に區別する事が出来る、即 Ni, Cu, Cr 系のものと、Ni, Si, Cr 系のものと二つである、前者の代表的のものにニ・レジスト、後

¹⁾ 英國モンドニッケル會社及紐育インターナショナル・ニッケル會社の資本に依る。

²⁾ 日本ニッケル情報局技師

³⁾ S. E. Dowson "Nonmagnetic Cast Iron" Foundry Trade Journal, 1924 Vol. 29 pp. 430-444

者の代表的のものにニコシラルと言ふ特許名を有するものがある。

ニッケル・銅・クロム系オーステナイト鑄鐵の發達 此の鑄鐵發達の過程に於ける最初の研究は Ni 添加物を普通鑄鐵に加へて物理性質及耐蝕性を改善せしむる事にあつた、普通鑄鐵が Ni 2% 以上添加するに従ひ可成硬くなる事はよく知られたる處である、又 Ni 5~6% 添加すればブリネル硬度は 250—280 の値に達するが硬度均一にして完全に鑄鐵になる事も周知の事實である。

Ni 量を之より次第に増加し 8~12% とすれば檢鏡組織は第1圖に示す如くマルテンサイト状となり硬度は著しく増加し其の最大值は 320~360 に達する、然るに之以上 Ni を増加すれば漸次軟化し 18~20% 附近にて硬度はブリネル 120 に落ちる即合金せざる元鑄鐵より軟くなる譯である、此の場合の檢鏡組織は第2圖の如きオーステナイトである。従つて此點にて鐵は加工容易となり著しく靱性を増す、故に抗折試験にて普通鑄鐵の約 3—5 倍曲撓せしめ得る、一方 Ni が増すに従ひ次第に磁性を失ひ遂に少しも磁石に引かれぬ様になるが之れはメタルが完全にオーステナイト組織になり α 鐵が全部 γ 鐵に變化したものと解釋し得る。(第3圖参照)

Ni を 0 から 20% 迄増加した際の腐蝕率の變化を示す腐蝕曲線を見るに Ni 添加量 10% 迄は Ni の増加と共に腐蝕率は僅かに減少を來すに過ぎないが Ni 12~18% の間にては腐蝕率は急減する、然乍ら Ni を更に増加して 18~20% としても腐蝕率は僅に減少するに過ぎない、結局 15~20% Ni が最も廉價にして最も良き成績を擧げるといふ事になる、第4圖は硬度及腐蝕率曲線の代表的なものを示す。

更に材料の價格を減する爲にある程度 Ni の代用に銅を添加するが之は主として鑄鐵中の Cu の溶解度により支配される、而して Cu が Fe に對する溶解度は Ni と共存する場合には著しく増す、之れ Ni に Cu の代用が利用される所以である。即多くの腐蝕性物質の腐蝕率に及ぼす銅の影響は有害ではないから合金鐵の性質は種々の方法で改善される、例へば Cu の添加は硫酸の如き腐蝕性物質に耐へしめ従つて Cu が存在すれば多數の腐蝕物質に對し耐蝕性となる。(第8圖参照) 然も Cu を 6% 入れば Ni の相當量は置換され得る。

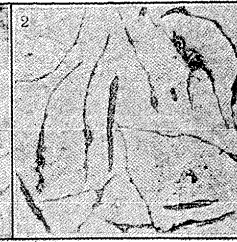
第 1 圖

オーステン鑄鐵組織中の
マルテンサイト $\times 500$



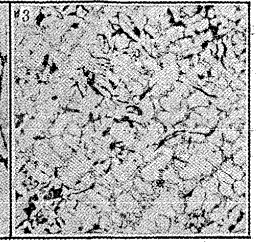
第 2 圖

オーステン鑄鐵の
顯微鏡組織



第 3 圖

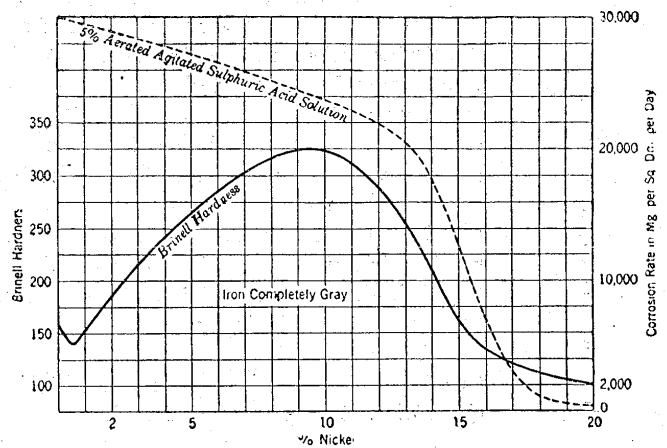
非磁性鑄鐵の顯微鏡組織
 $\times 100$



(縮寫 1/2)

第 4 圖

オーステン鑄鐵の代表的硬度及腐蝕特性



従つて此の製品の價格を低下し得る、尙 Cu が存在すれば熔解及凝固溫度範圍が下り爲めに金屬の流動性を増す、其の結果として普通鑄鐵と殆ど同様薄肉の複雑した品物に鑄造し得るに至る。

此の際一言し度きは以上の成分中に Mn がを添加する事推奨される事である、以上の成分の合金は $-46^{\circ}C$ 附近の溫度で多少マルテンサイト組織となる事が發見せられた、此の不安定状態は此の合金が幾分磁性の出て來る事と同時に多少硬化する事に依つて解る。

是の影響は Mn 含有量 0.30—0.60% の合金に見受けられるが此の種の合金に Mn を 1% 使用すれば低温變態を $-93^{\circ}C$ に下降せしめる、従つて普通の状態にてはかかる變化を起す危険はない、 Mn 含有量を 1.5% に増加すれば此の低温變態を $-184^{\circ}C$ に下降せしめ得る、此の理由に依り寒冷地を運搬したり又は低溫度で運轉する機械の如く極めて低溫度に接觸する材料を保護するには特に高滿量量が推奨される。

此種オーステナイト鑄鐵成分範圍は次の通りである。

C	2.75—3.10%	Mn	1.00—1.50
Si	1.25—2.00	Ni	12.00—15.00
S	0.04—0.12	Cu	5.00—7.00
P	0.04—0.30	Cr	1.50—4.00

ニッケル・クロム・珪素系オーステナイト鑄鐵ニクロシラルの發達

ニクロシラルは普通のオーステナイト鑄鐵より Si 含有量が遙かに大なる事を特徴として居る。低珪素鑄鐵に 4~10% の Si を添加して耐熱性の大なる材料の得られる事は已に明にせる所であるが残念な事に此の地鐵組織の高珪素鐵は延性が小なる爲用途が制限せられ温度の變化の著しい處及部分的に内力の作用する場所には用ひられない、此の高珪素鐵に Ni を 18% 添加すると地組織が地鐵よりオーステナイトに變化し著しく靱性及延性を増す。

ニクロシラルの成分は用途に依り變へ得るがこの變化は第 5 圖に示す如く制限されて居る、本圖は Ni 及 Si 量を變へた際全炭素量を異にする鑄鐵の組織に及ぼす影響を圖示したものである。

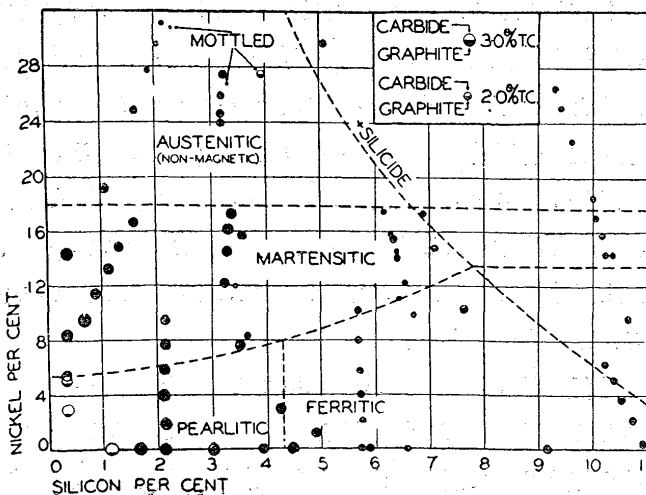
本圖は C 0.88~3.14%, Si 0~11%, Ni 0~32% の成分を有する各種合金の破面、分析、組織及冷却時の變態點の研究より得られたものである、圖中丸の位置は Ni 及 Si 量の比率を示し、又其大きさは全炭素量を示すものである。

各種元素の配合を變へれば種々の組織を生ずるが是等組織を表はす面積は點線に依り區分せられて居る、Ni 量を次第に増加すれば組織は地鐵よりパーライトを経てマルテンサイトになり 18% Ni にてオーステナイト組織となる、マルテンサイト組織を生ずるに要する Ni 量は Si 量の増すと共に増加するがオーステナイト組織生成に要する Ni 量は Si には無關係である、又此の影響は試験せる範圍内では炭素量にも亦無關係である。

本圖に依れば Ni 20% を含有すれば Si 量は 6% を超へてはならぬ、而して Cr が存在しても此の點に影響を

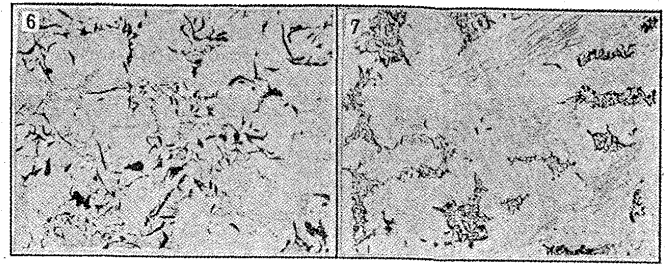
第 5 圖

顯微鏡組織に現れた鑄鐵に對する Ni と Si の影響



第 6 圖

第 7 圖



× 200 × 0.67				× 200 × 0.67			
T.C.	Si.	Ni.	Cr.	T.C.	Si.	Ni.	Cr.
1.89%	5.68%	18.01%	14%	1.58%	6.28%	17.02%	3.10%

及ぼさないが但所要 Ni の最小限度を低くするのである、而して Ni 量の低き場合には Si 量を高くした方が利益である。

ニクロシラルの C 量を減すれば耐熱性から見れば利益であるが低過ぎると溶解及鑄造の困難を來す、而して Cr が存在すれば黒鉛量は減する故高 Cr 含有のニクロシラルでは C 量を普通以上にしても差支へない。

全炭素量を低くする事は利益であるが下げ過ぎると鑄造性を害し且低 Cr でも薄肉部は白銹化する傾向がある、軟きニクロシラルの標準分析は次の如くである。

T.C.	Si.	Ni.	Cr.	Mn
1.8%	6.0%	18.0%	2.0%	1.0以下

是より硬く且抵抗性ある合金を必要とする場合には Cr を 3% 迄増せば良い。第 6 圖は本合金中軟き種類のもの、檢鏡組織である。これには黒鉛の小片、オーステナイト及炭化鐵の小部分が見られる、第 7 圖は硬き種類の合金の組織を示す、これの黒鉛は明かに前者よりも細いが炭化鐵の面積は遙かに大である。

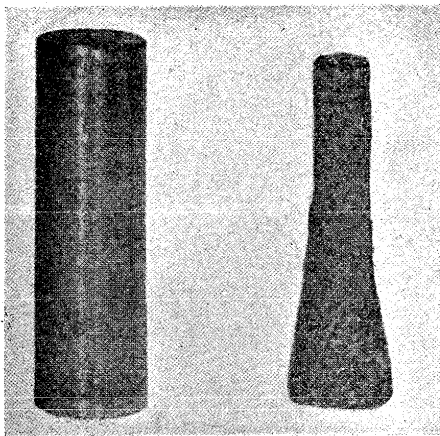
耐蝕性 (Corrosion Resistance) 勿論オーステナイト鑄鐵の最も重要な特長は其耐蝕性である、此處に注意すべきは腐蝕の問題は個々別々に研究せねばならぬ事である、即一つの腐蝕物質に耐蝕性である材料も他の腐蝕性物質には必ずしも耐蝕性ではない場合がある、然るにオーステナイト鑄鐵の成分を改良した合金は多くの腐蝕性物質に對して有効である。

Ni を添加してオーステナイト組織にした鑄鐵は苛性アルカリ及弱硫酸、弱鹽酸に對して特に耐蝕性である。

銅を含有する合金も同様の性質を有するが多くの工業用途には餘り歡迎されない、例へば苛性アルカリに對して極めて微量の銹を生じ化學製品を變色せしむるからである、併し銅は合金の耐酸性例へば弱硫酸に對する耐蝕性を材料的に改善するのに有効である。(第 8 圖參照)

満俺を含有するオーステナイト鑄鐵は耐蝕性といふ點では餘り香ばしくない故耐蝕性を要する處では問題にされない。之に反してCrは各種の腐蝕性物質に對する著しい耐蝕性を與へる。

第 8 圖
オーステン鑄鐵と普通鑄鐵の比較腐蝕試験
(5% H_2SO_4 に 100 時間浸漬)



第 1 表 腐蝕率比較表

Reagent	Austenitic Cast Iron	Ordinary Cast Iron	Brass	Bronze
5% sulphuric Acid Cold.....	1	475	1.12	1.08
10% do. at 100°C.....	1	195	0.15	0.15
78% do. at 100°C.....	1	1.95	—	0.08
5% Hydrochloric Acid.....	1	185	13.0	24.0
25% Acetic Acid.....	1	400	2.75	2.22
Salt Spray.....	1	2.9	0.27	0.08
Sea Water.....	1	5.0	0.5	2.15

第 2 表 腐蝕試験
腐蝕に依る 1 日の減量を mg/dm^2 にて示す

Reagent	Austenitic Cast Iron (1)	Ordinary Cast Iron (2)	Ratio (2):(1)
Atmosphere.....	Rusts Superficially	Rusts Badly	
do. 30 days.....	9.5	59.7	6
do. 90 days.....	7.9	63.5	8
do. 1½ years.....	3.5	35.0	10
Water Spray Vertical.....	6.6	207.5	32
do. Horizontal.....	17.6	244	14
Aerated Tap Water.....	7.8	67.2	9
3 % Salt Solution.....	50.0	190	4
12½% Fermented Molasses Sol.....	10.0	360	36
Bad Boiler Water 95°C.....	110	660	6
Ferric Sulphate.....	17,000	32,000	2
5% Sulphuric Acid Aerated.....	350	30,000	85
5% Hydrochloric Acid Aerated.....	507	26,665	50
10% do.....	598	29,475	50
20% do.....	1,111	33,270	30
Hot Caustic.....	80.0	430	8

耐蝕性用途には Ni Cu Cr を含有せるオーステナイト鑄鐵が最注目されて居る、此の種の鑄鐵は前述の如く、鑄鐵に直接モネルメタルを添加して得られるが是はニモル⁴⁾又はニ・レジスト等の名稱で製造されて居る。是は普通 14~15% の Ni 及 6~7% の Cu を含有し尙性質を向

⁴⁾ ニモルは 25% のモネルメタルと 4% の Cr を含有する鑄鐵である。

第 3 表

オーステナイト鑄鐵、磷青銅、普通鑄鐵の比較腐蝕試験
20 °C に於ける 1 日の減量を mg/dm^2 にて示す

(Corrosive Medium.)	Austenitic Cast Iron	Cast Iron	Phosphor Bronze
Acetic Acid, 33%.....	17.0	840	18.6
Boric Acid, 10%.....	7.7	57.4	4.6
Citric Acid, 5%.....	9.3	1,492	4.6
Formic Acid.....	13.9	138	13.9
Hydrochloric Acid, 1%.....	32.5	1,007	41.8
Hydrochloric Acid, 5%.....	54.2	3,360	57.3
Hydrochloric Acid, 20%.....	62.0	11,180	60.5
Nitric Acid, 1%.....	620	697	2,446
Nitric Acid, 5%.....	4,060	4,680	12,420
Nitric Acid, 20%.....	7,830	10,092	Dissolved
Oxalic Acid, 5%.....	6.2	55.8	12.4
Phosphoric Acid, 50%.....	26.4	4,650	7.7
Sulphuric Acid, 1%.....	26.4	1,642	18.6
Sulphuric Acid, 5%.....	37.2	6,880	37.2
Sulphuric Acid, 20%.....	41.8	13,720	38.8
Sulphurous Acid.....	240	1,032	9.3
Tartaric Acid, 5%.....	10.8	1,040	10.8
Vinegar.....	4.6	104	4.6
Acetone.....	1.5	4.6	1.5
Aluminium Sulphate, 5%.....	20.0	96.0	10.8
Ammonium Chloride, 5%.....	10.8	35.6	57.4
Ammonium Nitrate, 5%.....	51.2	163	57.4
Ammonium Sulphate, 10%.....	9.3	32.6	13.9
Ammonium Sulphate + 5% Sulphuric Acid.....	26.3	11,160	21.7
Carbon Tetrachloride.....	1.5	3.0	3.0
Copper Chloride, 10%.....	1,394	8,030	543
Ferric Chloride, 5%.....	667	1,038	347
Fuel Oil.....	1.5	1.5	1.5
Hydrogen Peroxide, 20 vols.....	6.2	9.3	1.5
Magnesium Chloride, 10%.....	7.7	18.6	6.2
Magnesium Sulphate, 10%.....	3.1	14.0	3.1
Potassium Alum, 10%.....	15.5	372	20.2
Sea Water.....	6.2	23.2	6.2
Sodium Chloride, 3%.....	7.7	12.4	3.1
Sodium Hypochlorite.....	223	688	80.6
Sodium Sulphate, 5%.....	9.3	7.7	9.3
Sodium Sulphite, 10%.....	3.1	6.2	1.5
Sodium Sulphite, 5%.....	1.5	1.5	17.0

上せしめる爲に 2—4% の Cr を添加する、第 1 表、第 2 表、第 3 表は此の種の合金の耐蝕試験の結果を示すもので各別の研究より得られたものである。

是等の 3 表は普通鑄鐵に比してオーステナイト鑄鐵の優秀性を示し同時にオーステナイト鑄鐵は種々の状況にて眞鍮、青銅の如き非鐵合金にも優る事が解る、殊に鹽酸による腐蝕はオーステナイト鑄鐵が試験合金中最良の耐蝕性を與へる、オーステナイト鑄鐵は弱硫酸に對して特殊の耐蝕性を有して居る、表中の數字を見ればオーステナイト鑄鐵の腐蝕率は普通物質のその 1/50 である、是等全然別の研究より得られた結果を見れば、オーステナイト鑄鐵の腐蝕抵抗は普通鑄鐵のその 500 倍に上る事が解る。

此外オーステナイト鑄鐵は苛性アルカリ、諸種の有機酸其他一般腐蝕劑たる水、空氣等に對して耐蝕性大である、蓋し此事實は多方面の工業に對し又日常の諸用途に供し得る所以のものである。

水蝕抵抗 (Erosion Resistance) 合金はオーステナイト組織生成に必要な最小量より幾分多量に用ひる必要ある事が強調されて居る、若し合金元素が最小量以下なる時は

組織中に微量のマルテンサイト組織を生じ（第1圖参照）又最小量に等しき鑄鐵は工具にて切削中鐵が硬化する傾向がある。これはある種のオーステナイト鋼が變形に際して其組織をマルテンサイトに變化し鋼の切削に影響する現象に類似して居る。これは仕上工場に於ける難問題で之を避ける爲に充分なる合金量を使用する事になつて居る。

然るに一方例へばポンプの部分品の如き鑄物では單に腐蝕抵抗を必要とするのみならず固形物が浮游する液體の衝突に耐へる爲に相當量の水蝕抵抗を有する事が必要である、土砂を多く含む水の如き之である。

オーステナイト鑄鐵中の或るものはかゝる場合普通材料に比して水蝕抵抗が著しく優れて居る。

事實時としては水蝕抵抗が高満俺鋼に優る事さへある、此水蝕抵抗の大なる事は多少は上述の表面硬化に基くもので、此表面硬化は繰返し衝擊を受ける際表皮がマルテンサイト組織になるからである、

第4表はオーステナイト鑄鐵と普通鑄鐵との比較を示す。

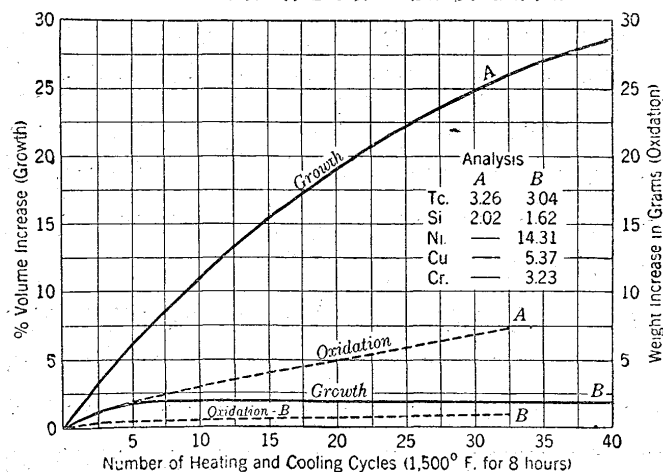
第 4 表

オーステナイト鑄鐵及普通鑄鐵の浸蝕に依る減量比較

Mixture	Austenitic Cast Iron	Cast Iron
Sand and Water 50/50.....	145	320
Coal dust and water 50/50.....	18	84
Clinker and water 50/50.....	144	320

第 9 圖

オーステン鑄鐵と普通鑄鐵との酸化及成長曲線



腐蝕及水蝕の共同作用に対する抵抗は砂及他の固形物の浮游する海水及河口水を處理するのに特殊の價值がある、此他化學工場にては結晶含有溶液のポンプ其他の設備に於て固體及液體の混合物の腐蝕及水蝕の甚しい部分に於て此オーステナイト鑄鐵は重要な役割を演じ得るのである。

耐熱性 鑄鐵中に Ni 及 Cr が多量に存在すると言ふ事は此材料が高温用途に適當である證據となるものである、

普通成分を有する本合金鑄鐵の酸化抵抗は $650\sim 815^{\circ}C$ の範圍内で酸化氣流中にて普通鑄鐵の 10 倍乃至 12 倍の酸化抵抗を有する。第9圖は普通鑄鐵とオーステナイト鑄鐵との酸化抵抗の比較を示す。

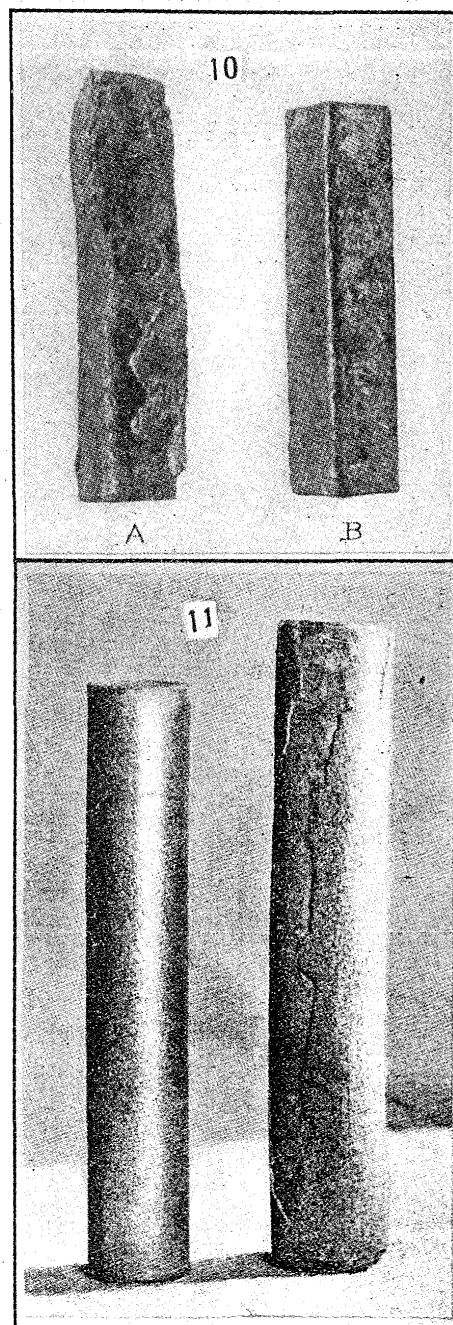
酸化抵抗に關聯して最も重要な本鑄鐵の特性は比較的成長⁵⁾せぬ事である、オーステナイト鑄鐵は元來オーステナイト組織なる故加熱冷却に際して變態を生ぜず且膨脹收縮せざる故普通鑄鐵程成長しない事になる、第9圖は炭酸ガス氣流中に於ける普通鑄鐵及オーステナイト鑄鐵の成長に對する抵抗の相違を示したものである。

第10圖及第11圖は爐内瓦斯中にて約 $950^{\circ}C$ の溫度に繰返し加熱された普通鑄鐵及オーステナイト鑄鐵製試驗片の耐熱比較を示す、之を見れば普通鑄鐵は烈しく焼損され喰はれて居

第 10 圖

オーステン鑄鐵と普通鑄鐵の耐熱試験
($950^{\circ}C$ に繰返し加熱)

A. 普通鑄鐵 B. オーステン鑄鐵



第 11 圖

繰返し加熱に依るオーステン鑄鐵と普通鑄鐵との酸化成長の比較
オーステン鑄鐵 5% " 普通鑄鐵 6% "

⁵⁾ 成長は結晶粒子間隙の擴大、酸化物發生メタルの内部破壊等より來るものである。

るに拘はらずオーステナイト鑄鐵は成長する事なく其形狀を保持し極めて堅靱なる酸化物の薄層にて被はれ居る事を知る、鼠鑄鐵の性質を有し然も成長及腐蝕抵抗を兼備する事は耐蝕性を必要とする用途に利用せらるるのみならず更に金屬と金屬とが高温接觸の場合膨着せぬ様になし得る所以のものである。

第5表は鹽類浴、硫化水素及其他酸化又は化學的侵蝕物の如き腐蝕性物質に對する抵抗を示す。

以上の結果は事實相當高温(815°C以下)に於ける化學的侵蝕に對する抵抗を示す。

オーステナイト鑄鐵は普通鑄鐵より硫化物及スケールの出方が遅く且其の侵蝕の深さが浅い。

第12圖は高温に於ける此の種鑄鐵の強度を圖示したものである、是等の結果は短時間の試験にて得られたもので480°C以上の温度に於て強度の減少は多少あるが然し普通鑄鐵より少い、長時間加熱された試験片の分析を見るに加熱期間中全炭素量は不變である。従つて普通鑄鐵に有り勝の黒鉛化及強度減少はオーステナイト鑄鐵にはない、故に高温に於ける耐荷重能力は大にして繰返し加熱冷却に依つても急速には破壊せぬのである、此耐熱安定性は現今數種の用途に用ひられる所以のものである。

第 5 表

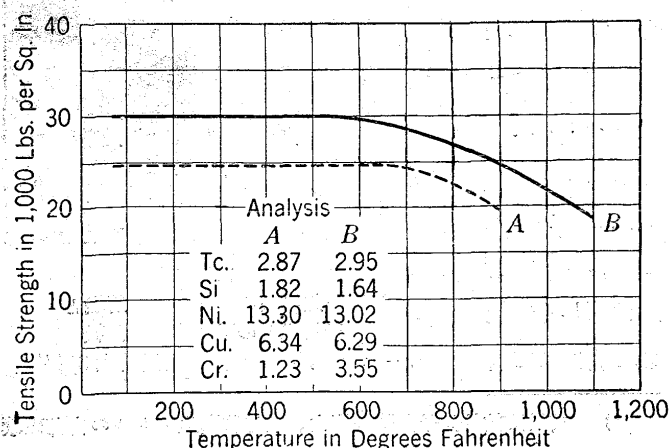
オーステナイト鑄鐵及普通鑄鐵の熱鹽液乃至熱瓦斯中に於ける腐蝕比較

	H ₂ S at 205°F.	1500°F. Liquid Salt	Oxidation Scale Formed in 240 Hours	Growth after 240 Hours Heating
Austenitic C. I.	58.5 (x) (a)	509 (x)	9,000 (a)	2-6% by volume (a)
plain C. I.	319 (x)	1620 (x)	92,000	25-30% by volume (a)

(x) Wt. loss in mg. per sq. dm. per day after removing adherent corrosion products.
(a) Contained 2/3% Chromium.

第 12 圖

2種のオーステン鑄鐵の高温に於ける抗張試験



非磁性 電氣工業に於ては非磁性鑄物が要求されるが、之には從來眞鍮、青銅等の非鐵合金が用ひられて居た、併しオーステナイト鑄鐵は今や充分此の問題を解決して居る、即此の鑄鐵は總ての實地用途に對して非磁性であると同時に從來用ひられたる非鐵合金より安價にして且よく要求に適合する。

Ni, Mn オーステナイト鑄鐵は元來此の方面に使用する目的にてノーマグなる名稱の下に發達した物であるが現在にては非磁性はオーステナイト鑄鐵全體の特徴である事が知られて來た、故にオーステナイト鑄鐵は大部分其の成分を適當に調整すれば此の用途に使用せられるのである。

第6表はオーステナイト鑄鐵の電氣的磁氣的性質を鋼及若干の非鐵金屬と比較して掲げたものである。

本表に依れば非磁性鑄鐵の導磁率は約1である、従つて多くの所謂非磁性非鐵金屬と近似して居る。

第 6 表

オーステナイト鑄鐵の電氣的並に磁氣的性質

Material.	Magnetic Permeability Maximum.	Specific Resistance Micro-ohms per cm. cube.	Resistance Temp. Coefficient between 0°C. and 100°C. per deg. C.
"Nomag" (Austenitic Cast Iron)	1.03	150	.00045
Cast Iron.....	240.00	95	.0019
Steel (Siemens-Martin).....	8,350	18	.003
Brass (Annealed).....	approx. 1	7.0	.002
Pure Copper (Annealed).....		1.59	.00427
Pure Aluminium.....		2.62	.00423

前に引用した Ni 含有合金鑄鐵に關する研究に依れば 20% 乃至 25% の Ni を含有する鑄鐵は非磁性であり、之より Ni が增加すれば次第に磁性を恢復する事が知られた、此の點では Ni 鐵合金に類似して居る、故に非磁性用オーステナイト鑄鐵の成分撰擇には合金添加量が過量に過ぎぬ様注意せねばならぬ。

電氣的性質 前掲の第6表はオーステナイト鑄鐵の電氣的性質を示す數字である。其他オーステナイト鑄鐵に付いても同様の數字が擧げられて居る、一般にオーステナイト鑄鐵は普通鑄鐵より約 50% 比抵抗が大であると同時に比較的抵抗の温度係数が低いといふ利益がある。此の性質より見てオーステナイト鑄鐵を抵抗用グリッドに用ひれば所要の抵抗を得るに必要な鑄鐵が少量にて充分なるのみならず、温度の上昇に際して抵抗が比較的一定である、此の最後の特徴は牽引設備には非常に重要である、例へば電車又は電氣機關車の始動性質は抵抗バンクの初温度に依り非常に變化するからである。

熱膨脹 本合金の 600°C 以下の熱膨脹係数は普通鑄鐵より 50% 大にして青銅のそれに近似してゐる。従つて Al 合金ピストンを有する自動機關、飛行機關及船用機關のライナーに使用されて其の發達に貢獻して來たのである。

アルミニウムの膨脹係数は大なる故從來幾分複雑なピストンを設計するには Al 合金中其の膨脹係数が普通鑄鐵に匹敵する如き鑄物を造る事が必要であつた。

Al 合金と殆ど同等の膨脹係数を有する高膨脹合金鑄鐵の發達と共に此の兩者の組合せに依り加熱時に於ても完全に運轉し得る様になつた、此の種多數の機關は已に實驗的に造られて立派に運轉し得る可能性を示して居る。

機械的性質 オーステナイト鑄鐵の抗張性は幾分低い故之を普通鑄鐵のそれに匹敵せしむる爲種々の手段が必要となつた、是が爲には Si 及 C 量を減少するか又は Cr を添加すれば良い、Cr を添加するのは抗張性改善の最も實用的方法であると同時に Cr 添加に依り齎せられる他の有益な性質を利用する事が出来る。

Cr を含有せざる鐵はブリネル硬度約 100 であるが Cr 20% を含有すればブリネル硬度 140 になる従つて其硬度は普通鑄鐵と正に匹敵するに至る、更に Cr を増加すれば硬度を更に増加する、而して 1% の Cr 添加はブリネル硬度數約 20 を増す従つて 6% Cr を添加すれば 220~240 のブリネル硬度を得る、然し是の硬度では幾分切削困難であるから 2~3% の Cr が推奨される。

此の合金が硬化する性質は磨耗及變形に對する抵抗を必要とする場所に用ふれば有用である。此の種合金鑄鐵は普通鑄鐵と同様チル可能にしてブリネル硬度 350~400 が得られる、然し多くの用途には切削容易にして鼠鑄鐵の性質を有するものが望ましい。

此の目的に對しては 14% Ni、6% Cu、2~3% Cr 及約 3% C なる成分が標準とされて居る、アムスラーのプレーキシュー型磨耗試験機を用ひ普通鐵と此合金鑄鐵との比較磨耗試験を行ひたる結果此種合金鑄鐵は普通鐵の 5 倍の耐磨耗性のある事が判つた、元來磨耗試験は其方法を詳細に定義する必要があるが以上の實驗結果に依れば此成分を有する合金鑄鐵は良く磨耗に耐へ得る、他の元素を一定にして C 及 Si 含有量を變へれば次の如き範圍の機械的性質が得られる。

標準試験片

抗折力	最大撓み	抗張力 (32mm)	ブリネル硬度
1,100—1,800 kg	5—7.5 mm	14—24 kg/mm ²	120—170

(上記各値が相當の開きを有するのは 14% Ni、6% Cu と共存する Cr C 及 Si 量の多少に依るのである。)

此の合金が抗折試験に於て比較的撓みが大なる事は靱性が著しく増加した證據である、此の事實はアイゾット衝擊試験機に依る成績にて更に立證して居る即特別輕量の重錘を用ひて試験したるに此の普通鑄鐵の吸收エネルギー 1.3~2.1 kgm に比し此の耐蝕鑄鐵のそれは 11~15 kgm を示せり、これは衝擊抵抗を必要とする種々の設備に使用する上に重要な要素である。

切削性 14% Ni、6% Cu、2% Cr の標準成分を有する合金は普通鑄鐵と同様の機械的性質を有するのみならず切削性を有するのである。

上述の如く 3% 以上 Cr を添加した合金は硬くなる故其の切削速度は非常に減少して軟質鼠鑄鐵の約半分になる、此の合金鑄鐵の靱性を大にする爲めにはブリネル硬度を約 30~40 程低下し普通鑄鐵と殆ど等しき切削速度にて切削せねばならぬ。

熔接 是の材料は普通アーク又はアセチレンに依り同成分の補助棒を用ひて旨く熔接し得るのである、且出來た熔接部は軟かく硬き隆起なく従つて切削可能である、又普通鑄鐵用の補助棒にも適する。

オーステナイト鑄鐵の鑄造法 オーステナイト鑄鐵は普通の設備を有する鑄物場及機械工場にて普通の操業法で容易に製造し得る、但合金鑄鐵の場合に於ける如く其製造法には種々ある。

オーステナイト鑄鐵を多量に必要とする場合にはキューボラ中にて特殊添加物を直接鑄造地金に添加するのが最も經濟的な製造法であつて從來充分満足なる結果を與へて居る、Ni Cu Cr 系鑄鐵を作る場合にはキューボラには大略下記の成分を有する特殊銑を添加するのが便利である。

Ni	Cu	Cr	C	Si	Fe其他
56.0	23.0	7.5	1.0	0.25	殘餘

此特殊銑はオーステナイト鑄鐵に耐蝕性及耐熱性を賦與し得る様に Ni、Cu 及 Cr の含有量を計算してある、故に此特殊銑を 25% 乃至 30% キューボラ裝入物中に添加すれば所要の結果を得る事が知られて居る。

モネルメタルを其儘添加する事は Ni 及 Cu の所要量を得る有效な方法にして丁度特殊銑の場合と同様生子形又はスクラップ狀のモネルメタルをキューボラに添加すればよい。Ni 及 Cu を別々にキューボラに添加しても良いが其

際添加物の外形は装入物中にて其位置を保ち落下して下部の鐵と混ぜぬ様なものである事を要する。

Cr は便宜上 キューボラに入れても取瓶に入れても良いが冷 Cr の取瓶添加量は 1.5% 乃至 2% を超へてはならぬ、高炭素含有の低品位のクロム鐵が此の目的に適應して居る、即高炭素はクロム鐵を所要の大きさの粉末にし同時に鐵と容易に合金し得る様に熔解點を下降せしむるに役立つのである。

キューボラ装入物の殘餘は良質の普通銑鐵又はスクラップとす可きである、P は充分少くせねばならぬが C は少量に過ぎてはならぬ、即最後の製品中の C は約 3% にす可きである、製品中の Si は約 2% にするのが良い。

オーステナイト鑄鐵鑄物の需要が少くてキューボラの全操業をオーステナイト鑄鐵製用に調整し得ぬ場合には坩堝熔解法が用ひられる、反射爐乃至廻轉爐を用ひ得れば鐵の成分を自由に調整する上に理想的である。

如何なる鑄物場にも適用し得る製造法は坩堝中にて上述の特殊銑と別に熔解する方法にして之に依れば特殊銑は速に熔解し綺麗な液狀合金添加物を得る。金屬の所要量が坩堝中にて熔解したらば湯出しする眞際に取瓶中に注入する

オーステナイト鑄鐵を鑄造する際の木型の縮み代はアルミニウム鑄造法に準ずるを可とする。湯口、押湯口等の大きさ及位置も Al 合金の鑄造と同様にし且普通鑄鐵鑄造法の場合よりも是等の割合は嚴密を要しない。

上述の合金鑄造法は何れも高温熔解せねばならぬ、而して此合金は普通のキューボラ状態にて湯足がよくオーステナイト鑄鐵に必要な薄肉鑄物にても充分に湯が行渡る、時として 3mm 以下の薄肉の鑄物が完全に作り得られる。

結 論

オーステナイト鑄鐵は冶金方面で最新に進歩した物の一つであるが、特に専門的の要求に適合し然も安價なる材料として化學、電氣及動力方面の技術者に認められて來た、蓋し此新合金の發展は確實であると言ひ得る、オーステナイト鑄鐵の發達が特に鑄物業者に利益を與へるといふ點はオーステナイト鑄鐵を製造するには普通の鑄物場と同様の設備を旨く利用するに過ぎないからである。

質 疑

○115 番(杉村伊兵衛君) 今の御話に付て一寸伺ひますが、何か特殊な合金がありまして、それを鑄鐵に加へますのに、それをどう云ふ風にしてやるのですか、急に中に放り込んでやるのが宜いのです

か

○藤原唯義君 中へ放り込んでやつても宜いのですが、場合に依りましては取鍋に加へるのです

○115 番(杉村伊兵衛君) 取鍋に入れるのですか

○藤原唯義君 つまり使用する合金の全部を外から入れる場合には之を別に熔かして取鍋で混ぜるのでありますが、單に其一部分丈加へる場合には Ni は F ニッケルの形で又 Cr は細粉として直接(フェロシリコンを熔鋼に加へる場合と同様)取鍋に加へるのであります

○115 番(杉村伊兵衛君) 全部熔けたものを入れてはどうですか

○藤原唯義君 それが一番宜い譯ですけども、上記の場合にはそれを細かくして入れるのです

○115 番(杉村伊兵衛君) それを取鍋に入れるのですか

○藤原唯義君 普通の方法であれば、それを熔かしてやるのがノーマルの方法ですが

○115 番(杉村伊兵衛君) それでは別に熔かしてやるのですか

○藤原唯義君 別に熔かして入れる、それがノーマルの方法です

○107 番(工藤治人君) 一寸御伺ひ致しますが、先刻の御話の中に何かパテントの名前がありますが、それはどう云ふものですか

○藤原唯義君 普通に云ふオーステナイト鑄鐵は其特許名をニ・レヂストと稱し Ni と Cu と Cr それから滿俺から出來て居ます

○107 番(工藤治人君) 別の表の方も矢張りパテントになつて居るのですか

○藤原唯義君 さうです、つまり Ni、Cr、Si 合金鑄鐵の方はニクロシラルとして又 Ni、Cu、Cr、合金、鑄鐵の方はニ・レヂストとして特許になつてゐるのです、尤も之等は名前丈の特許で此成分のものゝ製作は自由であります

○133 番(甲藤新君) 第 6 表の一番上の行にノーマグ (Nomag) と云ふのがありますが、是はどう云ふ所から出來た名前でありますか

○藤原唯義君 是はドーソンと言ふ人が、1924 年頃にオーステナイト・キャスト・アイオンを造つた時ノーマグと云ふ名前を自分でつくつて、斯う云ふノーマグと云ふ名前を雑誌に初めて出したのですが、其名前が今でも残つて居るのであります

○12 番(大西信三郎君) 大變只今の御話は私共の参考になりましたが、只今御話の中にありましたが、Ni、Si、Cr 系オーステナイト鑄鐵の方で全炭素がどう致しましても 2% 以上になるやうですが

○藤原唯義君 先程申し上げましたやうに、C が少いやうにした方が耐熱性の點からして宜いと思ひますが C が少くなると熔解及鑄造の困難を感ずると思ひます。

○12 番(大西信三郎君) Cr を入れるとどうですか

○藤原唯義君 Cr を入れると C が多いと云ふ悪い影響はなくなるのです

○12 番(大西信三郎君) Ni、Si を入れると非常に悪影響を及ぼすだらうと云ふことを聞いて居りますが、今の御話ですと、アブレーションが宜いと云ふことでありますが、あゝ云ふものに對して何か研究されたものゝ報告と云ふやうなものはございませぬでせうか

○藤原唯義君 アブレーションと云ふのはつまり磨耗性ですな

○12 番(大西信三郎君) つまり磨耗性です

○藤原唯義君 アブレーションつまり磨耗性が宜いと云ふことに關しては外のパンフレットを出して居りますが、それは中々宜いやうです

○12 番(大西信三郎君) 其 C は幾ら位ですか

○藤原唯義君 それは幾らでも構はないと思ひます

○12 番(大西信三郎君) それは Cr で加減するのですか

○藤原唯義君 Cr で加減しても構はないと思ひます