

今後ますます化学工業材料として広く用いられるものと考える。

#### 文 献

- 1) 井上：電 気 化 学 23巻5号 P.248 (1955)
- 2) 井上：材 料 試 験 3巻16号 P.390 (1954)
- 3) 井上：化 学 工 業 3巻12号 (1952)
- 4) 石川：プラスチック 5号 P.1 (1954)
- 5) R. Söhngen : Chem. Ing. Tech., **24**, 485(1952)
- 6) W.H. Adams & H.H. Lebach : Chem. Eng., **56**

(7), 98 (1948)

- 7) James Coull, C.A. Bishop & W.M. Gaylord : Chem. Eng. Progress, **48** (8) 525 (1949)
- 8) 井上、松尾：日本機械学会誌 59巻 446号 P.271 (1956)
- 9) 岡本：ソーダと塩素 2巻2号 P.4 (1951)
- 10) C.E. Ford : Chem. Eng., **54** (2), 132 (1947)
- 11) K. Vogel : Chem. Ing. Tech., **25**, 701 (1953)

## ゴ ム ラ イ ニ ン グ に つ い て

味の素 K K 川崎工場\* 加藤 安二郎  
工 務 部 副 部 長

### ま え が き

ゴムは化学工場などで耐蝕材料としてかなり以前より使用されたが、ライニング材として化学工場で使用されたのは1920年頃からといわれている。それ以来、各国でゴムライニングについていろいろな研究が行れたが、天然ゴムライニングには、ライニングに使用した天然ゴム自体の本質的な欠点例えば、機械的強度が他の構造材料にくらべて低いこと、耐熱性が比較的低いこと、酸化性の薬品例えば硝酸に耐えない等の欠点があり、またゴムライニングしたものについてはライニングしたものが故障した際、使用者側の工場内で修理出来ない等の欠陥があるため、化学工場全般で広く使用されるまでには到らなかつた。ところが、第二次世界大戦のため化学工業は異常に急速な発展をし、取扱れる化学薬品の種類と量が急激に増加し、しかも塩化物等の鉛やステンレス鋼では充分な耐蝕性の得られない物質を取扱う工業が発達し、これら資材の不足もおこつたため、戦後は各種のライニングが非常な勢で勃興して来た。

ゴムライニングの発展はこれらの中でも、めざましいものであり、技術的なみかたとすれば、第二次世界大戦の頃から急速に発達した合成ゴムを利用した合成ゴムライニングの発達、新しく合成された合成樹脂を用いた新しい配合のゴムの利用、及びゴム用接着剤の進歩によるものと考えられる。他の合成樹脂を防蝕材料として用いたいわゆる樹脂ライニングがいろいろ紹介されるにもかかわらず、今日ゴムライニングの使用が増加する傾向がみられることは、合成樹脂ライニングにくらべ、ゴムライニングは経験が永く従つて信頼性も高く、費用が安い

ことが、化学工業方面で広く認められたためであろう。

ゴムライニングに関しては、その方面の関係者から幾多貴重なデータが発表されているので、著者は主としてゴムライニングを新しく採り入れて見ようと試みる人達と、過去に一度採り入れて失敗した方々に、ライニングを依頼される際注意して頂きたい点について書いてみることにした。

### 1. 防蝕を目的としたライニング

ゴムライニングが防蝕の効果を完全に発揮するためには、次の各項目に対して考慮を払う必要がある。すなわち

- 1) 装置の使用条件に適したゴム質を選定すること。
- 2) ゴムライニングを施工するのに適した金属素地を設計すること。
- 3) ライニングの施工を綿密にすること。

装置の使用条件に適さないゴム質を用いたため、ゴムライニングが使用後間もなく使えなくなることがあるが、これは〔Ⅱ〕でのべることを注意すれば避けられることである。選定したゴムが、ライニングした機器の使用条件に充分耐えるものであつても、金属素地の設計が悪いためライニングしたゴム或は接着面に無理な力の作用している場合、或はゴムライニングを施工する会社の技術水準が低かつたり作業管理の悪い場合には、そのライニングは破損することがある。このような場合、ゴム質が悪いのではないかといわれることがすくなくない。このように、前にのべた三つのことがらは、何れも非常に重要なものであるが、現在のところ、使用するゴム質のみが重視され、その他のことがらは全く軽視されていることが多い。著者はライニング機器の設計、施工及び管理に関

\* 神奈川県川崎市鈴木町2964

## 生産と技術

して永年の経験から、これら三つの因子の重要性は皆同じ位であろうと考えている。

取扱う薬品に対して完全に耐えるゴム質がないときには前にあげた金属素地の設計とライニング施工の管理とを充分注意することによつて、この選定したゴム質自体の有する欠陥を或る程度おぎない、金属素地を取扱う薬品から保護する。すなわち防蝕することが出来る。このようなライニングの使用法、すなわち“防蝕を目的としたゴムライニング”も必要な場合には施工しなければならないこともあると考えている。

### 2. ゴム質の選定方法

ゴム質を選定するには、反応にあずかる化学薬品、温度、物理的諸条件等を考慮すること。一般にライニングされた化学装置を運転して生産に従事する人と、その装置を設計する人と、ライニングを施工する人とは皆異なっているのが普通である。従つて、ゴム質の選定は、これらの人々がよく話し合つて、その反応条件、使用方法等について充分理解した上で行わなければならない。余り感心したことではないが、使用条件を公表出来ない場合には、単にライニング業者の発表している純粋な物質或はそれらの溶液類についての耐蝕性のデータや実験室で行つた簡単な試験の結果だけで判定すると、思わぬ失敗をすることがある。このような失敗のおこりやすいのは、次の何れかによることが多い。

A) 反応液がゴム質に思わぬ影響をあたえている場合。

(a) 反応液が主反応の外に副反応をおこす場合。この副反応生成物がいわゆる溶媒としての性質を有するときは特に問題がおこり易い。

(b) 2種以上の反応液が一定の順序で繰返してライニング面に接触する場合。

例えば、A液、B液及びC液があり選定したゴム質がこれら各液単独にはたえるが、反応装置または貯槽等に、最初A液のみが入り、次にB液のみが入り、更にC液のみが入り、このくりかえしを繰返す場合に、このゴム質の耐蝕性が著しく低くなることもある。

(c) 使用する液体の濃度変化のある場合。常識的に考えると、ゴムライニングに対する無機薬品類の作用は濃度の高い方が強いと考えられるが、必ずしもそうでない場合がある。従つて水洗の行われる場合には特に考慮を払う必要がある。

(d) 使用する液体が浸透性を有する場合。例えば、低級の脂肪酸、醋酸等は微量でも軟質ゴムを浸透し、一種の Underfilm Corrosion をおこすこと

がある故、液体の浸透性には注意すること。

B) ゴム質が反応液に思わぬ影響をあたえている場合。

(e) 使用液の反応が非常にデリケートなとき及び食料品等のとき。

これらの場合には、反応液体へゴム質中より微量成分が抽出され、反応液がいわゆる Contamination をおこすことがある。抽出されるものはおそらく、ゴム中の促進剤或は加硫生成物によると考えられる。これらのものは溶液の反応に妨害作用を示したり、生成物の性質に悪影響を及ぼすことがある。また、食料品のようなものは、味および臭を害することがある。

したがつて、上記の(a)―(e)にあてはまるときには、ライニング業者にテストピースの提出を依頼し、現場と同一の使用条件でテストピースを試験して、A) の場合は、その結果をライニング業者に渡して反応条件に適した材質をえらんでもらい、B) の場合には使用者側で同様に試験をして、ゴム質を選定しなければならない。

### 3. 金属素地の設計方法

ゴムは素地の金属を化学薬品から保護するために用いるのであるから、機械的強度は素地の金属のみの強度で充分たつたように設計して、ライニングしたゴムに無理な力がかからないように注意する。次に設計の際注意しなければならないことがらにつきのべてみる。

#### 1) 基本的設計

化学機械としての基本的設計をして、次にゴムをはりライニングした機器をつくるのであるが、その大きさは他の一般の化学機械と同様に、このライニングをした機器を用いて行つている現在の生産の規模と将来行れると考えられる生産規模によつて決定するものであるが、ライニングをした機器の場合にはこの他、使用条件に対するゴム質の耐蝕性、故障した際の処置、運搬及び据付の際の取扱いや、加硫罐の大きさ等が関係してくるので、充分これらのことを考えて決定するとよい。

#### 2) 熱の交換部分

ライニングをした装置中に、加熱或は冷却部分があるときには、これらの部分を取扱う化学薬品に耐える熱伝導のよい他の材料でつくるよう設計しなければならない。

表1に各種構造材料の熱伝導率を表示した。

表1よりわかるように、一般に有機のライニング用材料の熱伝導率は非常に低い。従つて加熱を行う部分に有

第1表 各種構造材料の熱伝導率

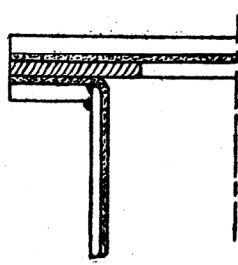
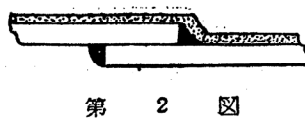
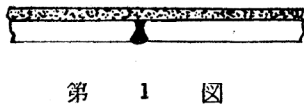
材 料	熱伝導度 kcal/mhr°C	材 料	熱伝導度 kcal/mhr°C
硬質ゴム	0.14	硬質硝子	1.0
ケルエフ	0.06	ガラスライ ニング	0.81
テフロン	0.21	カーベイト	110~120
ポリエステル	0.15	ステンレス 鋼	15~30
フラン樹脂	0.9		

機のライニングをしたものを用いると、熱の伝わり方が悪いばかりでなく、ゴム層中の温度勾配が大きくなるため金属に接しているライニングの部分、すなわち接着剤層が加熱の熱源の温度近くまで加熱され、熱的な劣化がおこつてライニングが破壊することがある。従つて加熱をする部分には、取扱う液体に対して耐蝕性が高く、しかも熱伝導率の大きい材料、例えばカーベイト、ステンレス鋼を使用しなければならない。冷却の場合には加熱の場合とことなり接着剤の層は劣化しないが、効果的な冷却を行うためには加熱の場合と同様な考慮が必要である。

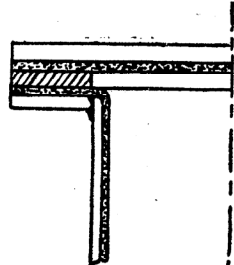
3) 構造上の注意

金属素地はすべて熔接構造として、リベット構造やねじこみの構造は用いないように設計する。熔接方法は、図1に示した突合せ熔接を用い、図2に示したラップ熔接をしてはならない。それはラップされた部分の空気が温度の変化により膨脹及び収縮をくりかえすため、ライニングが剥げたり、水圧テストのときに用いた水がこの間隙に残つていて、加硫のときに気化してライニングが大きく膨れるからである。リベットを用いてはならないということも同じ考え方で理解出来るであろう。

二つのライニングした面が互に直角になつているとき



第 3 図  
パッキンの入れ方不良



第 4 図  
パッキンの入れ方良

や、凸部或は凹部のあるときは、ゴムと金属との熱膨脹係数がことなるため温度変化により、角の部分に異常な応力の集中がおこる。従つてライニング面が外面となるときは3mm以上のRをつけ、内面となるときは10mm以上のRを角につけて仕上げる必要がある。

フランジのある場合にはフランジ部分の面積を充分広くし、パッキンの大きさにも注意する必要がある。すなわちフランジをあまり、強く締め上げたりパッキンを図3のように入れると、ライニング面と平行な力が剪断力として接着面に働き、クリープがあこることがある。パッキンは図4に示したよに入れてなければならない。

4) 金属素地の機械的強度

金属素地の設計の際には、ライニングをした化学機械の輸送、据付、及び使用の状態で大い歪を生じない程度の剛性があるように注意しなければならぬ。ライニングしたゴムは、機械的強度を受持っている金属素地を腐蝕性薬品に侵されないように保護するのが、本来の役目である。従つて、ゴム自体の弾性、屈曲性を余り利用するような設計にしておくと、ライニングに過大な応力がかかり、ライニングが破壊しやすくなる。

5) ライニングの施工と設計

化学機械を使用する際のことだけを考えると、ライニングの施工が困難であつたり或は不可能な部分が出来てしまうことがある。作業しにくい状態でライニングすると、寿命が著しく短くなることがあるから、ライニング業者の意見をとり入れて、使用上差支えない範囲内で、ライニングの施工や運搬・据付が容易なように設計を変更することが必要である。もとの設計のままではライニングの施工が出来ない場合でも幾つかのピースに分割することにより、ライニングが可能となる場合が多い。

接着剤中の溶剤による作業者の中毒や引火を防止するため、通風をよくしてやる必要がある。このため装置としては全く不要なライニング作業用の通風口を設ける必要がおこることもある。

6) 故障の対策と設計

ライニングした化学機械が故障したときは、出来るだけ短時間に復旧する必要がある。特に連続操作を行う必要のある製造工程では、故障により前後一連の装置が休止するので、故障を起した際に復旧が最も早く出来るように、修理又は交換が容易に出来る構造にしておく必要がある。すなわち故障がおこり易い部分を標準化して交換を容易にするか、或は一カ所に集めて標準化する等の考慮を払う必要がある。

7) 設計の再検討

以上にのべた諸点に注意して基本的設計を検討して修正すれば、ライニングした化学機械の設計としてほぼ満足出来るものが出ると思うが、金属素地を製作する前に今一度ライニングの専門家に図面をみせて、設計上の諸点についての意見を交換し、更に操作上重要な点を説明してライニング施工業者の協力を充分うるようにするとよい。

4. 金属素地の製作

一般に金属素地は鉄で作る場合が多いと思うので、その場合の諸注意を挙げて見る。

- (1) 鉄板の板取りをする前に、表面に腐蝕に依る疵スラッグを巻込んだロール疵、2枚板等の欠陥が無いかどうか充分調査する。このような欠陥のある鉄板は使用してはならない。やむを得ない時は疵を外側すなわちライニングしない面に出すか或はその部分を削取って仕上げしてから使用する。
- (2) 2枚板はライニングにとつては非常に危険であるから、これが発見された時は、其の板は勿論、そのロット全体の使用を見合せた方が安全である。
- (3) 溶接は総て突合せ溶接にし、溶接部は必ず開先を取る。
- (4) 溶接棒の品質に注意する。すなわち棒の品質が悪いものや湿っているものを用いると、溶接面にブローホールが起り易くライニングに適した溶接がえられない。
- (5) 溶接は底迄充分熔込むよう注意する。溶接個所にはブローホールやスラッグの巻込、熔込不良個所等があつてはならない。これは一般には、案外守られて

いない。特に熔込不良が多い。ライニングの失敗の70%~80%はこれが原因であるので充分注意する必要がある。

(6) 溶接及び仕上げ方法の例を図5に示した。すなわち

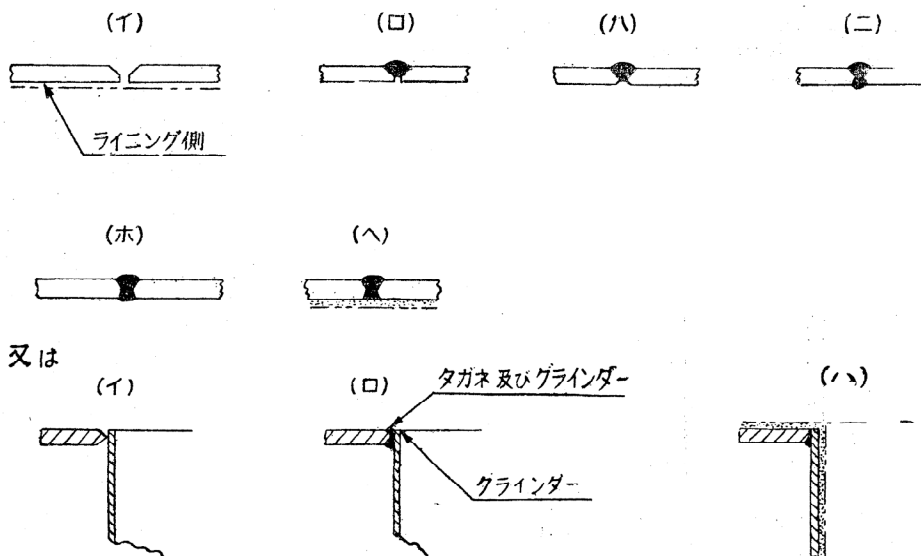
- イ) 開先を取る。
- ロ) ライニングを施工しない面から充分溶接する。
- ハ) ライニングを施工する面から溶接個所をU型タガネで掘取る。この時熔込不良個所、ブローホール、スラッグの巻込等がなくなるまで充分掘る事が肝要である。
- ニ) 掘つた個所を溶接する。
- ホ) タガネで溶接の盛り個所を0.5%位残して取る。この時ブローホール、スラッグの巻込等の欠陥があれば必ずその部分を完全に掘取つて再溶接する。そのまま上から盛つてはならない。
- ヘ) グラインダーで表面を平滑に仕上げる。使用するグラインダーの石は粒度が#20~24 硬度K位のものが一番経済的である。

5. 金属素地の検査

金属素地はライニングする前に検査を行つてライニングに適するか、どうかを確める。

- 1) 肉眼検査
  - イ) 寸法が設計通りに出来ているか検査する。すなわち寸法の誤や歪等について検査を行う。  
(ライニングが完成してから寸法の誤や歪を発見しても、ライニングをやりかへる以外に方法はない)。
  - ロ) 表面仕上、特に溶接部の仕上は完全か、溶接個所に亀裂が入つてないか、等の検査を行う。

ハ) 圧力のかかるものについては水圧テストを行う。水圧でテストを行うと溶接の不良個所に水が入るのでライニング施工業者は嫌がるが、必ず水圧でテストするようにする。之は爆発の事故を未然に防ぐと同時に水圧検査に用いた水を取り出したあとで溶接不良個所から水が滲出して、色が変るから不良個所の発見が容易になるためでもある。



第 5 図

## 2) X線検査

熔接部の検査には、X線検査が最も効果的である。しかし最も費用が掛り、人体に有害なX線を用いるので、あまり実施されていないようである。しかし重要な部分については、この検査を行つて、熔接の良、不良を確かめてからライニング作業にかかるようにすれば、完璧である。

## 3) 超音波探傷器に依る検査

材料の二重板を発見する為には効果がある。

## 4) 特殊液に依る検査

この種の液としていろいろのものが市販されている。例えば螢光染料を含んだ液を熔接個所に塗つて不良個所に浸込ませて、次に紫外線で検査すると、ブローホールや亀裂部が光るので、其の場所が容易に発見出来る。

## 6. ライニングの施工

ゴム質の選定と金属素地の設計は化学機械の使用者とライニング業者が話し合つてお互の希望を或る程度採り入れることが出来る。一般に金属素地についての設計及び検査は機械の使用者側が行うことが多いが、ライニン

グの施工はライニング業者が行うものである。しかも、ライニングした製品については肉眼検査の一種である簡単なピンホール検査を行うだけで、ライニング本来の品質、すなわち物理的及び化学的性質についての検査をしないで出荷しているのが普通である。これは非破壊試験の適当な方法がないためであるが、使用者の立場から考えると安心できない状態である。

従つて、使用者がこのように無検査に等しく製品を購入して、安心して生産を行うためには、ライニング業者の現場の作業が完全な管理状態におかれているような信用あるライニング業者に施工を依頼するより他に方法がない。

## 6. 運搬、組立、据付

これ等の工事は一般にはライニング業者は注意を与えるのみで、直接工事を行うことは殆んどない。すなわちライニングの知識のない人夫や職人達によつて、乱暴に取扱われることが多いと考えられる。これが原因だと思われる故障は案外多いので、この問題を等閑にふさないで運搬中や据付にライニングに不適當な作業が行われてないか、組立に無理なことをしてないか、等ライニングに知識のある機械技術者によく監督さす必要がある。

## 最近のフツ素樹脂ライニング

大阪金属工業 K K\* 久保内 良彦

## 1 ま え が き

新しい歴史をもつフツ素樹脂については多くの総説が発表されているので、ここでは防蝕に最も関係をもつフツ素樹脂ライニングについて述べる。

フツ素樹脂の卓越した耐薬品性、耐熱性はライニング材料として早くから注目されて、米国では第二次大戦中原爆生産に關聯あるフツ化水素酸や6フツ化ウランの如き強烈な腐蝕性物質を取扱う装置にはこの樹脂以外に全く適當なものが見当らなかつたため、フツ素樹脂が高価であるに拘らず必要欠くべからざる耐蝕材料として使用された。最近ではこのライニングが高温においても王水や硝酸の如き強烈なる酸化剤に対して耐蝕性を有し、又非粘着性であるため耐蝕材料として、漸時工業界に普及しつつある現状である。

## 2 フツ素樹脂ライニングの特徴

フツ素樹脂は次の優れた特徴をもっている。

(a) 卓越した耐薬品性である。特に4フツ化エチレン樹脂(以下4フツ化と略称する)は殆んど完全に近く、高温のフツ素ガスと熔融状態のアルカリ金属以外は高温でもあらゆるものに侵されない。3フツ化塩化エチレン樹脂(以下3フツ化と略称する)は高温において特殊な溶剤にのみ膨潤するか又は溶解するが、それ以外の溶媒、有機、無機酸、塩基の溶液、酸化剤及び還元剤等には侵されない。

(b) 耐熱、耐寒性及び熱的シヨックに耐える特性が極めて良好であつて、4フツ化は常用使用温度、250°Cであるが、長時間にわたり使用しない場合は300°Cにても耐えることができる。又-100°Cで塗膜を折り曲げてもクラックを生じない。3フツ化は常用温度150°Cであるが、実際分解が起るのは300°Cである。尚-60°Cにても使用ができる。両者とも300°C前後の温度に於て急

\*大阪府三島郡三島町大字一津屋700、淀川製作所