

耐熱服面体の金蒸着による耐熱効果

大 熊 順 三*
篠 田 幸 男*

1. は し が き

消防用耐熱服で耐熱性の最も弱い部分は面体である。当庁では従来アクリル板に熱反射の良好なアルミニウムを蒸着し、熱反射特性を良好にし、熱通過を防止して使用している。しかし熱通過は防止できても蓄熱によって面体の表面が著しく破壊されやすく、また人体が直接面体に触れると火傷を負うおそれがあることなどからさらに研究する必要がある。

そこで今回ポリカーボネート板にアルミニウムを蒸着したもの、強化ガラス板に金を蒸着したもののアクリル板に金を蒸着したもの等について試作研究した結果金を蒸着した面体は熱通過および蓄熱の点で非常にすぐれていることが判明したので報告する。

2. 試験種目と方法

(1) 試験種目

- ア、可視光線及び赤外線透過率試験
- イ、熱通過試験
- ウ、蓄熱試験

(2) 試験方法

- ア、可視光線及び赤外線透過率試験

完全暗室で受光器の前面1mの位置に白熱標準電球(2燭光)を点灯し、各種面体(試料)の光透過率を測定する。

この場合の受光器は0.4~0.7 μ の波長および1.2~1.9 μ の赤外波長に感知する2種類とする。

イ、熱通過試験

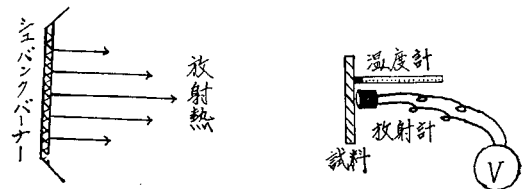
この試験は熱通過の状況を測定するもので次の方法で行なう。

各種面体に0.1および0.2cal/cm²secの放射熱を放射した場合、その何%の熱量が通過するか時間差毎の観測を行なう。

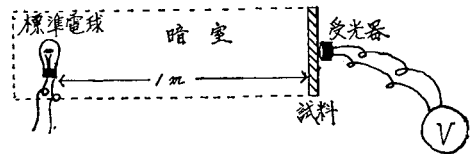
ウ、蓄熱試験

この試験は面体の蓄熱の状況を測定するもので次の

第1図 透過率測定装置



第2図 熱通過率、蓄熱温度測定装置



方法で行なう。

各種面体に0.1および0.2cal/cm²secの放射熱を放射した場合、熱通過試験と同時に面体の温度上昇について測定する。

3. 試験試料

(1) 試作金(i)

表面処理をしたアクリル基材の表面に金を真空蒸着したもの。基材の厚さ4mm

(2) 試作金(ii)

強化ガラスの表面に金を真空蒸着し、表面処理をしたもの。基材の厚さ5mm

(3) 試作アルミニウム

ポリカーボネート基材の表面にアルミニウムを真空蒸着し、表面処理をしたもの。基材の厚さ3mm

(4) 現用アルミニウム

アクリル基材裏面にアルミニウムを真空蒸着したもの。基材の厚さ3mm

4. 試験結果および考察

* 第一研究室

(1) 可視光線および赤外線透過率試験

表 1 可視光線および赤外線透過率試験結果

試料	試作Au (i)	試作Au (ii)	試作Al	現用Al
可視光線透過率 (%)	23.5	8.6	21.1	44.7
赤外線透過率 (%)	0.9	0	12.1	7.9

面体の特質は可視光線をよく透過し、熱線の透過を防止することにある。熱線と赤外線とは別のものであるが熱線の多くは赤外波長部分に含まれていることから測定範囲に0.4~0.7μの可視光波長および1.2~1.9μの赤外波長を選定した。

したがって面体は可視光線をよく透過し、赤外線の透過率が少ないものほどよい特質をもっていることになる。

今、可視光線透過率/赤外線透過率=K

とするとKの値が大きいほどその特質が良好であることになる。そこでこのKの値を計算し、大きい順に例記すると次のとおりである。

試料	K
1. 試作Au (ii)	∞
2. 試作Au (i)	26.1
3. 現用Al	5.5
4. 試作Al	1.8

すなわち、基材の厚さおよび蒸着膜の濃度に差があるとしても金を蒸着したものとアルミニウムを蒸着したものとを比較すると金を蒸着したものは特に良好な結果を示している。

なお、現場行動においては可視光線の透過率が15~20%以上あることが必要であると思われる。

(2) 熱通過試験

この試験は熱通過率の小さいほどその特質が良好であることになる。

放射熱量0.1および0.2cal/cm²secとも放射時間5分値を比較し、その良好順位をみると次のとおりである。

良好順位	放射熱量 0.1cal/cm ² sec	放射熱量 0.2cal/cm ² sec
1. 試作Au (ii)	0.16(%)	3.3(%)
2. 試作Au (i)	0.98(%)	3.3(%)
3. 現用Al	8.20(%)	13.2(%)
4. 試作Al	9.80(%)	22.1(%)

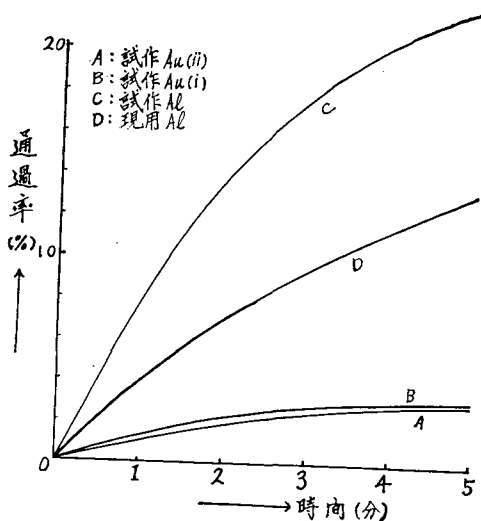
これらの結果から金を蒸着した面体の特性は極めて良好でアルミニウムを蒸着したものに比べて比較に

ならない。まして単なるガラス、アクリル板に比べては論ずるまでもない。

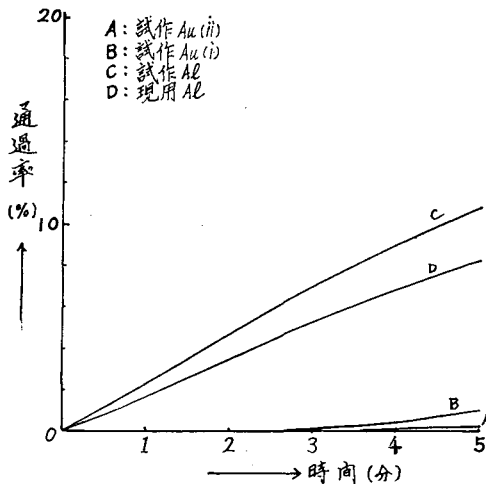
ただ我々の肉体(顔面等)がどの程度の放射熱量に何分間耐えられるかは確たる信念をもっていないが0.1cal/cm²secの放射熱量で10分も耐えられないものと思われる。まして耐熱服のように密べいされたものでは相当の疲労があるものと思われる。

現用の面体でも放射熱量0.1cal/cm²secの場合の5分後の透過率が8.2%程度、0.2cal/cm²secで13.2%である。またその通過熱量は前者が0.0082cal/cm²sec、後者が0.024cal/cm²secであるので放射熱防止のみを考えればその効果は相当あるといえる。

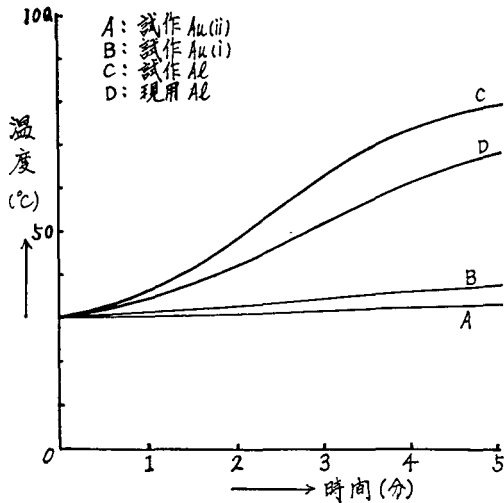
第3図 放射熱量0.1cal/cm²secの場合の通過率



第4図 放射熱量0.2cal/cm²secの場合の通過率



第5図 放射熱量0.1cal/cm²secの場合の蓄熱温度



(3) 蓄熱試験

この試験は面体自体の蓄熱温度を測定したもので、その値は小さい程よい。またこの試験は(2), 熱通過試験と同時に行なったもので試験放射熱量および試料はそれとまったく同じである。

放射熱量0.1および0.2cal/cm²secとも放射時間5分値の面体蓄熱温度を比較し、その良好な順位をみると次のとおりである。(気温30°C中で測定()内は温度上昇を示す)

良好順位	放射熱量 0.1cal/cm ² sec	放射熱量 0.2cal/cm ² sec
1. 試作Au(ii)	33.5°C (3.5°C)	39.5°C (9.5°C)
2. 試作Au(i)	38.0 " (8.0 ")	40.0 " (10.0 ")
3. 現用Al	68.0 " (38.0 ")	87.0 " (57.0 ")
4. 試作Al	79.5 " (49.5 ")	93.0 " (63.0 ")

この結果から明らかなように金を蒸着した面体の特性は極めて良好で、アルミニウムを蒸着したものにくらべて比較にならない。

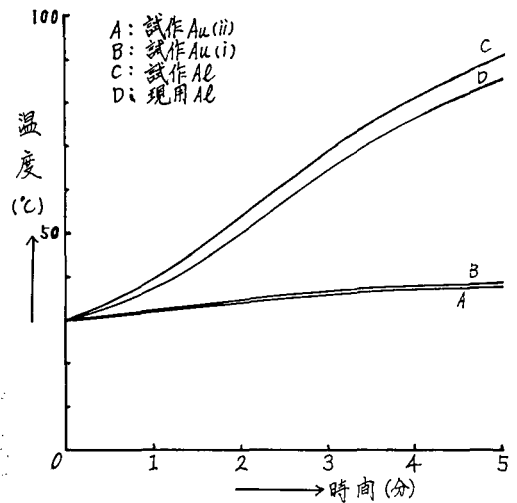
しかし、この場合も面体の蓄熱温度限界を何度にすべきかについて確たる基準はないが我々の皮膚では60°C程度で相当の熱さを感じ、また60°C程度の面体が顔面寸前にあることは相当の熱的苦痛を感じるものと思われる。

現用の面体では放射熱量が0.1cal/cm²secの場合、5分後の蓄熱が68.0°C、0.2cal/cm²secで87°C、試作アルミニウムの特性とはほぼ同じで、その蓄熱量は相当大きく人体に火傷を負う危険性もある。しかも、これらの面体は60°Cで変型し、原型に復せない状態となる。

(4) 全般的諸点について

面体は軽量で機械的に強く、しかも熱通過および蓄

第6図 放射熱量0.2cal/cm²secの場合の蓄熱温度



熱を防ぎ、さらに可視光線を透過しなければならない。

各種試験で熱通過および蓄熱の防止、可視光線の透過等の点については金の真空蒸着ということでは完全に近い状態で解決されたものと思う。

しかし、アクリル基材に蒸着した金の薄膜は機械的に比較的弱くアルミニウムにくらべてやや剥離しやすい。これはアクリル自体が熱に弱く、80°C以上の温度になると発泡しやすい性質を持っており、金を真空蒸着する際、蒸発源のフィラメントの輻射熱により蒸着槽内の温度が150°C~200°C程度まで上昇するのでアクリル基材が発泡し、金の蒸着粒子が付着しにくくなるためである。アルミニウムの薄膜はアクリル基材に蒸着した直後はかなり弱い、普通10時間あまりの間にかかなり強くなる。このような経時変化の結果、金に比べて付着がはるかに強くなるのは基板との境界付近に酸化層ができるからであると思われる。

強化ガラスに金を蒸着した場合は非常に強固に附着する。これはガラス自体が熱に強く表面が平滑性にとんでいるからである。しかしその基材はガラスであるため必然的に重量と破損による危険の問題が残る。

軽量化の点については強化ガラスをできるだけ薄くすることによりある程度解決できる。

また破損の点については強化ガラスの内側にビニールシートを圧着し、破損した場合でも内側に飛散しないようにすることより危害防止の目的を達することができる。

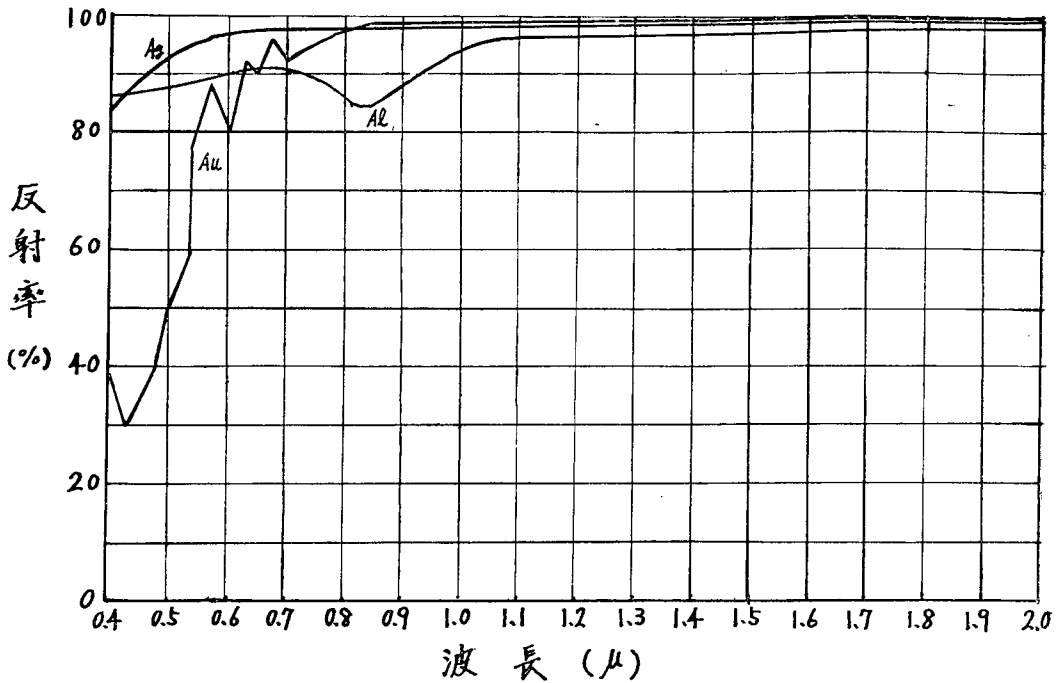
最終的にはアクリル、ポリカーボネート等の軽くて弾力性のある基材に金を強固に蒸着することによって解決される。

(5) Au または Al の真空蒸着による熱反射について

文献によると高真空中で蒸着した金属の反射率は同

じ金属の研磨面や電気メッキ面の反射率より高いといわれている。そこでいくつかの金属反射率の測定値を第7図に示した。

第7図 反 射 率 (真空工業3-10データより)



この図からもうかがえるように金を蒸着した場合は可視光領域(0.3~0.72(μ))の反射率が平均50%に対し、赤外領域では99%以上である。またアルミニウムを蒸着した場合は可視光領域の反射率が平均90%に対して赤外領域では95%である。

したがって、いま吸収を無視すると金を蒸着した面体はアルミニウムを蒸着したものよりよく可視光線を透過し、赤外線を反射することになる。このことは実験結果からも明らかである。

5. む す び

金を蒸着した面体のK(可視線透過率/赤外線透過率)はアルミニウム蒸着のものにくらべて非常に大きく、その特性は極めて良好である。したがって、可視光線をよく透過し赤外線をよく反射する。

金蒸着による面体の放射熱通過率はアルミニウム蒸着のものにくらべて非常に小さく、その特性は極めてよい。したがって耐熱性が極めて良好である。

金蒸着による面体の蓄熱はアルミニウム蒸着のものにくらべて非常に小さく、その特性は極めて良好である。

強化ガラスに金を蒸着したものを使用する場合は危害防止として面体裏面に厚さ1mm程度の透明ビニールシートを圧着することにより解決できる。

最終的にはポリカーボネートまたはアクリル等の基材に特殊な表面処理をほどこし、金蒸着膜を強固に付着させ、耐摩耗性にすぐれている一酸化ケイ素を保護膜としてつけ、軽量化および危害防止等をはからなければならぬ。