り、現在ペンウオルト社(米国)のカイナー(KYNAR)と呉羽化学工業(株)のKFポリマーとが市販されている。ライニング材料としては前者はディスパーション(微粉末分散液)、後者はやや粗い粉末状である。これらはふっ素樹脂でありながら厚い膜のライニング(それでも0.5~1mm程度)が容易に得られる上、特に耐摩耗性は他のライニングに比べて極めて優れている。

最近、素地との接着強度を上げるためにプライマーにも改良が加えられ、また薬品中に浸漬した後の浸透を防止するための中間層を設けるなどの進歩がみられる。

6・2 三ふっ化塩化エチレン樹脂(三ふっ化樹脂)

これは耐薬品用のライニングとしては依然として王者の地位を占めているが、最近の改良点としては施工上の問題であり、従来よりも焼付け時間を数分の一に短縮できるタイプのもや、接着強さが従来のものに比し約2倍になった(引剥し強さ10kg/2cm幅以上で皮膜切断)プライマーが開発されたことである。もちろんピンホールのないライニング皮膜が得られる。

6・3 四ふっ化エチレン樹脂

この樹脂自身は耐薬品性、耐熱性が優れているが、加工性がよくないので施工厚さは50 μ 程度以下でありピンホールも免れ得ない。加工性を改良したのとして低温焼付けが可能で、熱硬化性樹脂を配合して耐摩耗性を上げたものがあり非粘着用途に向けられている。また耐摩耗性や耐久性を増すためにセラミックや金属をフレイムスプレー(メタリコン)した上に焼付ける方法などが主な改良点である。

6・4 FEP樹脂(四・六ふっ化樹脂)

これは四ふっ化エチレンと六ふっ化プロピレンとの共重合物で、四ふっ化樹脂よりも加工性が改良されてお

り、現在では150~200 μ の膜厚さに焼付けが可能となり、ピンホールも皆無となる。三ふっ化樹脂よりも耐薬品、耐熱性が優れているから、もう少し厚く施工できるようになれば耐薬品用ライニングとしての信頼性も増加する。現在でも化学装置としては180°Cの磷酸液に使用されている例もあるが、その他の大部分はまだ非粘着用途である。

7. フラン樹脂

フラン樹脂は常温硬化ができるのみならず、耐酸性、耐アルカリ性、耐溶剤性、耐熱性などが優れているので、ライニング材料としては極めて重要な役割を演じている。すなわち現場施工や補修が容易にできるライニングとしては最高の性能を発揮する材料である。

それにもかかわらずフラン樹脂がエポキシ樹脂などのように大量に使用されていなかったのは、1) 缶体素地(金属あるいはコンクリート)に直接には接着しないこと、2) やや脆いこと、3) 硬化の際の収縮が7~10%もあるため、施工中や使用中にクラックを発生しやすいなどの欠点があったためである。

現在では、1) に対しては優秀なプライマー(素地にもフラン樹脂にも容易に接着し、かつ諸性能がフラン樹脂に近いものが望ましく、これは各社のノウハウとなっている)の使用により解決され、2) および、3) に対してはガラスクロスや繊維などで強化が可能であり、3) については非収縮性のタイプの樹脂も開発され実用化されているので、今後フラン樹脂ライニングはますます発展するであろう。

(iii) 鋼管の有機被覆防食*

瀧口周一郎**

まえがき

塗覆による鋼管の防食法は数十年以上の歴史があり、今日でもなお主要な防食法として存続している。そ

の理由は性能面でも経済面でもすぐれた特徴があり、捨てがたいメリットがあるからである。

一方プラスチックコーティングあるいはライニングと呼ばれる一連の鋼管の有機被覆防食法が数年来抬頭してきているが、その進歩は遅々としてなかなか大工業には発展していない。

われわれは昭和29年以来押出し法¹⁾によるプラスチ

* 昭和47年7月6日受理

** Shuichiro Takiguchi 日本鋼管工事(株)技術部、技術士・部長

図1 自動式連続塗覆装置

ックコーティング法を研究し、また31年以来流動浸漬法³⁻⁵⁾による長尺鋼管の内外面同時ライニング法を研究してきたが、工業化はしても未だ従来の瀝青質塗覆装法を完全に駆逐する程度には伸長していない。粉末静電吹付法⁶⁻⁹⁾による鋼管のコーティング法にしてもしかりである。

実にこの業界の進歩は20年1日で、有機コーティング技術の進歩という華やかな名題にふさわしくないのがこの業界の実状であろう。

1. 瀝青質塗覆装の進歩

鋼管の外面防食に適用されている瀝青質塗覆装としては、アスファルトジュート巻、アスファルトガラスクロス巻、コールタールエナメルガラスクロス（ガラスマット）巻などが以前から実用されており、従来のアスファルトジュート巻に代って、筆者の特許（第320082、46、10、18）である耐熱用ビニロンクロスが登場してアスファルトビニロンクロス巻になった程度で、塗覆装材料として余り進歩がない。

鋼管の内面あるいは外面の防食塗料として、われわれは昭和31年以来コールタールエポキシ樹脂塗料の開発研究に従事し、国内では最も早く水道管の内面防食¹⁰⁻¹²⁾に適用した。

その後、各社がこの塗料の性能（密着性、耐水性、耐薬品性、物理性）の優秀さと経済性に着目し、今や百花繚乱の観を呈し、数十種類のコールタールエポキシ樹脂塗料が市販され、鋼管用防食塗料としては一分野をなしている。

つぎに塗覆装方法の進歩として注目すべきは、最近海外¹³⁾では、自動式連続塗覆装装置が工場内で実用化され、管径152~1,220mm、管長7m以上のパイプが連続的に300m/hrの速度で塗覆装されている。そのレイアウトを図1に示す。

2. プラスチックコーティングの進歩

鋼管のプラスチックコーティングあるいはライニングを考える場合には、鋼管の内面防食と外面防食を分けて考える必要がある。内外面同時に被膜を形成させる方法もあるが多くの場合はいずれか一方しかできない。ライニングの元来の意味は内張りとか裏張りとかの意味であるが現在では内外にかかわらず、ライニングなる言葉が使用されている。またライニングとコーティングの相異が問題になることがあるが厳密な定義はない。被膜の厚さで区別して大体0.5mm厚以下をコーティングと呼び、0.5~1mm以上をライニングと呼ぶ人が多いようだがアスファルトやコールタールエナメルは3mm厚以上でも内外面ともにコーティングと呼んでいるので、厳密な意味での学問的な定義はないとの立場をとって議論を進める。

1) 従来のコーティング方法とその工業化の状況

筆者らが過去に実験室的研究を実施した各種のコーティング（ライニング）方法を表1に示す。これらの方法は従来一般業界でも考えられていた方法でもある。その中で工業化されているものについては、その実施会社名を記載する。

現在世界的に見ても、これらの表記の方法と比較してはなほだしく進歩した方法はなく、若干の改良程度に過ぎない。

パイプラインの防食法を考える場合には、塗覆装やプラスチックコーティングによる被覆防食と電気防食の併用¹⁴⁾によって完全防食を達成しようとする思想があるので、経済性を無視して有機コーティングを極度に高級な品質のものにするよりも、経済的にはほとんどの所に止めて、その不完全さを電気防食で補って行く方が賢明な策と考えられる。もっとも今後、非常に安価で完全無欠なものが発明されれば別であるが、現状では有機コーティ

表1 各種有機コーティング法

○ 実施容易 △ 困難 × 不能

名 称	ライニング方法の概要	使用 樹 脂	ライニング対象				長 所	短 所	工業化実施社名	
			鋼 管		異 形 管 材					
			内 面	外 面						
流動浸漬法	縦型	底部に多孔板をもつ流動槽にプラスチック粉末を入れ、多孔板をとおして空気を送って、粉末を流動させておき、いっばう予熱した鋼管を縦に吊り下げて十数秒浸漬し、引きあげて、均熱冷却工程をへてライニングを完了する(膜厚0.4~0.8~2.0mm)	ポリエチレン, P VC, エポキシ樹脂, ポリアミド, 塩化ポリエチレン, ポリプロピレン, フッ素樹脂, セルローズエステル, その他(80~120メッシュの粉末)	×	○	○	○	1. 内外面同時に可能 2. 各種形状材に可能 3. 大量生産的(チーンコンベヤ式) 4. 小径鋼管の内面も可能	1. 槽内の粉末必要量著大 2. 鋼管長さ制限あり 3. 内面のみのライニング不能 4. 樹脂粉末の練り不足 5. 樹脂の種類変更不便	(米) Johns and Laughlin (日) 日本鋼管 他の方法に変更
	横型	予熱した鋼管を横にして、横型流動槽に浸漬。管に回転を与えれば均一性向上。その他は同上(膜厚0.4~0.8mm)	同 上	×	○	×	△ ○	1. 縦型より作業安全 2. 長尺鋼管のライニング可能 3. 樹脂量が少なく済む 4. 樹脂の種類変更可能	1. 内外面同時は不能 2. 内面は別法を要す 3. 管の回転装置が必要 4. 小径管の内面不能	
粉末静電吹きつけ法	約-90kVの電場で樹脂粉末を“-”に帯電させ、金属体に吹きつけて後、加熱融着させる。金属体を予熱しておくとも粉末の固有抵抗が減少し、若干導電性をおび、後着の粉末と反発力が減じて膜厚が厚くなる(膜厚0.1~0.2mm, 予熱0.2~0.6mm)	ポリエチレン, P VC, ポリアミド, フッ素樹脂, 塩化ポリエチレン, エポキシ樹脂(150~400メッシュ)	○ △	○	○ △	○ △	1. 一般にライニングが困難なシャープなエッジによくつく 2. 膜厚均一 3. 粉末ロス少なし	1. 長大物への適用困難 2. 膜厚を厚くする必要がある場合は不適	(米) H.C. Price, Midwest Pipe Coating, Banister, Hall Process Utilities Coating Service, Midwestern Specialties, Midwestern Coating	
アメリカ3M社法	予熱した鋼管を横にして、回転せずに特殊のボックス中をとおす。周囲より管に向って樹脂粉末が噴射され、外面ライニングがおこなわれる。余分の粉末は吸引して回収する。内面は別に管を回転しながら、特殊ノズルから吹きつける(膜厚0.2~0.3mm)	現在ではスコッチコートといわれているエポキシ樹脂粉末使用、研究すれば、他の樹脂でも可能	○ 40mmφ以下は×	○	△	△ ○	1. 長尺管でも容易 2. 連続作業が可能 3. 粉末量は少量で可 4. 危険が少ない	1. 厚膜の形成困難 2. 内外面同時は困難 3. 小径管の内面不能 4. 現在ではエポキシ樹脂のみ。高価	(米) Minnesota Mining and Manufacturing (Cloud Chamber 法)	
押しだし法	プラスチックパイプ製造用のエクストルーダーの先端に、クロスヘッドをとりつけ、いっばう鋼管にプライマーを塗布してエクストルーダーの押しだし方向と直角に、クロスヘッドをおして外面被覆をおこなう。樹脂は配合剤とともにエクストルーダー内のスクリューで、加熱混練されて押しだされる(膜厚0.6~2.0mm)	ポリエチレン, P VC, ポリアミド, ABS 樹脂	×	○	×	×	1. 樹脂が配合剤と混練されているため被覆の性能は良好 2. 連続作業が可能 3. プライマーに接着剤を使用し、衝撃破面耐作用と、外面にきずがついた時に、接着剤がにじみ出て保護作用をする特殊なものもある	1. 管径によってクロスヘッド取換えの要あり 2. 直管の外面のみ可能で、内面も異形管は不能 3. 設備費高額 4. 大径管は能率がわるく不適	(米) Republic Steel, Standard Pipe Protection, Hall Process, Hill Hubel, Pipe Line Service (英) Stewarts and Lloyds (豪) Stewarts and Lloyds (加) Shaw Pipe Protection (西独) Mannesmann Röhrenwerke, GEBR Fuchs Röhren U. Schweiss Werk (日) 日本鋼管, 新日鉄, 住友金属	
熱収縮被覆性法	熱収縮性のプラスチックチューブを鋼管の外面にかぶせておき、加熱収縮をおこなって管に密着させる。接着剤を使用する場合も、不使用の場合もある(膜厚0.1~0.5~2.0mm)	熱収縮性可塑剤入り PVC より出発したが現在では硬質 PVC も可能	×	○	×	×	1. ライニング設備が簡単 2. 形状により使用現場での施工も可能	1. 異形管には適用困難 2. 熱的変化に弱い 3. 大径管に不適 4. プラスチック管の製造設備費高額	(日) 協成工業	
熱影響用性法	熱影響性のプラスチック管を鋼管内面にはめ込んでおき、加熱影響させて密着させる。接着剤使用(膜厚1.5~3.5mm)	熱影響性無可塑剤硬質塩化ビニル樹脂	○	×	×	×	同 上	同 上	(日) 積水化学, 住友金属, 協成工業, 日産産業, 川崎製鉄	
合成ゴム被覆法	合成ゴム補強布と組合わせて鋼管外面に巻きつけ、加硫剤に依りて加熱加圧する。あるいは、自然加硫の方法で加硫して縦目のない一体の防蝕被膜を形成させる(膜厚2.0~7.0mm)	ネオプレンその他の合成ゴム類	×	○	×	○	1. 密着はすこぶる良好 2. 管径、管長によらず可能 3. 耐腐蝕性、耐摩耗性 4. 電気絶縁性著大 5. 異形管類も可能 6. 最高級品	1. 高価 2. 内面困難		

名 称	ライニング方法の概要	使 用 樹 脂	ライニング対象					長 所	短 所	工業化実施社名
			鋼 管		異 形 管		鋼 材			
			内面	外面	内外					
シートライニング法	プラスチック、天然ゴム、合成ゴムなどのシートを、接着剤を用いてはりつける方法で、シートライニング法とよばれている。加熱圧着する場合と、加硫圧着する場合とある。PVCの場合はシートはりつけ後120~130℃の炉内で均熱後、自然冷却してひずみ除去をおこなうことが大切である（膜厚0.5~3~12mm）	硬質PVC、軟質PVC、塩化ビニリデン、天然ゴム、ネオプレン、ハイパロン、ポリイソブチレン	○（大径）×（小径）	○	○（大径）×（小径）	○（大径）×（小径）	○	1.ライニング対象の範囲が広い。 2.厚膜のため耐蝕性耐摩耗性良好	1.接着剤の劣化および、つぎ目が弱点 2.形状の複雑なものやエッジ部は困難 3.厚膜のため高価	
デイスライニング法	プラスチックの微粉末を有機溶剤、または水などの液体中に浮遊懸濁させておき、これをスプレーなどで吹きつけて塗布し、液体を蒸発、乾燥させた後、加熱硬化して連続した防蝕被膜を形成させる方法（膜厚0.5~3~2.0mm）	フッ素樹脂、ポリエチレン		○	○	○	○	1.ライニング対象の範囲が広い。 2.設備が簡単	1.ピンホールが発生しやすい 2.均一塗装および均一脱脂がむずかしい 3.フッ素樹脂の場合硬化に10~15時間の長時間を要す。高価である 4.技術に熟練を要す	
厚膜塗装法	熱溶融塗料や濃厚溶液塗料を、遠心塗装法やスプレー塗装法、あるいは、覆装材（または補強材）と併用して厚塗りをする方法（膜厚0.5~7.5mm）	コールタールエナメル、アスファルト系塗料、コールタールエポキシ樹脂塗料、エポキシ樹脂、ポリエステル	○	○	○	○	○	1.ライニング対象の範囲が広い。 2.安価なわりに性能がよい。 3.大量生産に適す	1.中には吸水性のものもある 2.経時変化をおこすものもある	（日）日本鋼管、その他各社
ファイラメント法（転写用）	ガラスせいの切断したままのもの（織物にしない）を、ポリエステルまたはエポキシ樹脂中に浸漬し、特殊の装置で鋼管の外面に巻きつけ、焼付け炉に入れて硬化させる方法（膜厚1.0~3.0mm）	ポリエステル、エポキシ樹脂、その他	×	○	×	○	○	1.樹脂の種類、樹脂とせいの割合などが、適当であれば性能はよい	1.大量生産性に問題あり 2.高価 3.継手部の施工法を検討する必要あり	
その他の方法	PVC ゴル中への浸漬法 冷けん（凍）法 プラスチック管を中に入れ鋼管をしぼる方法 溶射法 粉末を火焰とともに吹きつける方法 回転法 粉末を敷いて、その上を鋼管をころがす方法 充てん（填）法 管内に粉末を入れ加熱後、余分の粉末を除く方法									（日）住友金属
	撒布吹きつけ法 管外面に撒布、内面に吹きつけて管を回転する方法									（西独）Mannesmann Röhrenwerke （日）日本鋼管、第一高周波

ングは、パイプの輸送、取扱い、敷設工事中などに損傷を受け易く、また現地継手部の被覆の困難さ、あるいは有機材料の経年劣化などで長期間に完全無欠な状態を保つことは不可能と考えられていて、電気防食との併用防食が常識となっている。

ここに特記しなければならない重要なことは、単管一本一本の有機被覆がいかに進歩しても、進歩すればするほど、パイプライン敷設現場の現地継手部が弱点となって、そこに腐食が集中し短期間にライン全体の機能を停止させる結果になるので、現場継手部の防食被覆技術^{14,15)}が非常に重要である。工場生産の有機コーティングがいかに進歩しても、異形管の被覆技術や、現場継

手部の被覆技術がこれにともなわないと九俣の功を一簣にかくことになる。そこで各社がそれぞれ秘密で研究を進め、現地で実施し易い方法を開発して、現地防食の完全実施に全力を払っている。

2) 最近の進歩

従来の塗装に比較してプラスチックコーティングのすぐれている点を列記すればつぎのとおりである。

- ① 電気絶縁性   ② 耐水性、耐薬品性
- ③ ビンホールが少ない   ④ 耐衝撃性、耐摩耗性
- ⑤ 土壌応力に対する抵抗性   ⑥ 摩擦係数小さく輸送能力向上

これらの特性をますます向上させ、また生産コストを低下させるために、新プラスチックの開発、配合材の

表2 粘着剤の性能一覧表

性 能 試 料	耐 熱 性 (180°C, 24hr)	作 業 性 (180°C)	軟 点 (°C)	粘着力 (kg/cm: 引きはがし)			屈曲試験 -10°C, 2hr 冷却後屈曲	耐 衝 撃 性	電気絶縁性 5% NaCl 水 100hr 浸漬 (片面積 5.7cm ²)
				室温放置 (27°C)	5°C, 2hr 冷 却 後	-10°C, 2hr 冷却後屈曲			
① 特許品	◎	◎	53.0	2.13	2.70	4.33	◎	◎	∞
② 特許品	◎	◎	95.6	1.53	1.63	3.68	◎	◎	∞
③ 特許品	◎	◎	61.6	1.93	2.10	4.00	◎	◎	∞
④ 特許品	◎	◎	56.8	1.60	1.80	3.98	◎	◎	∞
輸 入 品 (米国製)	◎	◎	72.2	1.27	0	0	◎	◎	MΩ 250
市 販 品 ①	◎	◎	45.0	0.90	0	0	◎	◎	# 400
市 販 品 ②	◎	◎	54.1	0.57	0	0	×	×	# 400
市 販 品 ③	◎	◎	45.1	0.17	1.00	0	×	×	# 350
市 販 品 ④	×	×	83.0	0.77	2.30	0	◎	◎	∞
市 販 品 ⑤	◎	◎	58.5	1.40	1.37	0	◎	◎	∞

写真1 海外の押出し法による鋼管外面コーティング装置

写真2 海外の押出し法による鋼管外面コーティング装置
(クロスヘッド付押し機)

検討による性能の向上、コーティング方式の改良、生産スピードの向上、被覆可能管径の拡大化、被覆材料のロスの低減など若干の進歩は見られる。

押し出し法による鋼管外面の有機コーティングにおいても生産可能な管径がしだいに拡大し、海外よりもむしろ国内の方が進歩して600~650mmφの管径まで経済ペースに合うスピードでコーティング可能な時代が到来し

た。本法の中には管体とプラスチック層の間に粘着剤を塗布する方法がある。この粘着剤の役割りはプラスチック被膜が傷ついた時ににじみ出てきて傷をおおい保護作用をするほか、衝撃に対する緩衝作用をも果す。そのため各社が競ってこの粘着剤を研究し、しだいに進歩改良しているが、筆者の特許品（出願公告昭46-2111, 46.6.15）は低温においてもその特性を失わず、市販品に比較してすぐれていることは表2のとおりである。

つぎに参考のために、海外における押し出し法による鋼管外面のコーティング装置を写真1および2に示す。

最近パイプラインを利用して固体（穀物、硫黄、銅、アルミニウム）を輸送する技術が発達してきた。これらの固体を管内径よりやや小径のカプセル¹⁷⁾の中に入れ、輸送媒体として、油、水その他の流体を用いる。このカプセルパイプラインの輸送方法は固体輸送の方法に革命をもたらしつつある。

この場合に非常に密着性のよい耐摩耗性、耐食性の内面塗料が要求されているが、エポキシ樹脂粉末の静電吹付法が採用されている。

静電吹付法の海外の進歩の状況を述べると、全自動式の内面吹付機で、管径100~1,000mm、管長16mまでの管にエポキシ樹脂粉末を300μ厚に塗装している。

たとえば管径100mmφ、管長12mの管内面にエポキシ樹脂粉末塗料を300μ厚に塗装するのに4分を要する。これは管10本/hrに相当する。

管径550mmφ、管長16mの管内面に500μ厚に塗装するには18分を要する。これは管3本/hrの速度である。

その他の新しいコーティング法として、真空塗装法や静電式流動浸漬法によって粉末樹脂を鋼管の内面あるいは外面に塗装しているが、その詳細についてはここには省略することにする。

おわりに

鋼管の有機コーティング技術の最近の進歩について略述したが、冒頭に述べたとおりこの業界には国内国外を問わず余り目覚ましい進歩はない。

一部の特殊配管の防食以外は、一般に経済性が重視され、数年来生産性が向上した程度の進歩で、革新的な進歩発達とはげられていない。

しかし、近い将来にパイプの使用条件が、低温、高温、耐薬品、耐震その他の特殊の苛酷な条件となり、また一方一般大衆の公害意識の高まりからパイプラインの安全性が極度に要求されて来たので、つぎの数年間には現在予想もつかない程度の進歩を要求され、かつそれが実現するであろう。

参考文献

- 1) 滝口周一郎：配管と装置，8，No.9，4（1968）
- 2) 同上：第12回防錆技術学校テキスト，防食法Ⅱ，D-123（1972）
- 3) D. Cleave：Product Finishing，18，No.6，39（1963）
- 4) D. Cleave：ibid.，18，No.7，67（1963）
- 5) 滝口周一郎：工業材料，12，No.1，82（1964）
- 6) Charles R. Jhatcher：Industrial Finishing，42，48（1966）
- 7) Cliton Nordyke：ibid.，43，48（1967）
- 8) 滝口周一郎：防錆管理，13，No.10，11（1969）
- 9) S. Kut：Pipes and Pipelines International，16，No.11，12（1971）
- 10) 滝口周一郎，山本春雄：日本鋼管技報，第15号，72（1959）
- 11) 滝口周一郎：化学装置，7，No.9，65（1965）
- 12) 同上：ibid.，7，No.10，59（1965）
- 13) B. Priest：Pipes and Pipelines International，17，No.2，22（1972）
- 14) 滝口周一郎：配管，8，No.4，7（1971）
- 15) 同上：金属材料，8，No.3，52（1969）
- 16) 滝口周一郎：金属，40，No.12，84（1970）
- 17) S. Kut：Pipes and Pipelines International，17，No.2，8（1971）

シンタクチックフォーム（深海用浮力材）*

若山 恭三**・林田 正**

はじめに

海用開発は、現在浅海部から深海部へと発展し、わが国においても昭和44年7月、海用科学技術審議会の答申に基づく「海用開発のための科学技術に関する開発計画」を発表、その一環として深海調査船の開発がとり上げられ運輸省の外部団体の日本舶用機器開発協会が主体となって、これを進めることになった。以下に述べるシンタクチックフォームとは、上記高性能潜水調査船のための低密度高強度の浮力材のことである。この種の浮力材は、構造的には、直径10~250 μ ，壁厚2~3 μ ，見掛け密度0.25~0.35g/ccの微小中空ガラス球を高強度のエポキシ樹脂で収束したものである。

シンタクチックフォームの構成

増容剤となる微小中空ガラス球は、一般にガラスマイクロバルーンと呼ばれ、流動性のある白色粉体である。

* 昭和47年7月18日受理

** Kyōzō Wakayama and Tadaashi Hayaashida 横浜ゴム（株）研究所

表1に米国で製造されている代表的なガラスマイクロバルーン¹⁾と最近多方面で脚光をあびているシラスバルーン²⁾のおもな物性値を示した。

これらのマイクロバルーンを樹脂マトリックス中に均一に、かつ最密に分散して均質なシンタクチックフォームを製造する方法としては、真空注入法と真空混合法が考えられている³⁾。大量生産には後者が適するが、より均質でかつバルーン含有率の高いものが要求される場合は前者が適当である。

樹脂としては、深海用にはエポキシ樹脂が最もすぐれているが、応用分野としての浅海用にはコスト的に安価なポリエステルやフェノール樹脂も使用が可能である。

シンタクチックフォームの物性

6,000mの深海で浮力材として使用されるシンタクチックフォームは高静水圧強度、低吸水性、高体積弾性率などが厳しく要求され、そのほかの深海でのさまざまな苛酷な条件にも耐えなければならない。またこれらについては米国軍用規格-MIL-S-24154Aが定められてお