

拔萃

低溫度に於けるフェロニッケルの脆性に就て

(P. Chevenard: Revue de Métallurgie, No. 4-1922)

K K 生

クロード式空氣液化機の緩壓器の弁は零下百八十度に達し且つ比較的激しき衝撃を受けるから、極めて脆性少く同時に衝撃による變歪に耐ゆる丈けの硬さを有する金屬を使用せねばならぬ。然し如何に軟い鋼でも液體空氣の溫度では非常に脆くなるものである。そこで千九百十二年佛國の液體空氣會社 (La Société "L'Air Liquide") は Commeny-Fouchambault et Décazeville 會社に抗張力耗平方上六〇乃至七〇珎を有し且つ非常に低い溫度で衝撃抗力が餘り減ぜぬ様な合金の研究を依頼した。

之に對し Ch. Ed. Guillaume 氏は高ニッケル鐵合金が適當と考へたのである。氏の說によれば此の合金は常溫に於て頗る衝撃抗力に富むのみならず、非常に低い溫度でも此の性質を有するからである。Dion Bouton 工場に於て G. Claude 氏の面前で行ふた衝撃試験は、正しく氏の先見を證據立てたのである。即ち常溫に於て糲平方上二八珎の衝撃抗力を有する極軟鋼が零下百九十度で〇、五珎米となりしに拘らず、或る高級フェロニッケルは其の溫度に於て四〇珎米の衝撃抗力

を有して居た。(Frémont 式衝擊試験機にて試験す) 斯くして液體空氣會社によりて課せられたる問題も解決された。以下試験の概要を示さう。

一、試験裝置

試験は二十度、零下七十九度及零下百九十度の三種の溫度に於てなされた。氷點下百九十度となすには液體窒素により、又零下七十九度の溫度は雪狀無水炭酸及アセトンの混劑によつて得られる。衝擊試験はフレモン式衝擊試験機 (十五珎の物質を四米の高さより墜下して試片を衝擊す) を使用する。大氣溫度以下に於ける金屬の脆性を試験するには此のフレモン式試験機が有効である。即ち操作簡單迅速で且つ小さい試片を使用する事が出来るから試片用金屬と起寒劑を節約し得る。

(使用せる試片はフレモン型正規試片にして寸度 $35 \times 10 \times 3 \text{ mm}$ 、廣正面の中央に幅、深さ共に一珎の截込を設く)

試片は仕上の後冷鍛の影響を除くため、等齊に九百度に焼鈍した。而して低溫度となすためニッケル製のピンセットに挟んで Dewar 瓶の中にある冷液に漬け、それを既に落下準備の整へる衝擊試験機の鐵礎上に急いで持ち來り飯製案内具の補助により直ちに定位位置に置き試験を實施する。此の間五秒以上を要しない。

雪狀無水炭酸から試片を取出した時には試片の周圍に附着して居る糊狀の起寒劑層を其儘にして置かねばならぬ。そうすれば衝撃の時にも零下七十九度の溫度を保つことが出来るが、液體窒素 (其の溫度は零下百九十五度) より取出す時は試片の溫度は著しく昇る。然し Baros-Constantan (Baros はクロムニッケル、Constantan はサームコップルを以て補助的試験をなせる結果によれば、右の操作中に上昇する溫度に三乃至四度なる

を知つたから試験時の平均温度を零下百九十度として採用したのである。

右の試験は結果の正鵠を期するため重複して行つた。試片には何等の缺點はないが合金が非常に軟い時には衝撃試験の結果は一致しない。之は試験機の示す數値は試片を屈撓するに要する仕事と鐵磁上縁に屈折せられてなす摩擦の仕事との總和であるからである(第一圖)。又試片の微量なる寸度の差異や、偏位等も機の指示に影響がある。然し試片の變形の模様によつて衝撃抗力の大小を區別することが出来る。第二圖は主なる變形を示す。

A 少しも裂開せず

B 縦方向に輕微なる裂門を生ず

C及D 大なる縮方向の裂開

E 破切す、變形大なり

F 破切す、變形輕微

温度を降下せば三四、五%以下のニッケルを有するフェロニッケルの非可逆變態 $\gamma \rightarrow \alpha$ を決定することが出来る。(液體水度迄降下して γ 鐵と Fe_3Ni (34.5% Ni)の間に介在する合金の冷却に於ける $\gamma \rightarrow \alpha$ 變態を證明する事を得たり Revue de Metallurgie, 1914, XI Page 857)

眞の健淬とも言ふべき斯の如き作用は金屬の脆性を増す、然し炭素、滿庵、クロム等の元素を加ふれば γ 鐵に富むフェロニッケルの非可逆變態は起り惡くなる。故に衝撃試験前冷却により α 状態に達せる合金を知ることが出来る。即ち破切せる試片の斷片から圓柱狀棒を作り熱膨脹を行ひしに果して加熱曲線上に鈎狀が現出して前の非可逆變態のあつたことを證明し得たのである。

二、結 果

拔 萃 低温度に於けるフェロニッケルの脆性に就て

イ、純フェロニッケル(第一表)

之等の合金は實際的に炭素及硅素がないものと看做し得べく單に鍛造作業上必要なる少量の滿庵を有して居るに過ぎぬ。常温に於ては總てのフェロニッケル(γ 鐵とニッケルの固溶體)の衝撃抗力は略同量であつて四〇乃至五〇庇米である。變形Aは鐵に富むもの(鑄流番號第二一二及二六〇)、又はニッケルに富むもの(鑄流番號第二三六、一九六及二八〇)の状態である。三〇乃至七〇%のニッケルを有するものは多少縦方向の龜裂を呈する。今可逆合金の抗張力曲線を見るにニッケル六〇%のものは最大の抗張力を有す故に變形Aの如く破切せざる合金は非常に軟で、比較的張抗力は少いが破斷の延伸が非常に大である。

寒冷の影響は非可逆變態 $\gamma \rightarrow \alpha$ をなし得る合金に著しい、即ち脆性は顯著となり大氣温度に復歸しても衝撃抗力は回復しない(鑄流番號第二一二、二六〇及二三九)。然し冷却によりA變態點に達せざるも γ 鐵に富む合金は低温度に於て一時的の脆性を得る。故に非可逆變態が零下百二十五度に始まる、第二三九號の合金は零下八十度に於て二十度のものよりも非常に脆い。同様に第三〇六〇號及第二六一號も零下八十度及百九十度の間に於て非常に衝撃抗力を減少す、然し液體水素(零下二百五十三度)に浸漬して此二種の合金の非可逆變態をなさしむることは不可能である。

四〇%以上のニッケルを有するフェロニッケルは二十度に於けると同様に零下百九十度に於ても脆くない。之等の合金中最も軟なものは温度が降れば冷却に伴ふ抗張力の増加と共に稍衝撃抗力を増すものがある。

ロ、炭素を含むフェロニッケル(第二表)

液體空氣の溫度に於ては之等の合金はオーステナイト組織を有す、實に炭素はフェロニッケルのA₁變態點を降下するの效果がある。而して之等の合金は二十度及零下七十九度に於ても脆くないが、然し零下七十九度及百九十度の間では第二四二、一八四三、七八〇四號の三合金は鐵分が多い程衝擊抗力は減少する。

八、滿俺を含むフェロニッケル(第三表)

滿俺を加ふれば鐵、ニッケルのオーステナイトの安定度を増すために零下百九十度に於てγ状態を有して居る。

滿俺が多くても(第一六五號滿俺一三、一%)炭素の少い合金の脆性には大なる影響がない、純フェロニッケルに於ける如く炭素量の少ない合金は鐵分が六〇%を超過する時は著しく衝擊抗力を減ずる。滿俺が多量の炭素と共存する時は(第一六〇、一七五)常溫に於ても脆い、此の場合顯微鏡によりオーステナイトの中に炭化物の粒が散在するのを見る。

二、クロームを含むフェロニッケル(第四表)

本表の結果からクロームのフェロニッケルに及ぼす作用を決定的に説明することは困難である。

炭素が少量であつてもクロームを添加すれば衝擊抗力が減少する様である、而して此の不良なる結果はニッケルの量が大なる程著しい。然し全體として試験結果は一致しない、且つ同一溫度に於ける衝擊抗力は成分に従ひ不規則的に變化して居る、此の異常の原因は比較的熔融溫度の低い坩堝爐で準備したため熔解が不完全で合金が等質を缺いたからと思はれる。

三、結 論

非常に低い溫度に於ける脆性は二種 of 同素異態下にある鐵の特性に關する。α状態の鋼の衝擊抗力は零下百度以下に於て減少し、γ鐵六〇%以上を有するオーステナイトも同様に非常に低い溫度で脆くなる。

反對にニッケル及高級フェロニッケル(ニッケル四〇%以上)は凡ての溫度に於て全く軟である。而して若干の炭素及滿俺が存在しても此の性質は變らないがクロームを加ふれば稍脆性を増加する。

零下百九十度で脆性を呈せぬフェロニッケル中寒冷機として孰れの合金が適當するやは經濟上並に實用上要求する物理的條件から考察せねばならぬ、且つクロード式緩壓器の弁は鑄鐵に近似する膨脹率を有することが必要である。即ち五五乃至六〇%のニッケルを有する合金がよい、又瑕瑾なく鑄流、鍛造、機械作業、仕上が容易なるため滿俺一乃至三%、炭素〇、二乃至〇、四%を加ふるを可とする。之に反し硬度を増すためにクロームを加ふることは不要である、何となれば液體空氣の溫度に於てフェロニッケル又少量の滿俺を加へたものは満足すべき弾性界を有するからである。

斯くの如き合金はA₁MEなる名稱を以て市中に販賣されて居る。第三圖の曲線はA₁ME合金の機械的性質を示す、冷却せば弾性界E、破斷界Rを増大するけれども延伸率A、絞搾率を減少することが少い。此の合金は液體空氣の溫度に於ても左の如き優良なる性質を有して居る。

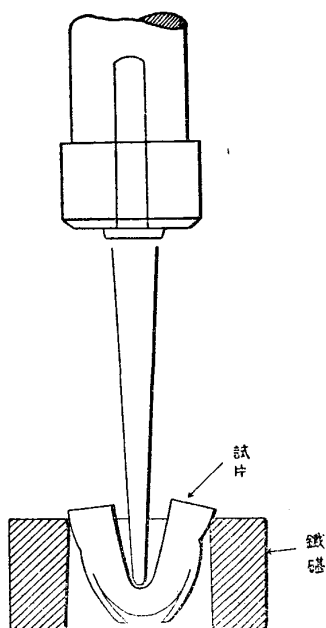
弾性界

耗平方上四〇珎

破斷界

八〇珎

第一圖



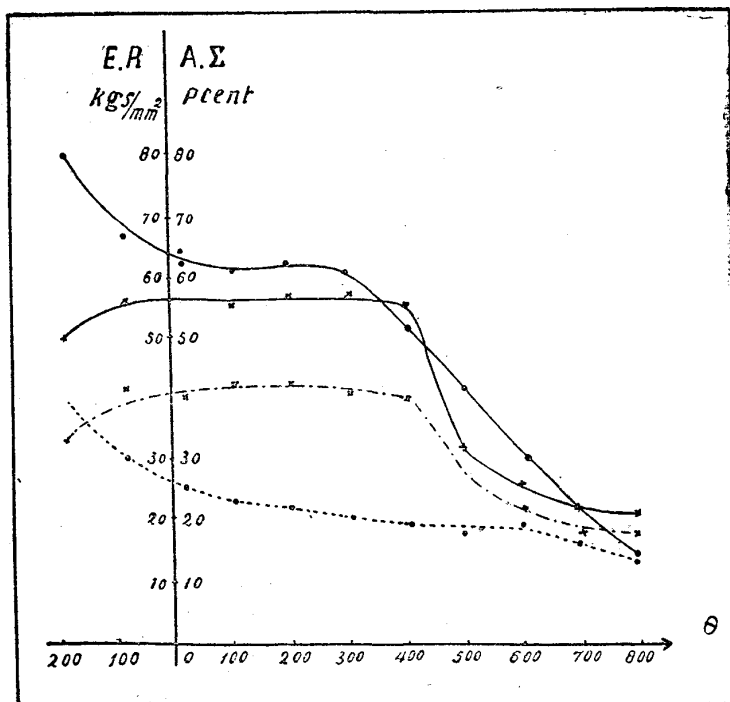
以上の結論は約十年間の實際的試験により確められたのである、即ち千九百十二年以來クロード式緩壓器の弁は AMF 合金によつて製作せられ使用間危禍的破斷は皆無となつたのである。

附記 AMF 金屬は千九百十八年五月二十二日第四九三、八五四號を以て Comenty-Fourchambault et Dèzeville 會社が佛國の特許を得又諸外國の特許をも得て居る。

延伸率 四〇%
 絞搾率 五五%
 衝擊抗力(フレモン式) 厘平方上四〇厘米以上
 若し部品が特に大なる力に抗せねばならぬ時は若干の冷鍛を加へ弾性界を増すことが出来る、これは暗紅色の温度に終る如き熱間作業によつて得られる、如斯き鍛造の儘の弁桿より採取せる試片は零下百九十度に於て脆性なく而かも大なる弾性界を有すること次の如くである。

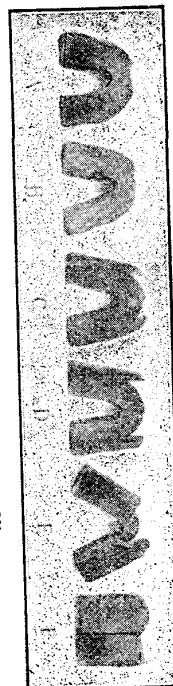
弾性界	耗平方上六五厘
破斷界	九五厘
延伸率	二五%
絞搾率	五五%
衝擊型力(フレモン式)	厘平方上二五乃至三〇厘米

第三圖



700°に焼鈍せるAMFの機械的性質

第二圖



衝擊試験後の試片の状態

第一表 純フェロニツケル

鑄流番號	炭素	成分	衝擊試驗					
			20°		-79°		-190°	
			衝擊力 Kg _m /Cm ²	破切の狀態	衝擊力 Kg _m /Cm ²	破切の狀態	衝擊力 Kg _m /Cm ²	破切の狀態
212	0.06	25.9	49	A	50	A	12	F
260	0.08	28.9	46	A	45	B	18	F
239	0.08	32.0	49	B	42	C	33	E
3060	0.08	35.3	52	C	43	C	34	E
261	0.05	37.3	49	C	46	C	50	C
227	0.09	40.0	42	D	43	C	48	C
234	0.06	42.0	49	D	44	C	52	C
2681	0.12	45.7	49	C	45	C	47	D
253	0.04	47.1	50	B	52	C	46	D
1265	0.06	49.4	40	C	50	B	52	C
197	0.06	57.7	46	B	44	B	52	C
236	0.04	68.4	52	A	50	A	49	C
196	0.10	77.2	48	A	48	A	52	B
180	0.05	98.7	49	A	48	A	52	A

摘 要

-79°に於て完全に變態す
 -79°に於て一部變態す
 -190°に於て完全に變態す
 -79°に於て變態せず
 -190°に於て一部變態す
 -190°に於て變態せず

第二表 炭素を含むフェロニツケル

鑄流番號	炭素	成分	衝擊試驗			
			20°		-79°	
			衝擊力 Kg _m /Cm ²	破切の狀態	衝擊力 Kg _m /Cm ²	破切の狀態
242	0.37	25.6	45	A	50	B
1843	0.37	27.5	49	A	50	B
7804	0.37	31.7	50	B	47	B
3712	0.37	42.0	49	C	52	C

摘 要

-190°に於て變態せず
 同上
 同上

第三表 満能を含むフエロニツケル

鎗 流 番 號	炭 満 分	ニ ツ ケ ル	20°			-79°			-190°			摘 要
			衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態				
3849	0.15	36	27.1	C	50	C	10	F	-190°に於て變態せず 同 上			
102	0.23	21	27.9	C	47	C	25	E				
3847	0.09	33	37.6	B	50	B	50	B				
3850	0.09	35	52.4	B	50	B	52	A				
179	0.04	22	95.0	A	50	A						
3848	0.11	53	26.8	C	37	B	28	F	-190°に於て變態せず 同 上			
135	0.33	46	31.9	B	52	C						
140	0.36	47	35.5	B	48	B						
139	0.40	5.2	37.9	B	48	C	50	C				
3647	0.13	6.2	44.2	B	45							
160	1.00	7.3	29.7	F	12	F	48	B	-190°に於て變態せず 同 同 上			
175	0.55	11.4	32.5	E	27	F						
165	0.05	13.1	31.9	A	49	A						

第四表 クロームを含むフエロニツケル

鎗 流 番 號	炭 満 分	ニ ツ ケ ル	ク ロ ム 素	20°						-760°						-190°					
				衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態	衝 撃 抗 力 Kg _m /Cm ²	破 切 の 状 態				
1786	0.37	31.1	1.20	34	E	19	D	19	F	26	E	15	F	19	F	F					
4108	0.24	40.4	1.58	33	E	52	C	52	C	50	C	43	D	42	D	D					
4185	0.23	45.5	1.09	52	B	52	B	52	B	52	C	52	C	43	D	D					
4231	0.24	49.7	1.24	33	D	34	D	45	C	50	C	32	E	42	E	E					
4193	0.11	51.1	1.24	34	E	34	D	44	C	30	E	37	E	52	C	C					
4233	0.18	55.1	1.12	24	E	24	E	28	E	30	E	26	E	22	E	E					
4428	0.21	60.3	1.57	19	F	24	E	23	E	23	E	22	E	22	E	E					
4186	0.25	63.4	1.00	34	D	24	E	34	D	23	E	38	C	22	E	E					
4191	0.21	40.5	2.18	50	C	52	B	52	B	52	B	52	C	47	D	D					
4192	0.23	46.3	2.05	50	C	52	B	49	C	38	D	37	E	34	E	E					
4194	0.15	56.6	2.10	23	E	45	D	38	D	31	E	21	E	22	F	F					
317	0.30	34.2	11.3	19	E	16	E	17	E	15	E	11	F	13	F	F					

摘
要

-190°に於て變態せず