

石炭液化用並に其他の高温高圧化学工業用合金鋼に就て

(日本鐵鋼協會第 22 回講演大會講演 昭 14, 9)

絹 川 武 良 司*

ON ALLOY STEELS FOR THE COAL LIQUEFACTION AND OTHER HIGH-TEMPERATURE AND HIGH-PRESSURE CHEMICAL INDUSTRIES.

Muraji Kimugawa.

SYNOPSIS:—Evolution and development of the coal liquefaction, synthesis of ammonia or methanol and other high-temperature and high-pressure chemical industries, chiefly depend on the choice of structural materials for the equipment. There have been a number of cases where insufficient study of the material caused some failures in the process. Alloy steels suitable for the high-temperature and high-pressure chemical industries are being studied in the laboratories of the Sumitomo Metal Industries, Ltd. as a field of the studies on alloy steels. In the present paper, requirements mainly for alloy steels resisting to high-temperature and high-pressure were dealt with by citing some commercial examples.

目 次

- I. 緒 言
- II. 高温高圧用鋼管の設計
- III. 石炭の液化並に其他の高温高圧化学工業用材料に必要な性質
- IV. 高温高圧工業用構造材料としての High alloy steel に就て
- V. 高温高圧工業用構造材料としての Low alloy steel に就て
- VI. 結 論

I. 緒 言

近年一特に事變後一我が國に石炭或は重油への水素添加であるとか、天然ガスからベンゾールの製造であるとか或は尿素の合成、メタノールの合成等の如き新興高温高圧工業が非常な勢ひで勃興して來てゐることは邦家の爲め誠に慶賀に堪へない處であります。

然るにそれ等新興高温高圧化学工業を見るに實驗室に於ける研究は既に數年乃至十數年前に完成して居りながら其工業化は兎もすれば未だ完成せられてないと言ふ様なことを聞くのであります但其原因は勿論色々あることと信するものであります但其一半に装置構成材料の研究の不備と言ふこともある様に聞いてゐる。

又アムモニアの合成の様な必ずしも新しくない高温高圧工業に於ても未だ充分に能率をあげることが出来ないでゐるものも少なく現に資材の不足の爲めに装置の破損を補

修することが出来ないで開店休業の形の處も二三ある様にも存するものであります但其等の原因の一半にも装置構成材料の研究の不足が挙げられる様にも考へます。

而して我が國朝野の研究機關を見るに斯の如く重要なこれ等高温高圧工業用構造材料の研究を行つてゐる處は甚だ少く從て適當なる文献の徴すべきものが甚だ穿れてある様に存するのであります。

私共の研究所に於ては夙に此點に着目し十數年來高温高圧化学工業用材料の研究に精進し構造材料に或は化学兵器材料に多數の新材料を供給してゐるものであります其研究の一端を御報告して皆様の叱正を乞ふと同時に業者各位の御参考に供せんとするものであります。

II. 高温高圧用鋼管の設計

私が茲に題して高温高圧用と致しました其意味は、高温とは常温よりも高いといふ位の意味で、實際 150~900°C 位の間のことを考へてゐる譯であります。

尿素の製造	160°C 位	石炭の液化	450 位
ステアリンの蒸溜	170~180	水性ガスの變性	500~550
ベンゾールの合成	200~250	天然ガスよりベンゾールの製造	800
アムモニアの合成	300~600	青化曹達の製造	850~900
メタノールの合成	400 位		

又高圧といふ意味も、常圧より高いといふ程度の意味で實際 50~1,000 kg/cm² 位の處を考へてゐる譯であります。

ベンゾールの合成	50kg/cm ²	メタノールの合成	200~300
尿素の製造	200	アムモニアの合成	1,000
石炭の液化	200~300		

扱つて斯様に高温になりますと機械部分の設計の計算式自身 Thermal stress を考慮に加へる必要が起る計りでな

* 住友金屬工業會社鋼管製造所

く、又材料自身が高温に於て著しく弱くなるといふ、當然豫期し得ることではあるが、材料の性質の變化を考慮に入れる必要があり、更に又一寸豫期しなかつた材料に起る突然の故障等も、充分研究しておかなければならなくなり問題は六ヶ敷くなるのであります。

又斯様に高圧になりますと、構造材料の強度の関係で、小型實驗設備は出来ても大型工業的設備が出来ない場合があります、更に又強度の計算式では設計可能の管のものでも、大型になつたが爲めに、必然的に材料に起る缺陷のことも考へなければならぬ場合が起り、更に又化學藥品の構造用材料に及ぼす腐蝕作用其他の影響も、常温常壓の場合と著しく異な形ではられるので、旁々問題は複雑となる譯であります。

高温高壓化學工業用装置は Stress の関係で自然管状或は圓筒形で用ひられる場合が多いので、私は今日は管の場合について主として御話を申し上げる積りであります。

又高温高壓工業に用ふる材料と言ふことになれば後に述べる様に高温に於ける Creep limit の高い材料を必要と致します爲めに自然 Light alloy を用ふることは出来なくなり又特に石炭或は重油への水素添加工業に於ては Creep limit の関係と硫化水素及びタール酸等による腐蝕の関係で Copper alloy 或は炭素鋼程度のものが除外されて合金鋼が主體となると考へられますので私の話は自然鋼管の話になることゝ御承知を願ひます。

扱て先づ鋼管の設計公式でありますが

1) 均一温度の場合で、

i) 管の内外に壓力差のない場合には勿論材料の強度を考へて設計する必要はないが、

ii) 管の内外に壓力差があるときは、一般に用ひられてゐる様に

比較的低壓、低温のとき

$$f = \frac{Pd}{2T} \dots\dots\dots (1)$$

比較的高壓、高温のとき

$$f = P \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} \dots\dots\dots (2)$$

茲に f...許容應力, P...試験壓力, D...外径, d...内徑, T...肉厚なる式で計算してよく

2) 温度勾配のあるときには

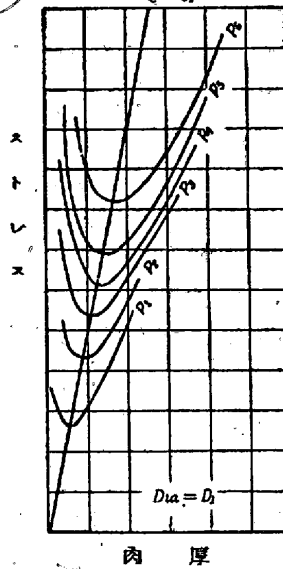
i) 管の内外に壓力差なきときは

$$f = \frac{E\alpha}{(1-\sigma)} (\theta_a - \theta_i) \left\{ \frac{x^2}{x^2-1} - \frac{1}{2\log x} \right\}$$

ii) 管の内外に壓力差あるときは

$$f = P \frac{x^2+1}{x^2-1} + \frac{E\alpha}{(1-\sigma)} (\theta_a - \theta_i) \left\{ \frac{x^2}{x^2-1} - \frac{2\log x}{1} \right\} = P \frac{x^2+1}{x^2-1} + \frac{E\alpha DQ}{2K(1-\sigma)} \left\{ \frac{x^2 \log x}{x^2-1} - \frac{1}{2} \right\} \dots\dots (3)$$

第 1 圖



茲に x... $\frac{D}{d}$, E...ヤング彈性率, K...熱傳導度 σ ...ポアソン比, Q...熱量 cal/hr. area, α ...熱膨脹係數, θ_a ...外面の温度, θ_i ...内面の温度なる式で計算すべきであります。

茲に注意を要する點は(1)式或は(2)式では肉厚を大にすればする程計算上高壓に耐へるが、(3)式では第1圖の様に一定の肉厚に對して stress の minimum があり、決して肉厚を大にしても高壓に耐へないので、茲に構造材料選擇の問題が起るのであります。

III. 石炭の液化並に其他の高温高壓化學工業用材料に必要な性質

前述の(1)(2)或は(3)式に於て管が設計出来る爲めには材料の強度が先づそれ等の式で示されるよりも大なることが絶対に必要であります。

かつては此強度として一般に迅速抗張試験によつて得られた抗張力であるとか降伏點、彈性限等に一定數を乗じたものが採用せられてゐたのであります。私共は近年 Creep limit の 2/3 をとることにしてゐるのであります。従て吾々は高温に於ける Creep limit の測定を重視する必要が起ります。

又それと同時に装置構成材料を高温に於て高壓に安全に耐へしむることを確かむる爲に Creep limit と同時に E, K, σ , α 等を測定する必要がある譯であります。

以上の如くして設計公式が定まり材料の性質の測定値が

定まればそれに適當の餘裕を見込んで設計をすれば一應高温に於て高壓に耐へる丈の要求に對する管が出來上る譯であります。然し又其上更に用途上當然起る化学的條件に對する性質の攻究は甚だ大切となります。

化学工業に於ける化学的條件は、化学工業會社が何れも極秘にしてゐる事實である爲め、私も残念ながら茲に其全貌を明かにすることは出來ませんが、其 2~3 の實例について御話し申し上げて、材料問題に對する皆様の注意を喚起したいと考へます。

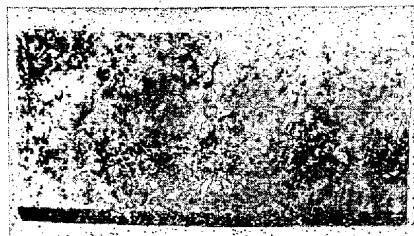
酸素の影響 高温高圧化学工業用装置に於て最も頻發する故障は、酸化によるものゝ様に考へます。即ち空氣の存在に於て装置が高温に加熱せられる場合で、一例を挙げると、チャイロ式の分解蒸溜装置に於ける管の破損等が之であります。

これが對策としては *Si*, *Cr*, *Al* 其他を含み、耐酸化性を大にした Low alloy steel を用ふるか、或は炭素鋼の表面に *Al*, *Si*, *Cr* 等を焼付けて、耐酸化性の大なる合金層を作るか、或は又所謂耐熱鋼と稱せられる High alloy steel を用ふるかであります。

水素の影響 最近の高温高圧化学工業では、例へば石炭の液化、或は油の水素添加、水性ガスの變性或はアムモニアの合成等、装置構成材料が高温に於て水素の影響を蒙ることは少くない。

水素は鐵に作用して所謂水素脆性なる現象を起し鐵を脆くします。水素は最も滲透力の大きなるガスで、常温に於て著しく脆くする丈ではなく、高温では一層滲透は早く、影

第4圖 水素添加装置に使用したる炭素鋼表面の脹れ疣



響する所は大であります。

更に又高温に於て、水素の作用する所に炭素鋼を用ひると、水素は滲透して内部の炭素と結合して炭化水素となり、これは水素の様に滲透は自由でないから、材料を局部的に押し上げて脹れ疣を作ります。それが爲め色々装置に故障を起したことを経験してゐます。

第5圖 上方; 水素脆性なき Ni-Cr 鋼を屈曲したるもの
中央; 同上 Ni-Cr 鋼の水素脆性を帯びたるもの



此脹れ疣の發生した部分の肉眼的組織を見るに加工方向に平行に縞状組織が認められ又場合によつては顯微鏡組織にも此縞状の變質が認められる場合があります。

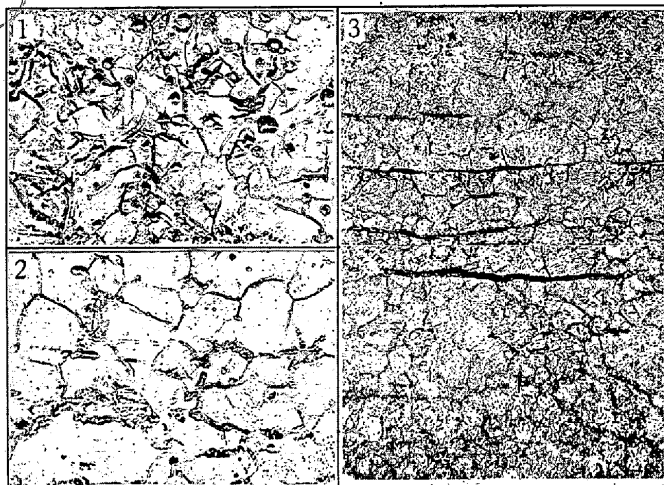
此水素の作用によりて 500°C, 250 kg/cm² 程度の高温高壓下に於て炭素鋼の組織が縞状に變質し脹れ疣を生ずることは

C%	Si%	Mn%	Ni%	Cr%
0.30	0.20	0.50	3.5	1.0

程度の砲身鋼を以てするも防止することが出來ない點を考へ合はせると最近唱へられてゐる砲身鋼にあらはれる白點の原因が水素であると言ふ説にも全然根據が無いとも言へない様に考へられます。

水素のこれ等の影響を防ぐには *Cr* を添加した材料が適當で、現在 *Cr*=3~6% 程度の *Cr* 鋼、或はこれに *Mo* を添加した *Cr-Mo* 鋼、或は又 *Ti* を更に添加した *Cr-Mo-Ti* 鋼が廣く用ひられ *Cr* 含有量の更に多い各種の不銹鋼も、價格の騰貴を問題にしなければ有効とせられてゐます。

Carolize 其他の表面處理法は我々の實驗によれば案外有効でない様であります。

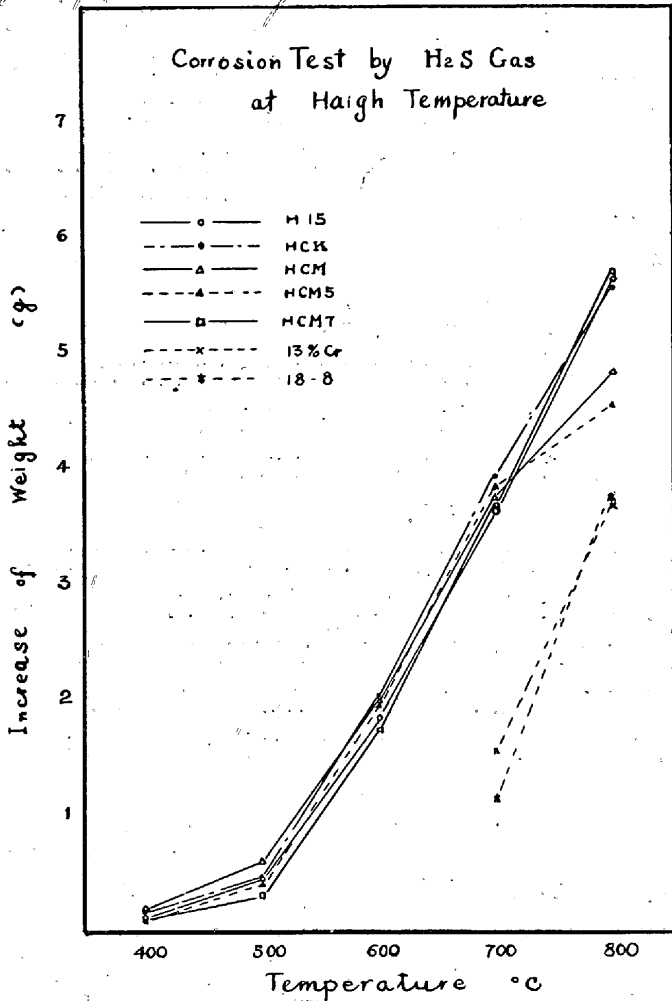


① 水素の影響を受けた低炭素鋼の組織 (200 倍)
② 表面 Carolize をせる炭素鋼に對する水素の滲透せる組織 (200 倍)
③ 水素の影響により縞状に變質せる砲身鋼の組織 (200 倍)

硫化水素の影響 石炭或は重油の水素添加装置に劇しく起る問題は硫化水素による腐蝕問題で此現象あるが爲めにこれ等の装置に Capper alloy を使用することは絶対に避けなければならない。

鋼に對する硫化水素の影響は温度の高い程劇しく *Cr* ≥ 7% 程度の *Cr-Mo* 鋼の如き Low alloy steel に於ては其耐蝕性は單純なる低炭素鋼と大差なきも *Cr*=13% 不銹

27x41=11.07



鋼或は 18/8 不銹鋼の耐蝕性は稍優れてゐるのであります

アムモニアの影響 硫酸製造の工程に於けるアムモニアの合成装置に於て、装置構成材料が所謂窒化(窒素硬化)せられて脆くなり、且つ熱膨脹の異状變化によつて破損せられることが往々起ります。其結果ガスの通路が偏り、局部的に化學反應が多く起て局部加熱が起り、故障を起すことも往々であります。

此窒化に對しては Ni-鋼, Co-鋼等が影響を受けることが少いとせられてをり、獨逸の或工場では 2% Ni の Ni-鋼を使用してゐるのを見ました。

多量の Ni, Cr を含有するオーステナイト組織の不銹鋼も、表面のみ窒化せられ内部まで窒化が進まないでよい材料であります。

窒化せられ易い材料は Cr, Al, Mo, V 等を含有する合金鋼であります。

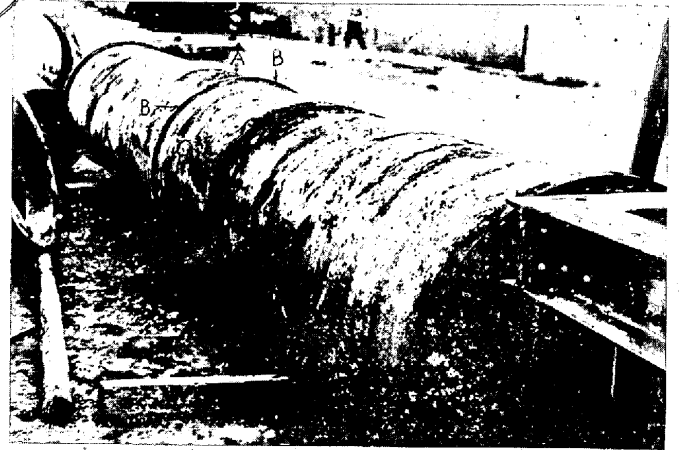
アムモニア合成装置に於ては、勿論アムモニアの外に水素も影響する状態にあり、水素の影響を防ぐ爲めの合金鋼は最も窒化せられ易く、又窒化せられ難いものは水素の滲透を防止する力がない爲めに、アムモニア合成装置の故障

對策には應々迷はされる場合がありますが、これは其方面の經驗學識ある技術者の診察を乞ふて對策を講ずべきだと考へます。

私の經驗した中で、私は窒化の影響によつて起た故障であると判定して、これに對する對策を進言したのに對し反對に水素脆性に對する對策を講じ装置を Si, Cr, Mo 等を添加した Sicromal といふ合金鋼で製て、短時日に装置を破損せしめた例があります。

又アムモニア合成塔が上述の様に窒化によつて破損することを考慮に入れて豫備品を備へてゐなかつた爲めに折角装置を作りながら開店休業の状態の工場も一二ある様であります。

水素とアムモニアに對して同時に相當の抵抗をもつてゐる材料は前述のオーステナイト組織の高合金鋼であります



短時日に破損せる Sicromal 製アムモニア合成塔

タール酸の影響 同じく石炭の液化或は重油の水素添加の際に問題となるものにタール酸による腐蝕があります。

タール酸による鋼の腐蝕も亦高温度程劇しいがタール酸の場合には Cr·Mo 鋼に於ては Cr 含有量の異なる程常温に於て耐蝕性を増加し 13% Cr 不銹鋼或は 18/8 不銹鋼は殆んど満足し得る耐蝕性を示すも高温度に於ては Cr·Mo 鋼は單純なる炭素鋼に比し遙かに耐蝕性大なれども Cr=1~13% 程度の範圍にては Cr 含有量を増加するも耐蝕性に著しい變化はないのであります。

Chemical Compositions of Sample	Distillation Temperature (°C)					
	Testing Temperature (°C)					
	190-205 °C	100 °C	220-230 °C			
	Room Temperature 4 Weeks	50 hours	Room Temperature 4 Weeks			
C%	Cr%	Ni%	Mo%			
0.16				5.41	6.18	0.09
0.16	1.10		0.28	2.42	1.77	0.09
0.11	5.67		0.56	1.96	—	0.01
0.10	7.35		0.66	1.45	1.70	0.01
0.11	12.92			0.21	1.16	0.01
0.10	17.86	8.57		0.03	—	0.01

石炭液化装置に於ける腐蝕 上にアムモニア合成塔に於ける故障の状況を御話し水素とアムモニアの共同の影響を受ける場合には單獨の場合と多少趣きを異にすることを知りましたが次に石炭液化装置に於て粉炭とタールの等量を混合せるものに約 10% の水素を送り 4~5% のタール酸微量の硫化水素及アムモニアを含むものを 200~300kg/cm² にて 450~500°C に加熱せる場合にこれ等反應生成物が鋼に如何なる影響を與へるかを實驗した。

其結果によれば純鐵乃至各種炭素鋼の耐蝕性の劣等なことは申す迄も無いこととありますが各種の元素を 5% 以下に單純に加へた低合金鋼 $Cr \leq 5\%$ の $Cr \cdot Mo$ 鋼, $Cr \cdot V$ 鋼, $Ni \leq 5\%$, $Cr \leq 5$ 程度の $Ni \cdot Cr$ 鋼等も何等の効果なく $Ni \leq 2\%$, $Cr = 13 \sim 18\%$ の不銹鋼, $Cr \leq 8\%$, $Ni \leq 20\%$ 以下の不銹鋼, 25% Ni 鋼の如き High alloy steel でも耐蝕性充分ではなく ($Ni=6$ $Cr=23$) ($Ni=8$ $Cr=18$) ($Ni=11$ $Cr=15$) ($Ni=25$ $Cr=10$) ($Ni=30$ $Cr=7$) 程度以上の安定なる Austenite 不銹鋼は概して成績よく特に ($Ni=6$ $Cr=23$ $W=1$) 程度の不銹鋼の耐蝕性は甚だ良好なものであります。

アルカリ脆性 アルカリ脆性と稱へられる現象があります。苛性アルカリの或程度以上濃厚な溶液と鐵, 殊に strain を受けた鐵とが接觸すると, 鐵が脆化せられて割目が出る。而もそれは高温程早く出来る様で, 今日の處如何なる alloy steel もこれを防止する効果がないといふことになってゐます。

化学工業の種類によつては, 斯様な點に對する材料の性質も知っておかなければならぬかと考へます。

其他各種の化学薬液による腐蝕作用 に對して, それぞれ耐蝕性の異なる材料を考へる必要があります。それ等の詳細に就ては茲に述べることを差し控へるが, 例へば青化曹達の製造の場合, ステアリンの蒸溜の場合, 尿素の製造の場合, 其他の場合に, 装置構成材料の選擇宜しきを得なければ, 著しき腐蝕を起すことが從來屢々經驗せられてゐます。

即ち用途上必要な性質の研究が大切であります。

猶ほ以上述べる様に高温に於ける材料の強度の研究及各種化学薬品に對する耐蝕性等の研究によつて一通り鋼管の設計が出来る様にも考へられるのであります。更に豫期しない突然の材料の故障の例及小型材料では設計が可能でも大型になつたが爲めに起る故障の例を擧げて材料研究の必要を力説して見たいと考へます。

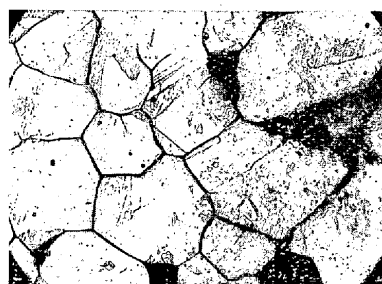
前者の例としては 18/8 不銹鋼の粒間腐蝕の問題であります。

18/8 不銹鋼は誠に優秀な化学工業用材料で廣く一般に使用せられてゐるものであります。此 18/8 不銹鋼でも

第 2 圖 18/8 不銹鋼の粒間腐蝕



其使用温度範圍が 550~800°C である場合には, 往々粒間腐蝕といふ現象を起し, 外見は立派に見えても, 内部は粒狀に侵されてゐる場合があります。誠に恐ろしい結果になります。



水性ガスの變性装置に用いた 18/8 不銹鋼管の粒間腐蝕 (200 倍)

私の經驗した例でも水性ガスの變性装置に 18/8 不銹鋼の管を用ひて短期間に破損した場合があります。

又後の例としては

$Ni \cdot Cr$ 鋼の白點のことを擧げたいと考へます。

第 3 圖 $Ni \cdot Cr \cdot Mo$ 鋼製厚肉鍛造物の内部にあらはれた白點



砲身鋼の様な $Ni=3 \sim 5\%$, $Cr=0.5 \sim 1.5\%$, $C=0.25 \sim 0.35\%$ 程度の $Ni \cdot Cr$ 鋼, 或はこれに $Mo=0.2 \sim 0.4\%$ 程度を添加した $Ni \cdot Cr \cdot Mo$ 鋼は, 常温に於て強度の實に異なる材料で, 屢々化学工業用構造材料として採用せられる優秀な材料であるが, 此鋼材の肉の薄い場合は問題はないが, 肉厚が大となると, 往々白點と稱へられる缺陷が肉厚の内部にあらはれるのであります。

即ち材料の選擇に當ては, 斯様のことも考慮に入れる必

要があらふかと考へます。

今一つ考慮を要する問題は豫期し得ることではあるが材料に起る物理的性質の變化の問題であります。

例へば装置が變態點の附近に加熱された爲めに Expansion coefficient の變化の爲めに装置が Deform して使用に耐へなくなつた場合を空中窒素の固定の場合に經驗致しました。これは $Ni \cdot Cr$ 鋼の代りに $Cr \cdot Mo$ 鋼を用ひ變態點の高いものを用ひて解決したのであります。

更に吾々の考慮を要する問題は、高温高壓化學工業用装置の工作上の難易から見た材料の性質であります。

吾々の問題にしてゐるのは化學工業用の構造材料でありまして、單なる學者の實驗室的材料でない、即ち加工、板狀、管狀、必要に應じて色々な形に容易に出来ること、切削、ネジ切り等も必要に應じて出来ること、或は熔接、これは最近吾々は優良なる熔接劑・KS フラックス No. 1 を發明して、大抵の材料は容易に熔接が出来る様になつたが……此熔接性等も特に大型の装置製作の際は考慮する必要があらうかと考へます。

IV. 高温高壓工業用材料としての High alloy steel に就て

以上高温高壓工業用構造材料としての鋼管の設計をする場合に採用すべき設計公式材料の性質に就て大要を申し述べましたが次には一般に廣く採用せられてゐる高合金鋼には如何なるものがあるかを申し述べたいと考へます。

現今歐米諸國で化學工業用に使用せられてゐる主なる高合金は次の通りであります。

(1) 13% Cr 不銹鋼及其 Modification 13% Cr の不銹鋼は“ブレアラ”の發見になるものであります。不銹性の點丈から見ると、今日では 18/8 鋼系統に劣り、又耐酸化性も劣りますが、高温高壓化學工業用構造材料として優秀なものであり、其 Modification には Mo を添加して或種の耐蝕性を大にしたもの Zirconium sulphide を加へて切削性をよくしたもの等があります。但し此種の不銹鋼はステアリンの蒸溜或は硫化水素の影響を受ける所等に用ひて効果がない場合も少くない。

(2) 18% Cr +1.5% Ni 不銹鋼又其 Modification. 之も亦比較的多く用ひられる構造用材料で、(1) に比し Cr の多い丈或種の耐蝕性を増大しますが、強度が多小劣ります。

(3) 18/8 不銹鋼及其 Modification 18/8 不銹鋼は前

述の通り非常に廣く用ひられてゐる化學工業用材料であります。これには次の様な缺點もあります。

(イ) 不安定な配合であること。御承知の方も多からうと存じますが 18/8 なる配合はオーステナイトの範圍ではあります。マルテンサイトの部分に近いので、熱處理其他によつて往々カーバイドが析出せられることがあります。従て最近は特に米國に於ては 19/9 なる配合のものが用ひられる傾向になつて來てをります。私も數年前から此處に留意し 19/9 なる配合を日本特許にしてゐる譯であります。

(ロ) 粒間腐蝕の現象これを防止する爲めに最近は 18/8 不銹鋼に Ti , Cb 等を添加することが實行せられてゐます。

18/8 不銹鋼は耐蝕性は相當大であります。如何なる化學條件でもよいといふ譯ではなく、殊に銅合金と接觸して用ひられる部分では、炭素鋼よりも却て弱いことが多いのであります。

18/8 不銹鋼の Modification としては Mo , W 其他を加へて或種の性質を改良したのがあります。此種のもは硫安工業其他に用ひて好成績を擧げる場合が甚だ多いのであります。

(4) $Cr=27\%$ 不銹鋼及其 Modification 耐酸化性を大ならしめる目的で $Cr=24\sim30\%$ の範圍のものが製油工業、ステアリン蒸溜其他に用ひられ、其 Modification も亦世間に使用せられてをります。

(5) $Cr=25\%$ $Ni=12\%$ 不銹鋼及其 Modification 此種不銹鋼も亦化學工業用として用ひられる場合が多く、これを一般的に言へば、寧ろ $Cr=20\sim30\%$, $Ni=10\sim20\%$ 程度とした方がよいとも考へる。但し此種の鋼も亦用途如何によつて非常に耐蝕性の大となることもあり、又全く耐蝕性を示さないこともあります。

最も不適當な用途例を擧げると、此種不銹鋼を青化曹達の製造に用ひると甚だしき腐蝕を起す等であります。此の場合には寧ろ或種の低合金鋼にも劣ることがあります。

(6) $Cr=7\%$ $Ni=25\%$ 不銹鋼及其 Modification 亞硫酸、硫酸、其他に對して此種のものがよいとして使用せられる場合が少くない。

(7) 其他の高合金、化學工業の種類によつては、上記よりも一層 Ni 含有量の多い高合金、例へば尿素の合成に對し

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	Al	Ti	As	Ag	B	Be	Cb
特許特殊耐蝕性合金鋼	≤ 0.25	0.1 1.5	0.2 2.0	≤ 0.3	≤ 0.1	0.05 1.50	≤ 10	15 25	≤ 1.1 6.0	≤ 2.0	≤ 1.0	-	≤ 2.0	≤ 1.0	-	-	-	-	-
特許耐鹽素ガス合金鐵	≤ 0.25	0.1 3.0	0.2 2.5	≤ 0.3	≤ 0.1	0.05 4.50	9 25	19 40	≤ 2.0	≤ 4.0	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	-	-
特許不銹鋼	≤ 0.25	0.1 2.0	0.2 3.0	-	-	0.05 4.50	1 7	16 30	-	0.2 8.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	-	-	-	-	-
特許不硬化高温高圧用合金鋼	≤ 0.25	0.1 1.5	0.2 5.0	-	-	0.05 4.50	≤ 5.0	5.0 18.0	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	≤ 1.0	0.1 10.0	-	-	-	-	≤ 1.0
特許出願中高温高圧合金	0.05 0.40	0.05 2.50	0.2 4.0	0.005 0.3	0.005 0.1	0.05 0.50	10 36	6 14	≤ 4.0	≤ 8.0	≤ 2.5	≤ 2.0	≤ 6.0	≤ 1.5	≤ 0.5	-	-	≤ 1.0	-

Ni% Cr% Cu% W% Si% Mo% C% Fe%
56~58 21~23 7~8 2~3 0.9~1.4 3~5 0.1~0.5 殘

或は純ニッケルが使用せられ曹達工業に Monelmetal

Ni% Cu% Fe% Mn% C% Si%
68 28 1.4 1.8 0.3 0.15

等が用ひられる場合も少くない。

以上は主として高温高圧化学工業用構造材料として、歐米諸國で一般に使用されてゐる高合金鋼に就て述べたのであるが、吾々は又独自の立場で數年前から研究してをり次の様な4種の特許を有し、尙ほ目下特許出願中のもの1種を發明致しました。

此特許範圍を御覽になればわかります様に、私の研究したものは何れも歐米諸國で現在廣く使用せられてゐるものの改良されたものに當ることがわかつて思ひます。

即ち前述第(2)のものは、特許特殊耐蝕性合金鋼に當り第(3)及第(5)は特許耐鹽素ガス合金鐵内のものであり、第(4)は特許不銹鋼に當り、第(6)は高温高圧用合金内にあります。

今これ等の高合金鋼の用途を一括して申上げると第1表の通りであります。

第1表 高合金鋼

特許特殊耐蝕性合金鋼

バルブ工業用 漂白粉工業 耐硫酸工業 醋酸工業
磷酸製造用 耐海水鋼 硝酸工業 耐熱鋼
各種食品工業 硫酸アルミ製造用

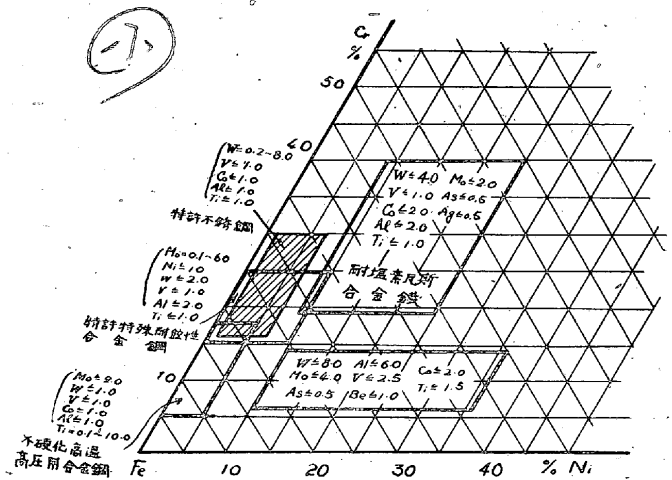
其他有機無機鹽に對して 18/8 鋼より耐蝕性大であります
特許不銹鋼

アモニア曹達工業用 硫安製造用 高温度亞硫酸
ガス處理用 其他

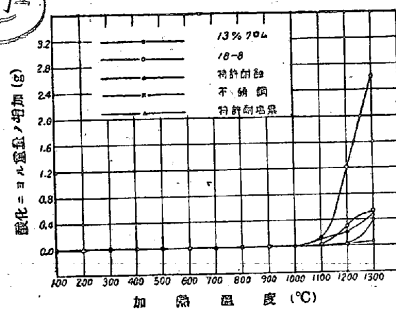
特許耐鹽素ガス合金鐵

鹽素ガス處理用 苛性曹達蒸發用 耐熱鋼 其他

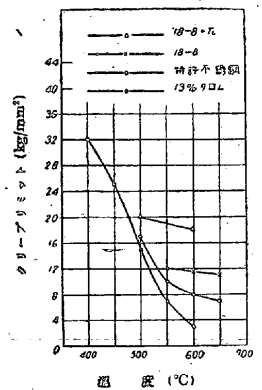
特許不硬化高温高圧用合金鋼



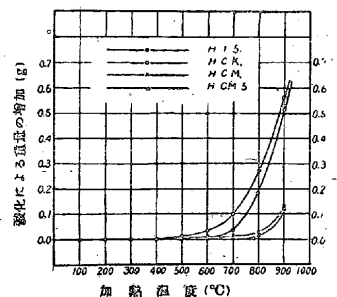
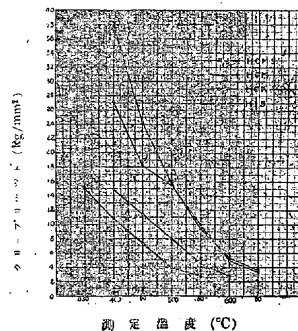
尙ほそれ等の耐蝕性、creep limit のカーブを示せば圖の通りであります。



第9圖



第10圖



V. 高温高压工業用構造材料とし

ての Low alloy steel に就て

以上私は高温高压化学工業用構造材料としての高合金鋼の大要を述べた。鋼の耐蝕性は概して高合金鋼程大きいので、極めて一般的に言へば化学工業用としては高合金鋼がよい様に見える。

但しそれは価格を度外視した時の話で、工業的に考へると、成る可く価格の安い低合金鋼で可成く用途に適合するものを發見することは大切なことであります。

歐米の化学機械工業を見るに、決して高合金鋼許りを使てゐる譯ではない。低合金鋼を巧みに其用途用途に應じて使ひ分けて非常な成績を擧げてゐることがわかるのであります。

吾々は此低合金鋼の方面に於ても夙に其重要性に着目し數年前から研究して1~2 特許をとり、或は目下特許出願中のものがあります。

今それ等について申し上げるに

特許 HCK これはフィッシャー 法用装置其他に使用して好評を博しつゝあり。

特許 HCM 水素添加装置其他に使用して好評

HCM5 分解熱蒸溜装置、水素添加装置、水性ガス變性装置等に使用して成績よく、又硫安製造用にも用ひられてゐる。HCK, HCM, HCM5 の Creep limit 耐酸化性を圖示すれば前掲の通りであります。

2% Ni 鋼アムモニア合成装置に使用して好成绩を擧げ

第 2 表

	HCK	HCM	HCM 5	特許範圍	
C	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	0.10 ~ 0.25	Ni < 2.0
Si	0.15 ~ 0.25	< 0.25	> 0.25	0.10 ~ 1.50	V < 1.0
Mn	0.25 ~ 0.50	0.25 ~ 0.50	0.25 ~ 0.50	(≤ 1.0)	W < 1.0
P	< 0.03	< 0.03	> 0.03	(≤ 0.3)	Al < 1.0
S	< 0.03	< 0.03	> 0.03	(≤ 0.1)	Co < 1.0
Cu	≠ 0.15	≠ 0.15	≠ 0.15	0.05 ~ 2.0	Ti < 1.0
Cr	—	0.8 ~ 1.5	3 ~ 6	0.5 ~ 2.0	
Mo	0.03 ~ 0.1	0.2 ~ 0.5	0.2 ~ 0.5	(≤ 1.0)	

ること前述の通り。

以上は化学工業用に低合金鋼を用ひて好評を博した1~2 の例であるが、適當に材料の使ひ分けをしないと低合金鋼の場合は故障は一層甚だしくなるから、低合金鋼の用途の研究は非常に大切で、今後とも工業材料研究者の努力を要する方面であると考へます。

VI. 結 論

以上私は石炭の液化作用並びに其他の高温高压工業用合金鋼に必要な性質の二三に就て述べ且つ現時廣く使用せられてゐる高合金鋼及低合金鋼に就て述べました。

勿論、以上私共の研究は未だ充分のものと言へないので今後一層の努力研究を要するのでありますが高温高压工業の工業化の遅々として進まないこと並びに充分に能率よく操業せられてゐない點に對しては業者が材料に對して充分認識してゐないことも一原因をなしてゐる様に思はれます

今後は高温高压工業技術者と材料技術者との間に充分聯絡をとり益々研究を進め邦家の爲めに貢獻致し度いと願する次第であります。