

有機含浸システム

はじめに

多孔質物体の孔の中へ樹脂、溶液などの液状のものを注入または浸透させて、その多孔質物体に新しい機能を付与したり、本来の機能を強化させることを一般に含浸と呼んでいます。

身近な例では、木材に防虫剤を含浸させて虫のつかない家具や、布に難燃剤や撥水剤を含浸させて、燃えにくい、濡れにくいなどの機能が付与されたものがあります。

またコンクリートやスレートなどに樹脂を含浸させて「もろさ」という欠点をなくして強靱な材質に変えることができます。

当社の商品の中にも含浸処理で機能が付与されたもの

が既にあります。スリーシートパッキンは不織布や紙にシール剤、液状ガスケットを含浸させて、固形ガスケットと液状ガスケットの両方の機能をもたせたものです。またスリーボンド 1873、スリーボンド 1874 は不織布に気化性防錆剤の溶液を含浸させて、防錆力をもつシートや袋にしたものです。

今回のテクニカルニュースは、焼結金属や鋳物、ダイキャストなどの鋳造製品などの多孔質物体の孔の中に、メタクリル酸エステルモノマーを主成分とする含浸シール剤を浸透させて、更に孔の中で硬化させる有機含浸を御紹介します。この有機含浸により、焼結金属や鋳造製品に洩れの防止、強度向上、表面の加工精度の向上、塗装メッキ処理後の塗膜のフクレ防止などの機能が付与されます。

目次

はじめに	1
1. 鋳物の巣について	2
2. 含浸方法の種類	4
3. 含浸シール剤の種類	6
4. スリーボンド 3932 シリーズについて	7
5. 有機含浸の工程について	8
6. 含浸装置について	8
7. 有機含浸の用途実例	9
8. 廃水処理について	10
おわりに	10

1. 鋳物の巣について

鋳造製品が多孔質物体であると述べたことに対して、不思議に思う方が多いと思われる。緻密で特有の光沢のある金属表面を思い浮かべ、実際にそのような金属表面をよく目にしているからである。

鋼板やアルミ板をプレス加工や圧延加工した金属製品には孔はほとんどない。しかし、鋳物やダイキャストの鋳造製品は、製造上、どうしても孔が発生しやすいからである。

というのは、鋳造製品は、あらかじめ砂や金属で作られた型の中へ溶融した金属(一般に“湯”と呼ばれている)を流し込んだり、圧力をかけて注入して製造している。

この時、湯の中に不純物(酸化物、フラックス、水分など)が混入していると、高温のために不純物がガスとなり「ガスホール」、「ピンホール」と呼ばれる孔が鋳造製品の中で発生する。この不純物は“湯”だけではなく、流し込まれる鋳型の表面やその中に存在していても孔が

発生する。

また、金属が溶融している液体の状態から、冷却されて固体の状態に凝固する際には必ず「収縮」が起こる。この体積収縮により「割れ」や「ひけ巣」と呼ばれる孔が発生する。鋳造製品が多孔質物体であると述べた理由は以上の通りである。

このテクニカルニュースの中ではこれらの孔を総称して「巣」と呼ぶことにする。

耐圧用の鋳造製品では巣があると、洩れ、強度不足などの欠陥品となる。このため鋳造時にいろいろな手段が取られて巣が製品の中に発生しにくいように工夫されている。例えば、鋳型にガス抜き穴を設ける、“湯”を適正温度にする、「押湯」「湯口」「冷し金」を設けて体積収縮が起こりにくいようにする、製品の設計段階で肉厚、形状、型取りの個数、配置を考慮する等の手段が取られている。

有機含浸は、巣の中を樹脂で埋めて巣をなくすということであるから巣の防止手段の1つといえる。

巣の実例⁽¹⁾

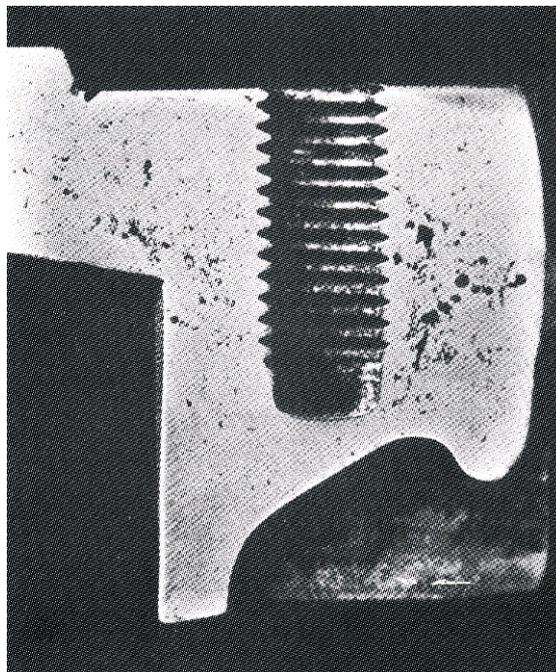


写真1 欠陥B111-5a(アルミニウム合金、生型)

アルミニウム合金鋳物 (Si 6%, Cu 4%)。“ブローホール”がある。溶湯の脱ガス不良及びせき・押湯方案の不適切によるものである。

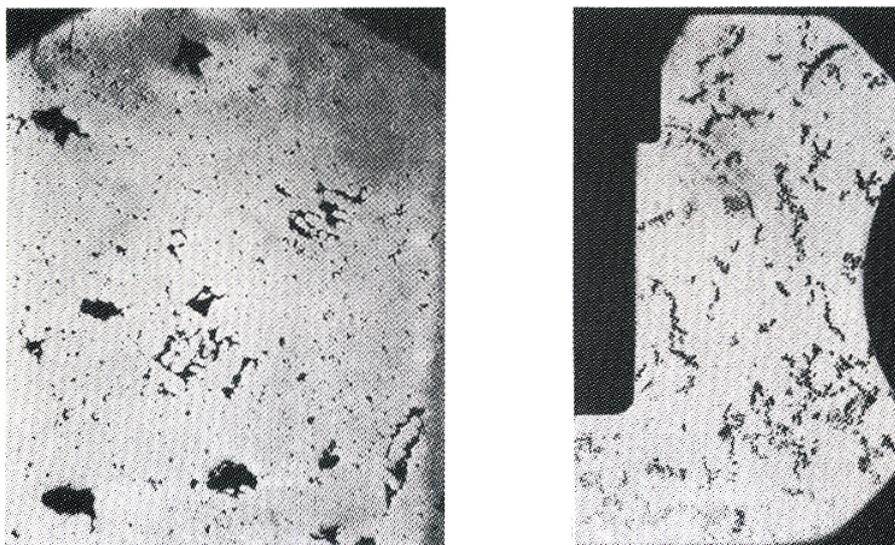


写真2 欠陥 B311-6 (銅合金)

青銅鑄物のリム部に生じた“マイクロポロシティ”。エッチングしないもの。

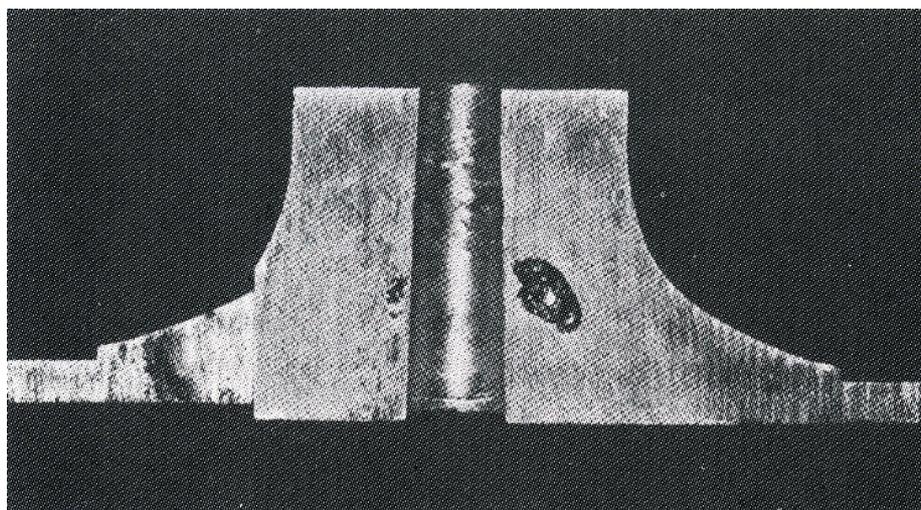


写真3 欠陥 B221-5h (アルミニウム合金、金型)

アルミニウム合金 (Si 12%) 金型鑄物。170 mmΦ、高さ 65 mm、重さ 1.4kg。ホーンゲートにより下側から注湯したもの。ひどく肉が集中しているために、“肉びけ巣”が生じている。対策としては、設計を変更すること、試験的に他の合金を使用すること、及び金型の温度を変えてみること。

2. 含浸方法の種類

鋳物、ダイキャストなどの鋳造製品は前述したいろいろな手段により巣が含まれていないようになっているが、それでも完全に防止はできない。

また巣が存在していても、写真で示すような極端に大

きな例はほとんどない。実際の巣は切断して肉眼で見つけることが非常に難しい場合の方が多いようである。こんな小さな巣でも圧力をかけると液体や気体が洩れ出てくるなどの弊害が生じる。

このような小さな巣に含浸するためには次のような手法がある。

含浸法の実例

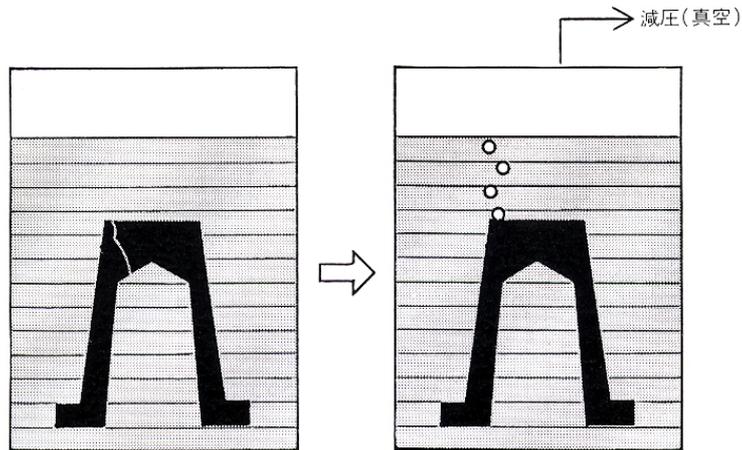


図1 浸漬-真空法

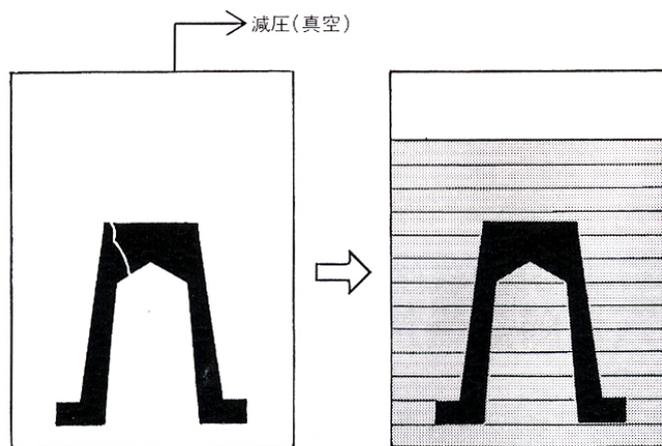


図2 真空-浸漬法

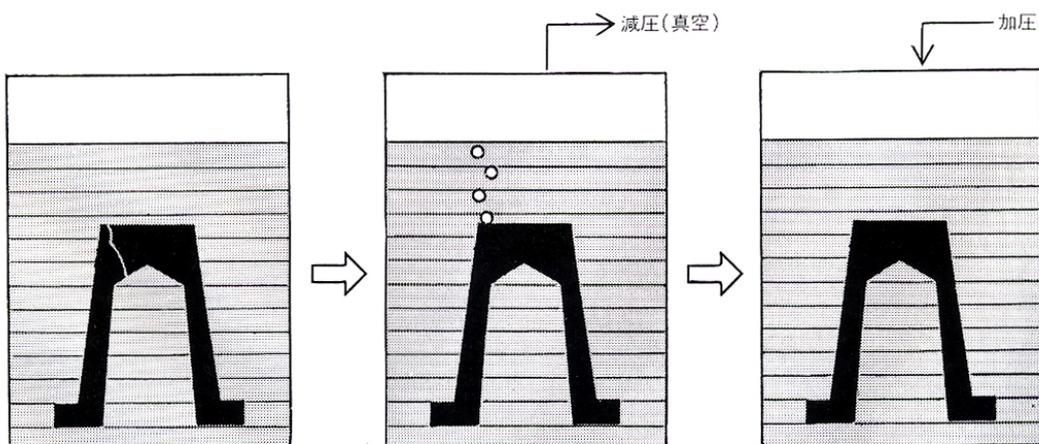


図3 浸漬-真空-加圧法

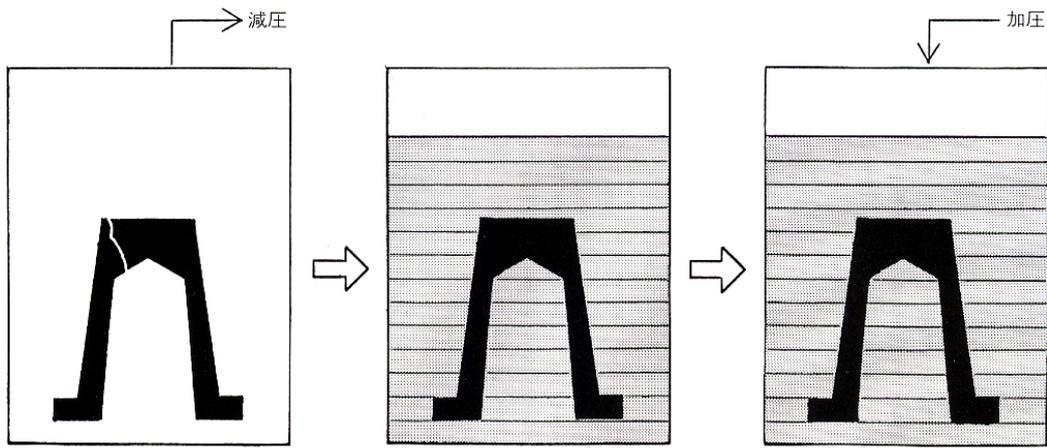


図4 真空-浸漬-加圧法

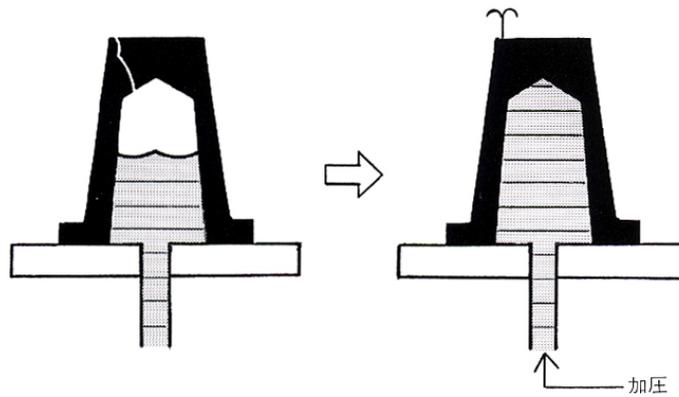


図5 内部加圧法

含浸という操作は毛細管現象を利用している。毛細管現象で浸透しやすい液は次の特性をもつ。

- ① 粘度が低い。
- ② 濡れやすい(接触角が小さい)。
- ③ 表面張力が大きい。

の条件が必要になる。

液の浸透速度は

$$t = \frac{2\eta \cdot \ell^2}{r \cdot \gamma \cdot \cos \theta}$$

で表わされる。

$$\left[\begin{array}{l} t: \text{時間} \quad \eta: \text{粘度} \quad \ell: \text{浸透する深さ} \quad r: \text{孔の径} \\ \gamma: \text{表面張力} \quad \theta: \text{接触角} \end{array} \right]$$

しかし、毛細管現象による浸透以外に巣の中に存在している空気と流入する液との置換を考慮しなければならない。空気と液が置換する場合、空気が気泡となって上昇することで、巣の中から排出されると仮定すると、ストークスの式を適用することができる。

$$u = 2 \rho r^2 g / 9 \eta \quad (\text{式-2})^{(3)}$$

$$\left[\begin{array}{l} u: \text{気泡の上昇速度} \quad \rho: \text{空気と液体の密度差} \\ r: \text{気泡の半径} \quad \eta: \text{粘度} \quad g: \text{重力加速度} \end{array} \right]$$

いまかりに $\rho \approx 1$ $r=0.001 \text{ cm}$ $\eta=10 \text{ cP}$ $g=980 \text{ cm/s}^2$ とすると、気泡の上昇速度は、 $u \approx 2 \times 10^{-5} \text{ cm/秒}$ となり、見かけ上ほとんど静止した状態であり、排気されない。また巣の中の空気は吸着された状態になっており、排気するには更にエネルギーを必要とする。

このため真空工程を行なって、脱気することで巣の中へ液が浸透しやすいようにする。また液の粘度の高い場合には時間がかかる。このため加圧工程で圧入を行っているわけである。

これらの含浸方法について、アメリカ軍規格 MIL-STD-276 で、真空-浸漬-加圧法と内部加圧法を規定している。

メタアクリル酸エステルモノマーを主成分とする含浸シール剤は粘度が約 10cP と低く、接触角は約 10 度と小さく濡れやすく、表面張力は約 35dyn/cm あるので浸透性が優れている。このため加圧工程を省いた浸漬-真空法または真空-浸漬法でも、真空-浸漬-加圧法と同等の含浸効果が得られる。

3. 含浸シール剤の種類

鑄造製品の含浸は以前から水ガラスを主成分とする無機含浸が行われていた。しかし無機含浸では、加熱残分が一般に 20～40%と低く硬化時に収縮する。また巢の中に含浸された含浸シール剤が硬化時に流出する「吹き出し」の現象が起こる。これらの理由により、鑄造製品を含浸処理した場合の含浸効果の歩留りは一般に 50～80%ぐらいである。

この歩留りの低さのため、無機含浸から有機含浸へと移行している。

有機含浸の含浸シール剤には一般にポリエステルタイプ、嫌気性アクリルタイプと熱硬化アクリルタイプの3種類がある。

これら含浸シール剤の比較を表1に示す。

また含浸シール剤にもアメリカ軍規格 MIL-I-6869 があり、含浸シール剤のシール性、耐薬品性、耐ヒートサイクル性等の性能について規定されている。

表1 含浸シール剤の比較⁽⁴⁾

	水 ガ ラ ス	ポリエステル	嫌気性アクリル	熱硬化アクリル
主 成 分	ケイ酸ソーダ	フタル酸ジアリール/ スチレン	メタアクリル酸エス テル	メタアクリル酸エス テル
硬 化 機 構	水の離散及び炭酸ガス との科学反応	熱 重 合 (オイルバスで 45 分)	嫌気性硬化 (室温硬化では 4～6 h)	熱 重 合 (90～100℃の水 10～ 15 分)
加 熱 残 分	約 20～40%	約 90～100%	約 90～100%	約 90～100%
吹 き 出 し	有	有	無	無
コ ス ト (水ガラスを1とし た場合)	1	1～2	8～10 倍	8～10 倍
洗 浄 方 法	水	有機溶剤又は界面活性 剤溶液	有機洗剤又は界面活性 剤溶液	水
廃 水 処 理	中和処理で可	廃水処理施設が必要	廃水処理施設が必要	廃水処理施設が必要
アメリカ軍規格 MIL-I-6869	不 可	合 格	合 格	合 格
含浸液の管理	容 易	容 易	1日1回の液のチェッ クが必要 保存時は低温、酸素の 供給が必要	低温の保存を行えば液 管理は容易
備 考	歩留りが 50～80%と 低い	スチレンを含む為、局 所排気及び防火対策が 必要	液管理のコストが高い	硬化時にアルミを変色 させる場合有り

4. スリーボンド3932シリーズについて

当社の有機含浸シーラ剤は熱硬化アクリルタイプで、

次の3種類がある。3種類の比較を表2に、スリーボンド3932の特性値を表3に示す。

表2 スリーボンド3932シリーズ(有機含浸シーラ剤)の種類

	スリーボンド 3932	スリーボンド 3932C	スリーボンド 3932L
外 観	無色透明	無色透明	無色透明
比 重	1.07	1.07	1.02
粘 度	10cP	12cP	12cP
配 合 比 (本剤/硬化剤)	9/1	9/1	100/2
備 考	汎用タイプ	洗浄力を高めたタイプ 小さい鋳物向き	嫌気硬化付与タイプ

表3 スリーボンド3932の特性値

試 験 項 目		条 件	特 性 値	試 験 方 法
配 合 比		(主剤/硬化剤)	9 : 1	重 量 比
引 火 点 (°C)	主 剤		110	JIS K 2265
	硬 化 剤		150	JIS K 2265
表 面 張 力 (dyn/cm)		混 合 液	35.5	3 T S *
水 素 イ オン 濃 度 (pH)		混 合 液	4~6	3 T S
加 熱 残 分 (%)		混 合 液	91	3 T S
重 合 開 始 温 度 (°C)		混 合 液	84	3 T S
硬 化 物 硬 度		ショア-D	70~82	3 T S
熱分解開始温度(耐熱性) (°C)		硬 化 物	200	3 T S
シール性	焼 結 部 品	試験媒体(空圧)	2kgf/cm ² パス	3 T S
	オ イ ル ポ ン プ	試験媒体(油圧)	400kgf/cm ² パス	実 物
耐液性(%) 7日間浸漬	燃 料 (ガソリン)	45~50°C	+0.4	3 T S 硬化物の重量変化率
	燃 料 (軽油)	45~50°C	+1.1	
	潤 滑 油 (モーター油)	100°C	-1.8	
	潤 滑 油 (ギヤー油)	100°C	+0.8	
	水	95~100°C	+8.2	
	L P G	室 温	+1.3	
	フ レ オ ン ガ ス	室 温	+1.9	
	溶 剤 ト ル エ ン	室 温	+1.3	
	酸 HCl (pH1)	室 温	+14.3	
	アルカリ NaOH (pH13)	室 温	+15.8	

- 3 T Sとはスリーボンド標準試験方法の略称。
- 本データは測定値であり規格値ではない。
- 含浸シーラ剤の評価方法は日本において標準化されていないため
 - 1) 実物での評価と実績 2) 含浸剤自体の硬化物 3) MIL-I-6869D規格 4) 焼結対や毛細管の利用等を引用し試験検討する
場合が多い。

5. 有機含浸の工程について

当社の有機含浸の真空-浸漬-加圧法の標準的な工程は表4のようになる。一般に含浸処理の1サイクルは約60分である。

6. 含浸装置について

当社の標準的な含浸装置は図6に示す。この装置で真空-浸漬-加圧法による含浸処理ができる。

当社では、真空-浸漬-加圧法以外の他の4つの含浸法やスペースに合わせて装置のレイアウトの変更など、お客様の御要望に応じた含浸方法、含浸装置の設計に対処していますので、営業技術員へ御相談下さい。

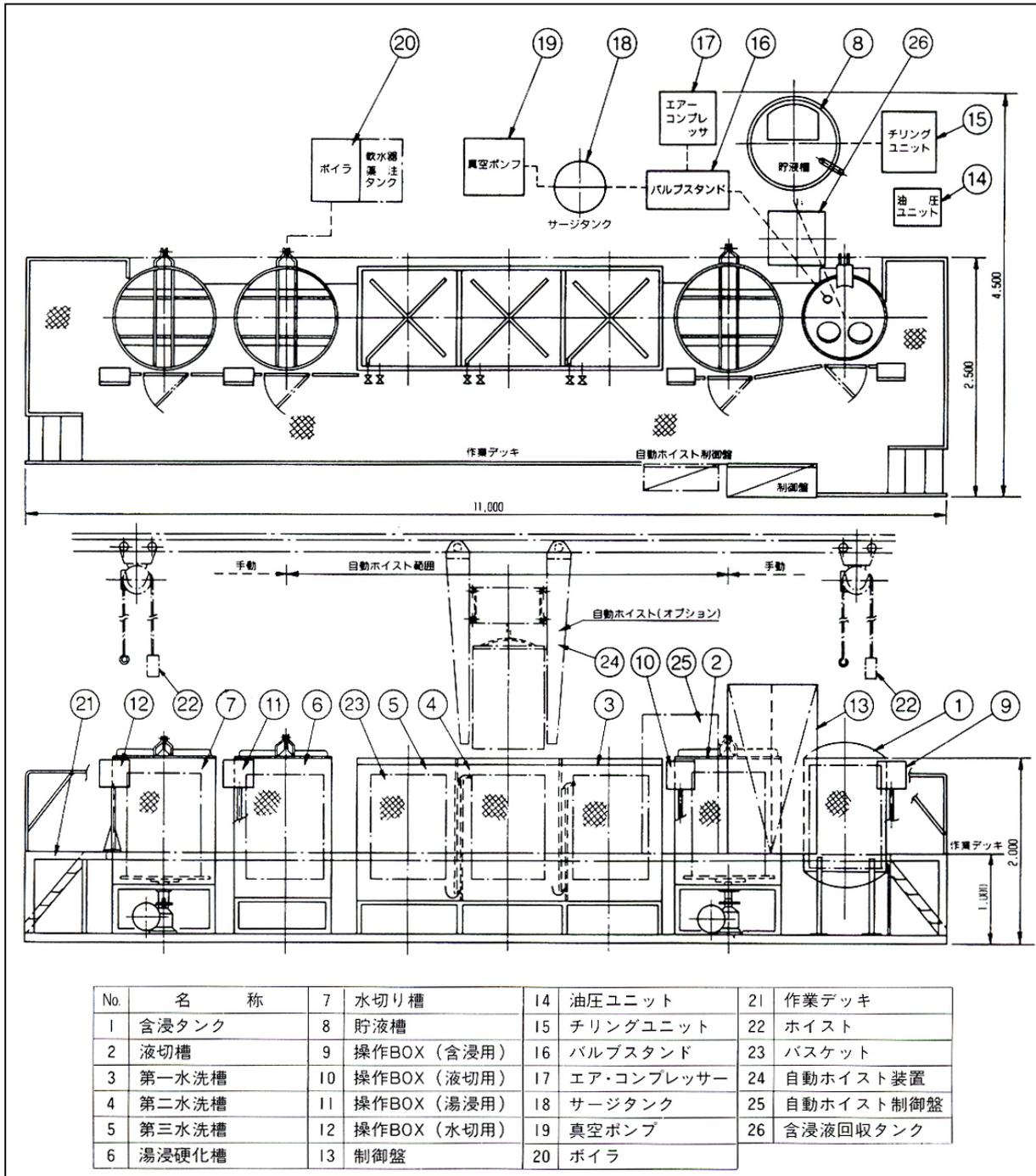


図6 含浸装置

表4 含浸操作

1	受入検査	油類、水、切削くず、汚れの付着状況を調べ付着している場合は、脱脂洗浄などを行ない清浄な状態にする。
2	バスケット詰	含浸後の液切りの良い方向を考え、バスケットに詰める。
3	真空	バスケットを含浸タンクに入れ、5 mm Hg 以下の真空度を約 10 分間保持する。
4	加圧	真空状態の含浸タンクへ、含浸液を注入する。次に含浸タンクの中へ圧搾空気を送り込み、圧力を 5~10 kgf/cm ² で 5~30 分間保持する。
5	液切り	加圧含浸が終了したら、圧搾空気の圧力を利用して含浸タンク内の含浸液を貯液タンクへ戻す。 更に含浸タンクのフタを開け、バスケットを傾斜させるか、回転させて、できるだけ被含浸物の表面や凹みに付着している含浸液を回収する。
6	予備洗浄	洗浄槽中の水で予備洗浄し、表面に付着している大部分の含浸液を洗い流す。
7	本洗浄	流水や温水を利用して含浸液をきれいに落とす。
8	加熱硬化	熱風乾燥器に入れ加熱硬化させる。(90℃~130℃、120分~45分) または湯浸硬化槽で加熱硬化させる。(85℃~95℃、15分~10分)

5. 有機含浸の用途実例

洩れの防止、強度の向上、塗装・メッキ処理後のフクレ防止や接着固定のために有機含浸している実例の一部を以下に示す。

1) 輸送機器関係

- a) シリンダーブロック、シリンダーヘッド
- b) インテークマニホールド
- c) トルクケース、ミッションケース、クランクケース
- d) キャブレター、燃料噴射ポンプ、燃料ポンプ
- e) パワーステアリング系統のケース、バルブ、パイプ

2) 油圧機器関係

- a) ウォーターポンプ、給油ポンプのボデー
- b) エアーバルブ、マグネットバルブのボデー、バルブ

類のボデー

- c) 油圧ポンプ、油圧シリンダーのボデー
- d) 消火器のキャップ

3) 空気圧機器関係

- a) エアコンディショナーコンプレッサーのボデー、カバー
- b) 空圧コンプレッサーボデー
- c) エアーガン、スプレーガン
- d) ガスのレギュレーター、ガスメーターのボデー、ケース、カバー及びガス器具の部品

4) その他

- a) 鉄焼結体のマグネットコア、焼結体歯車及び鉄、ステンレスの焼結部品
- b) 工作機械のベース
- c) モーターのローター部分の接着固定

8. 廃水処理について

表1で有機含浸に廃水処理施設が必要であると述べた。というのは、前述の項目「5. 有機含浸の工程について」の中で、「予備洗浄」は表面に付着している含浸シール剤を水で洗い落としている。この洗浄後の廃水は含浸シール剤を含むので、廃水のCOD(化学的酸素要求量)、BOD(生物化学的酸素要求量)は排水基準を越えてしまう場合がある。(排水基準は各地域の自治体が条例で定めており、全国一律ではない)

スリーボンド3932の水溶液のCOD、BODを図7に示す。

このように洗浄後の廃水はCOD、BODが高いため、そのまま河川へ廃棄はできない。

このため廃水処理施設の併設が必要となる。当社では、①廃水を燃焼室で噴霧して含浸シール剤を焼却させる廃水焼却炉(特許申請中)、②廃水に薬品を注入して含浸シール剤を凝集させる凝集分離法(特許申請中)を設計製作していますので、営業技術員へ御相談下さい。

おわりに

有機含浸のシステムについて概要を述べてきましたが、当社では含浸シール剤及び含浸装置の製造販売だけでなく、お客様の製品に真空浸漬-加圧法による有機含浸の加工処理も致しておりますので、営業技術員へ御用命下さい。

最後に有機含浸の今後の課題を付記します。

1. バッチ方式から連続式の含浸システムの開発
2. 巣の発生箇所だけを含浸する部分含浸システム
3. 廃水を外に出さないクローズドシステムの廃水処理施設の開発

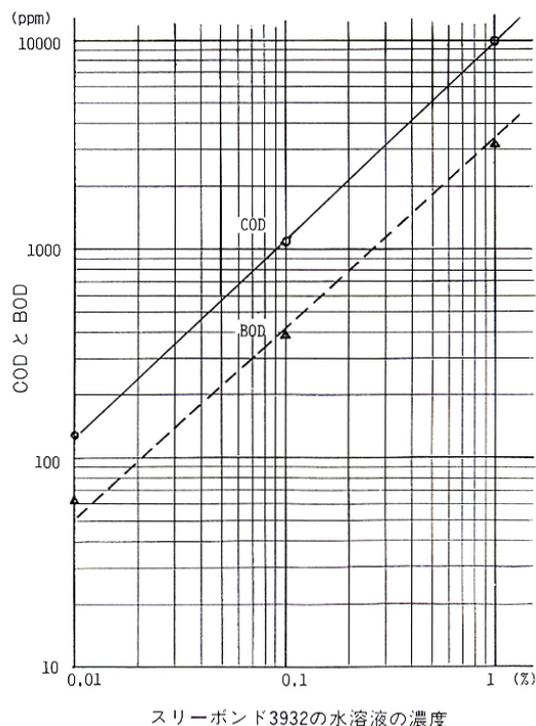


図7 スリーボンド3932の水溶液のCOD(化学的酸素要求量)とBOD(生物化学的酸素要求量)

4. 廃水処理が簡易な含浸シール剤の開発

これらが近いうちに開発されると、システム全体がコンパクトになり、より簡易に、より早く有機含浸ができるようになり、需要や用途が更に広がるものと確信しております。

《引用文献》

- (1) 国際鋳物欠陥分類図集 (日本鋳物協会)
- (2) 井本立也、洗浄設計 26、10 (1985)
- (3) 中尾一宗、繊維と工業 40、238 (1984)
- (4) R. Mc WILLIAM, 11th International Die Casting Congress and Exposition. Paper No. G-T81-075 (1981)

研究所 シール・防錆・潤滑剤研究室

田村英明

