

紫外線照射装置

はじめに

スリーボンド 3000 番シリーズ(紫外線硬化樹脂)は、紫外線を照射することにより光重合を起こし硬化しますが、そのすぐれた速硬化性(秒単位)、物性、作業性から接着、シール、コーティングの分野で現場ラインに実用化され、大きくコストダウンに貢献しています。

紫外線硬化樹脂を使用する場合、次のような項目を考える必要があります。

- a) 紫外線硬化樹脂に含まれる増感剤の吸収波長領域と紫外線光源の最強放射波長領域とを一致させる
- b) 被照射物の温度上昇の限界
- c) 被照射物の寸法
- d) 硬化時間の設定

紫外線を効率よく照射し、ライン全体を有効に稼働させるためには目的をよく考え光源を選択し、被照射物の形状や搬送方法に合ったシステムを設計する必要があります。

とくに最近、紫外線照射の際の熱により被照射物が悪影響を受けることがあり、温度上昇の少ない照射装置の要望が多くなってきておりますので今回は紫外線照射装置について紹介します。

目次

はじめに.....	1	2 - 4 超高压水銀灯.....	4
1 . 紫外線とは.....	2	2 - 5 メタルハライドランプ.....	4
2 . 紫外線光源の種類と特性.....	2	3 . 冷却方式.....	4
2 - 1 低圧水銀灯.....	3	3 - 1 水 冷 式.....	4
a) 短波長殺菌灯.....	3	3 - 2 熱線吸収ガラス方式.....	5
b) 殺 菌 灯.....	3	3 - 3 コールドミラー方式.....	5
2 - 2 螢 光 灯.....	3	4 . 紫外線照射装置の安全性について.....	7
a)健康線灯.....	3	おわりに.....	7
b)光化学用複写機用螢光灯.....	3		
2 - 3 高圧水銀灯.....	4	海外関連情報.....	8

1. 紫外線とは

線、x線、紫外線、可視光線、赤外線、電波はいずれも電磁波で眼に見える光を可視光線、可視光線の中で最も波長の短いものが紫色であり、これより波長の短い40~380nmの電磁波を紫外線という。

紫外線と可視光線の波長範囲は

極端紫外線	40~200nm	1
遠紫外線	200~300nm	
近紫外線	300~380nm	
可視光線	380~760nm	

であり、一般的に近紫外線領域が紫外線硬化に利用される。

$$1\text{nm} = 10^{-9}\text{m} = 10^{-3}\mu\text{m} = 10\text{\AA}$$

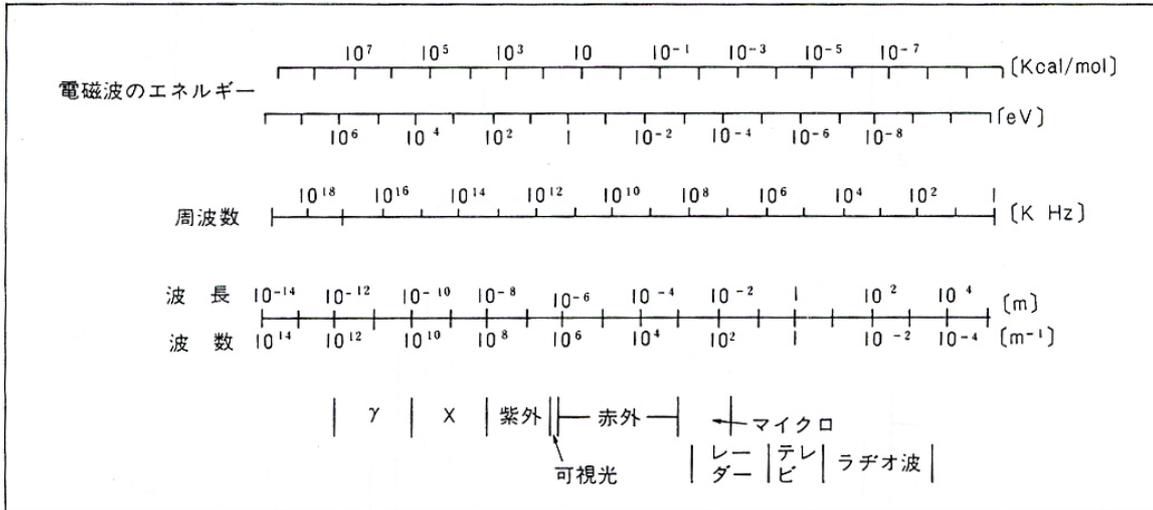


図1 電磁波のエネルギーと波長、周波数との関係

2. 紫外線光源の種類と特性

紫外線硬化樹脂は、紫外線エネルギーを吸収して光重合反応を起こし、硬化するもので、紫外線を効率よく強力に放射する光源が必要となる。

紫外線を発生させる光源として、表1のようなものがあるが一般的には高圧水銀灯が利用されている。

表1 光源の種類

ランプ	主波長	特徴	
低圧水銀灯	254nm	出力密度低い	殺菌灯、光化学用
高圧水銀灯	365nm	高出力に出来る	複写機用、光化学用、UVキュアー用
超高圧水銀灯	436nm	点光源である	フォトエッチング
キセノンランプ	近赤外	太陽光に近い	映画用、照明用
メタルハライドランプ	金属により各種	-	照明用、製版焼付用

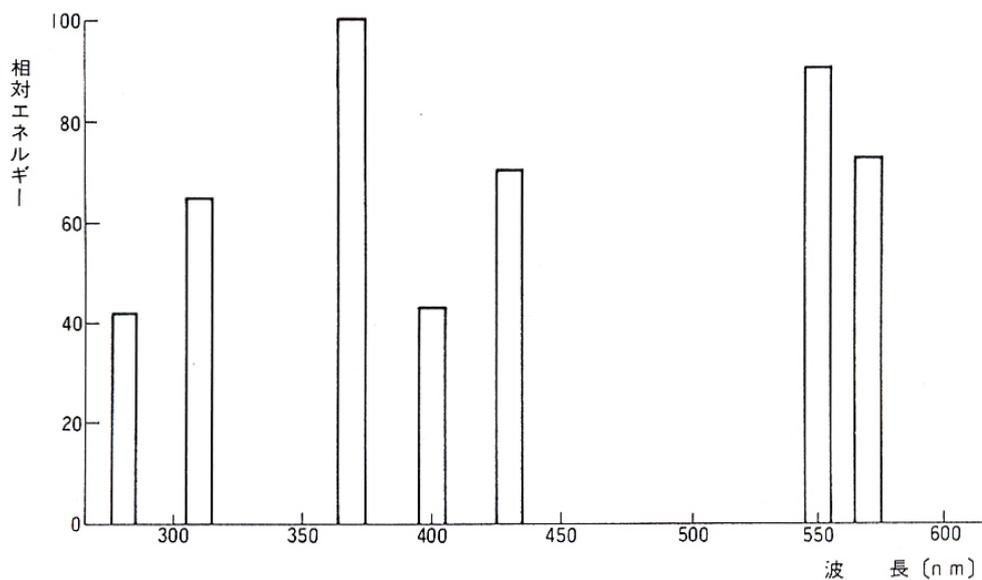


図2 高圧水銀灯発光分光エネルギー分布

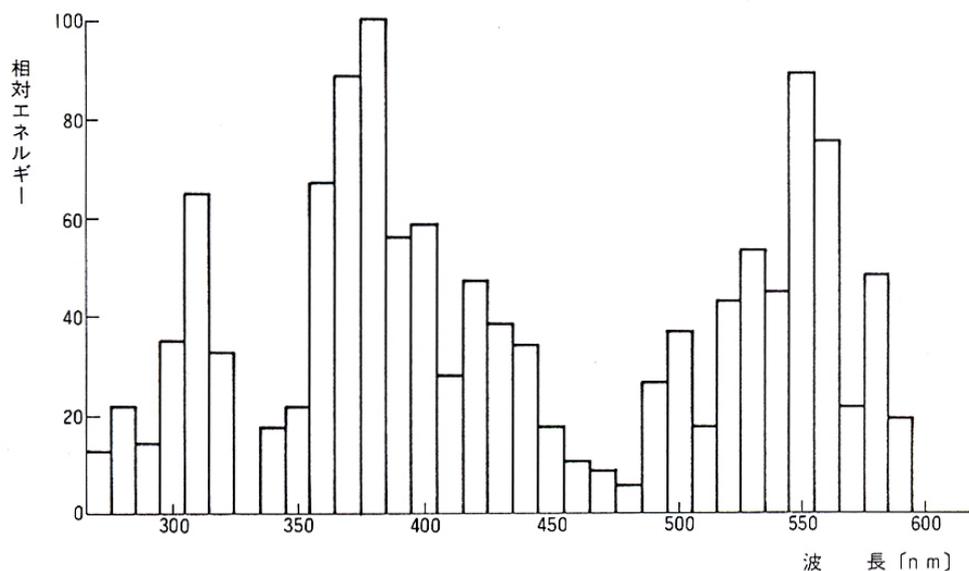


図3 メタルハライドランプ発光分光エネルギー分布

2 - 1 低圧水銀灯

低圧の水銀灯は、水銀蒸気圧およそ 6×10^{-3} Torr [40 における飽和蒸気圧] のとき、254nm ラインの発光効率が最大になる。

(a) 短波長殺菌灯

185nm ライン オゾンが発生し殺菌、脱臭、漂白作用がある。

254nm ライン 最も殺菌力をもつ。

(b) 殺菌灯

オゾンが発生すると臭気が強いので、254nm の殺菌力のみを利用する。

2 - 2 蛍光灯

低圧水銀灯で放射する 254nm ラインの照射により、発光する蛍光塗料よりの発光を利用する。

(a) 健康線灯

305nm 付近の紫外線は、人体に対する保険医療などに利用され、とくに健康線と呼ばれる。

これは、305nm 付近のスペクトルを発光する蛍光塗料に 254nm ラインを照射して発光させるものである。

(b) 光化学用複写機用蛍光灯

発光波長域が、300 ~ 450nm の紫外線を放射する蛍光塗料に、244nm ラインを照射して発光させるものである。

とくに塗膜硬化、樹脂凸版等の紫外線硬化には、365nmを中心とした発光特性をもつ蛍光塗料が利用される。

2 - 3 高圧水銀灯

現在、紫外線硬化に多く用いられているものは、この種類のものであり、ランプ特性としては、80w/cm～160w/cmで、発光長50～200cmのものが最も多く用いられている。

100W～40KWのランプがあり、用途別に外形上の差異は若干あるが、アークそのものに本質的な違いはない。

発光管は、石英ガラス製で直径は10～30mmの長尺直管で、水銀と希ガスが封入される。

およその紫外線発光効率、全放射エネルギーの15～20%であり、オゾンの発生を防ぐため、200nm以下を遮断するオゾンレス石英管を用いる。オゾンレスタイプはオゾンフリーに比較して硬化スピードが、20～30%遅くなるため、オゾンフリー石英管を使用する場合もある。

また、一般に使用されているランプ容量は80w/cmのもので、発光長が50cmのものは4KW、70cmのものは5.6KWである。

また、発光管の石英ガラスの管壁温度を600～800におさえないと放電が不安定となり、石英ガラスが軟化することがあるため、強制空冷を必要とする。しかし、冷却しすぎると水銀の蒸気圧があがらず放電が不安定となる。

2 - 4 超高压水銀灯

石英ガラス製内径1～3mmの厚肉細管を用い、発光長10～150mmのきわめてコンパクトなランプで動作時の水銀蒸気圧は、50～200気圧に達する。[高圧水銀灯は3～10気圧]

定格入力、500W～5KWのものがあって水冷が必要である。超高压水銀灯は水銀蒸気圧が高いため、ラインスペクトルは著しくブロードになり、連続スペクトルの割合も増し、電気的入力の約40%が紫外～可視域放射となり、さらにそのうち約60%が300～450nmに集中している。

2 - 5 メタルハライドランプ

メタルハライドランプは、発光管は石英ガラス製で、径が20～30mm前後の長尺直管であって、水銀と希ガスの他に紫外部に発光スペクトルをもつハロゲン化金属を封入し、近紫外線を効率よく放射するようにしたものである。

このランプは、400nm以上の可視光線域に主波長があり、可視光線域に硬化吸収域をもつ紫外線硬化樹脂、厚膜を硬化させる場合に効果がある。

3 . 冷 却 方 式

冷却は、ランプ及びランプハウスを一括して冷却できるような機構となっている。

被照射物に塗布された紫外線硬化樹脂を硬化させるために使われるエネルギーは、ランプ入力エネルギーのごく一部であり、残りは放射伝導などの形で熱となって放散されるので、いかにして熱を除去するかが大きな問題となる。

3 - 1 水 冷 式

前記直管形高圧水銀灯のまわりに石英ガラス製二重ジャケット管を設けて、その中に冷却水を流し、紫外線が水の層を通過して出てくるもので、水の層を通過するとき熱線が吸収され、熱線の少ないクールな紫外線を得ることができる。

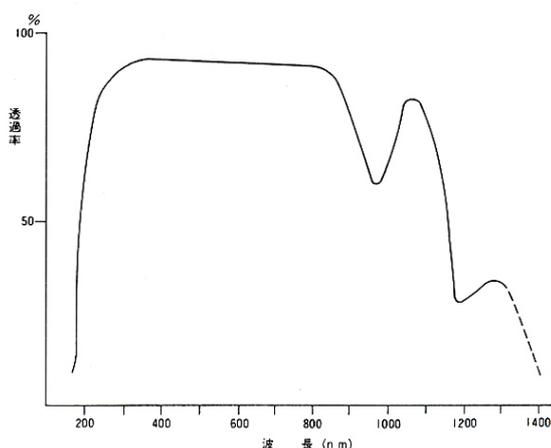


図4 水の分光透過特性

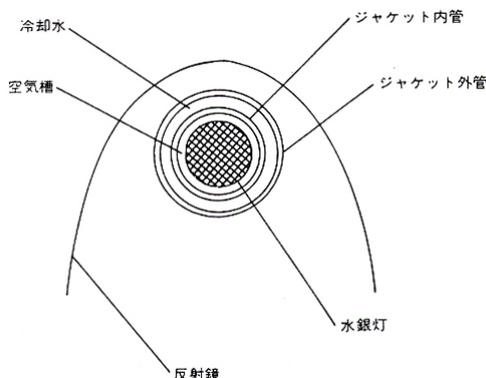


図5 水冷式構造

一般的に紫外線硬化樹脂は、硬化に際し熱がかかるほど硬化スピードは大きくなるため、水冷式を使用した場合、空冷式に比較して条件が悪くなることを考慮して照射条件を設定する必要がある。

また、水冷ジャケット管の掃除、純水を得るためにイオン交換樹脂の交換などメンテナンスにやや難があり、熱交換機等の装置も必要となってくるので装置コストも大となる。

3 - 1 熱線吸収ガラス方式

ランプを直接水の中に入れ、周囲に二重のジャケット管を設け、ジャケット内管から内管と外管の間に冷却水を流す。

ジャケット内管を熱線吸収ガラスにすると、ランプより出た赤外線が吸収されて、熱線の少ない紫外線を得ることができる。

熱線吸収ガラスの分光透過特性は、図7に示す通りで、360nmを中心に310～400nmの紫外線を透過する。

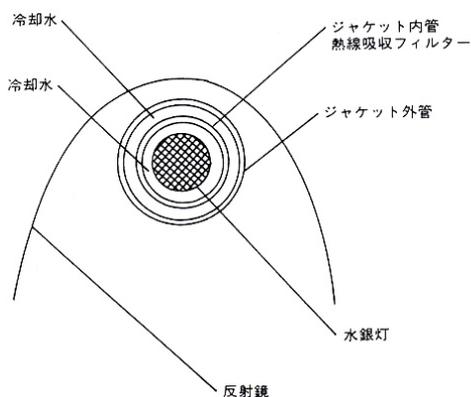


図6 熱線吸収ガラス方式

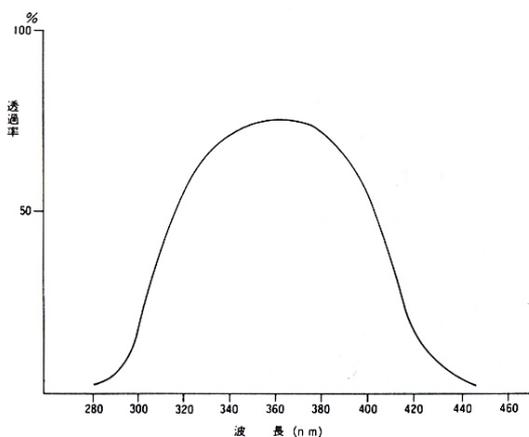


図7 熱線吸収フィルター分光透過特性

3 - 3 コールドミラー方式

コールドミラーは、ガラス基材に金属薄膜を多層に蒸着して紫外線を反射し、赤外線を透過する特性をもたせたもので、反射鏡として使用する。

赤外線は、反射鏡を透過するため、反射鏡の裏側に黒色の熱線吸収板を設けて熱線を吸収させ、空冷して装置外に放出する。

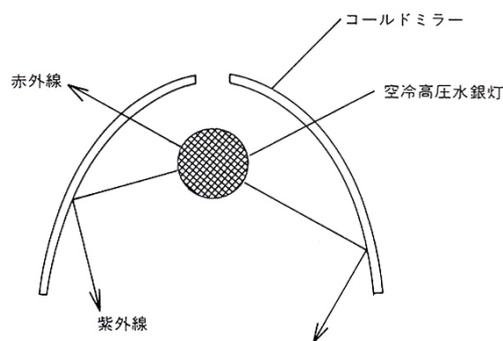


図8 コールドミラー方式

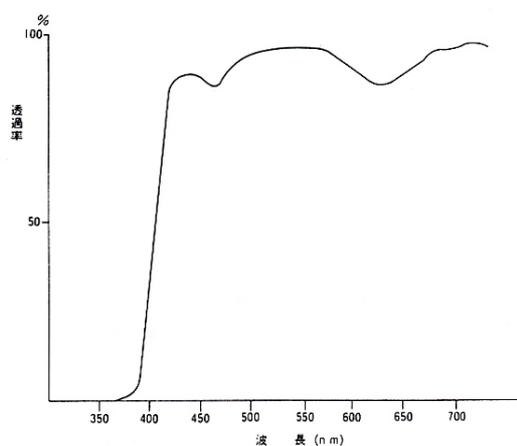


図9 コールドミラー分光透過特性

標準仕様コールドミラータイプ照射装置・HMW 244 5CM [4KW、80W/cm 高圧水銀灯] にて測定した紫外線照度及びガラス板の温度上昇は、下記の通りである。

紫外線照度計	UV302A [320~390nm 感光]
示温材	サーモライン 5点表示型 A~E タイプ
ガラス板	5.5 t 75cm ²

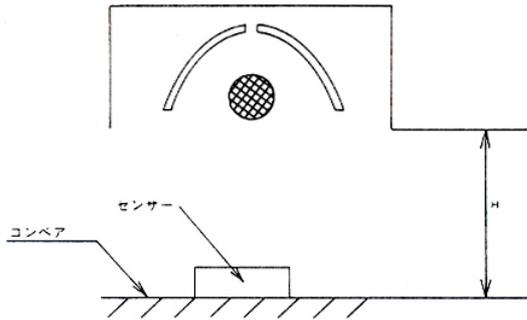
測定条件

紫外線照度 コンベアベルト上面からランプハウス下面までの距離を 60mm から 150mm まで 30mm おきに 4 点で測定する

温度上昇 上述の 4 点においてコンベアスピードを 0.5m/min から 7.0/m/min まで 0.5m/min おきに 14 点測定する。

センサー高さ 18mm

室温 17



以上の結果より、コールドミラーが方式照射装置・HMM - 244 - 5C Mの冷却能力は、空冷と水冷方式の中間程度に位置するといえる。

実際に、アクリル等のプラスチックが被放射物である場合、30 秒以内の照射時間であれば問題はなく、ラインでの実績もある。

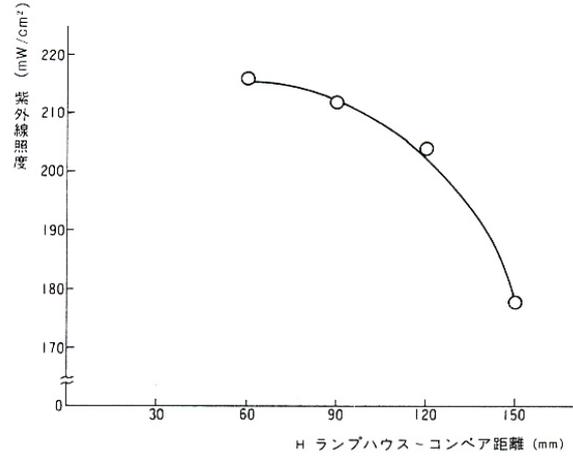


図 10 紫外線照度

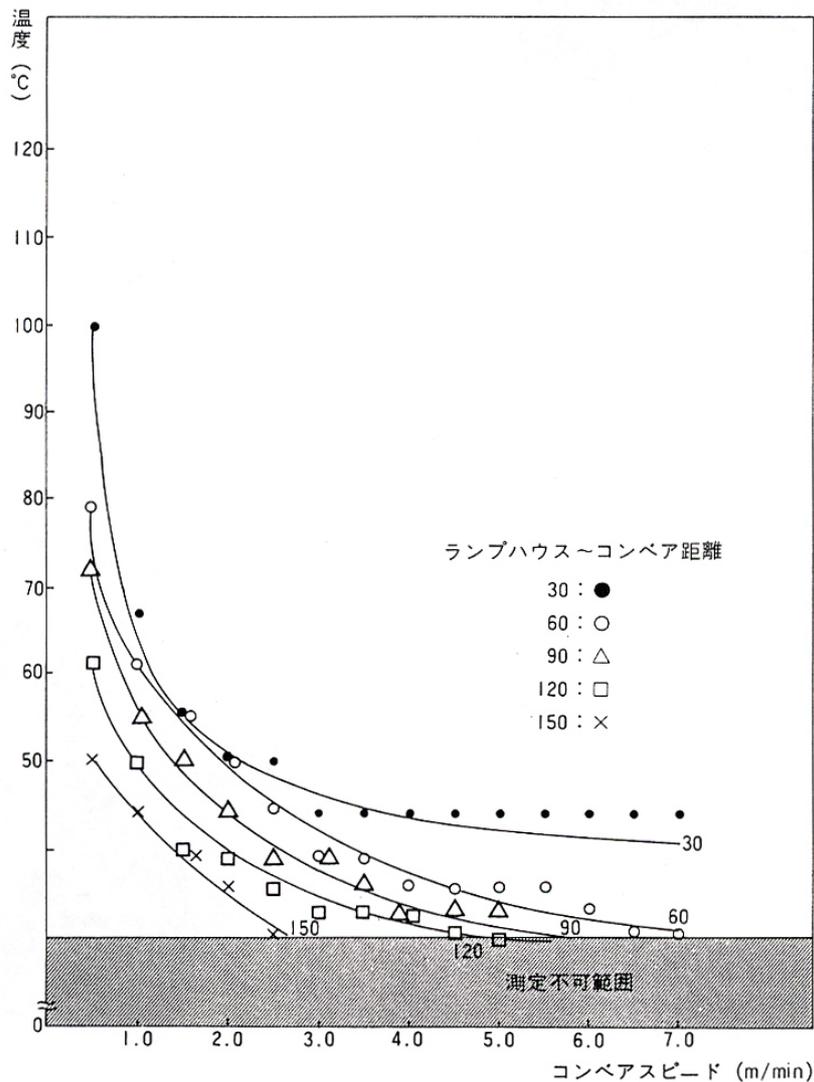


図 11 ガラス板温度

4. 紫外線照射装置の安全性について

紫外線照射装置からは強力な紫外線が出ており、露出している皮膚、及び目に紫外線をあてると、日焼け及び結膜炎を起こす。

紫外線の人体に対する危害を防ぐ目的から安全照射量の基準として次のような値が報告されている。

最大許容照射量 [270nm]

$50.0\mu W/cm^2$ …… 1 分間連続照射

$0.8\mu W/cm^2$ …… 1 時間連続照射

$0.1\mu W/cm^2$ …… 8 時間連続照射

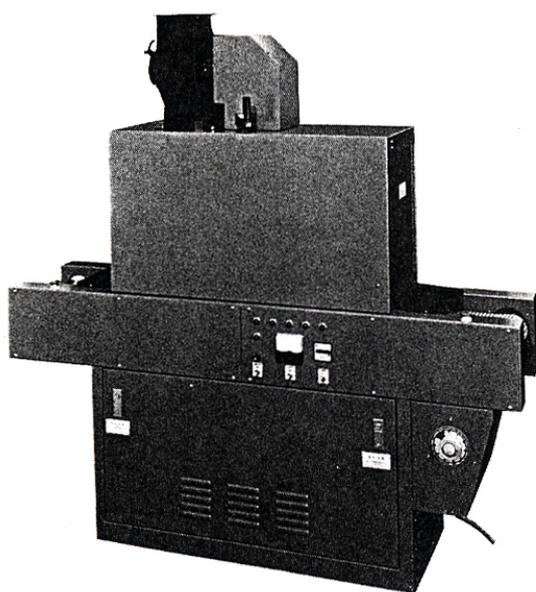
紫外線照射装置は、有害な紫外線を外部に放射しないように設計する必要がある。

また、185～210nm の紫外線は、空気中の酸素をオゾン化させる。オゾンは毒性を有するので、環境気中のオゾン濃度は 0.1ppm 以下におさえるように、日本産業衛生協会より勧告値が出されている。

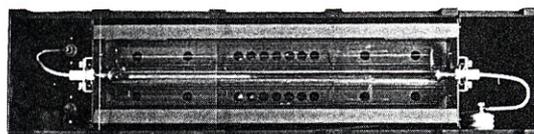
一般的にオゾンは人体に対して次のような影響があるとされている。

表2 オゾンの人体に対する影響

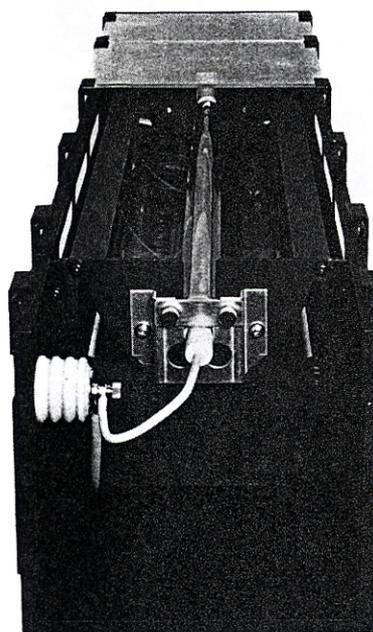
濃度 ppm	人体に対する影響
0.02	特有の臭いがわかる (数秒で)
0.05	臭気は強く持続
0.3	鼻及びのどの刺激又は胸部のしめつけ
0.5～1.0	1～2 時間で呼吸機能に気道抵抗の増加 肺活量低下
1～3	2 時間暴露 人は耐えられない



紫外線照射装置



▲ランプ部分▼



おわりに

紫外線硬化システムが市場に導入されてから実用化の面でやや遅れていましたが、樹脂の急速な進歩と効率良い照射装置の開発により、導入する企業がふえてきており、今後も着実に伸びつつけるものと思われます。

参考文献 オーク製作所技術資料

次回掲載予告

畑 敏雄先生の特別寄稿：『接着科学序説』（その1）

1. まえがき
2. 接着剤の分類と特徴
3. 接着の界面科学と熱力学
 - 3-1 めれと接着
 - 3-2 接着の界面化学的最適条件
 - 3-3 混合の熱力学から見た接着

畑先生略歴：工学博士 東工大教授・名誉教授、群馬大教授・学長・名誉教授を歴任。日本接着協会副会長・会長、高分子学会接着科学委員会委員長を務め、現在、高分子学会評議員。

海外関連情報

今回は、ブラジルにある現地法人ブラジルスリーボンドをご紹介します。

南米大陸をテリトリーとしているブラジルスリーボンドは、設立後8年が経過しようとしています。

お蔭さまで現地の従業員も増加し、企業としての形態も整ってまいりました。

また、周辺諸国に代理店設置も完了し、各ユーザーの皆さま方に製品を供給させていただいておりますが、その代理店は一国にソールエージェントの形で存在し、アルゼンチン、ペルー、パラグアイ、ウルグアイ、チリ、ボリビア、エクアドル、コロンビアの国々で販売活動およびサービス活動を実施しており、また弊社の技術員も技術サービスのために巡回を行っております。

ブラジル国内では、東海岸の主な都市に販売店を置き、販売拠点としてのサービス活動をしております。

生産品目は液状ガasket、瞬間接着剤、嫌気性接着剤、エポキシ樹脂配合物など工業用接着剤を中心に生産販売しご好評を得ております。

現地進出企業への納入実績も、弱電関係ではNATIONAL、SANYO、SHARP 殿、機械関係ではVOLKS WAGEN、GM、FIAT、VOLVO、SAAB-SCANIA、BENZ、FORD、HONDA、YAMAHA 殿などへ納入させていただき、現地企業への生産性向上、性能向上、コストダウンに微力ながらもお役に立っているものと自負しております。

また、今後の需要増しに対応するための工場敷地の拡張など着々と準備を進めております。

今後とも、皆さま方の温かいご厚情を賜りますようお願いいたします。

住所・TEL・TELEX・代表者

Three Bond Do Brasil Ind,e Com. Ltda

Caixa Postal 267,AV . Prestes Maia, 315 - Marina CEP09900.

Diadema Sao Paulo, Brasil.

Phone, Sao Paulo. 445 - 4011. Telex, 114409 TBON BR.

YASUSHI KONDO



技術力で躍動する

株式会社スリーボンド

本社 〒193 東京都八王子市狭間町 1456 電話 0426(61)1333 代

●スリーボンド・テクニカルニュース編集委員会