

図 5 - 5 - 13 マウント溶接機

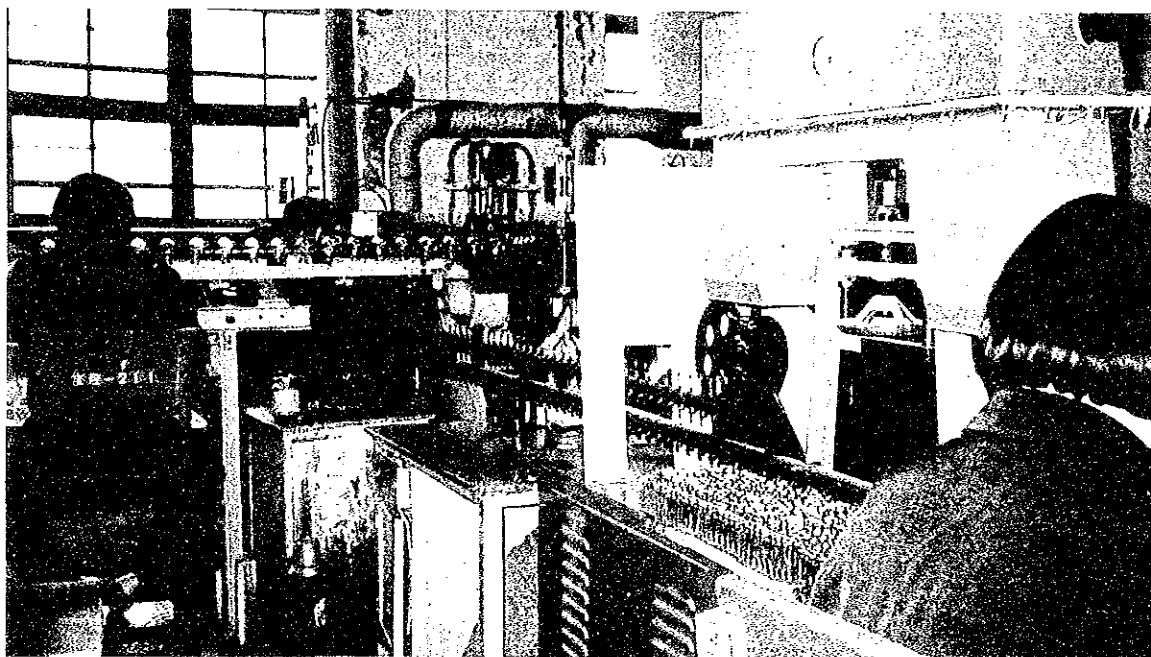


図 5 - 5 - 14 コンベア還元炉

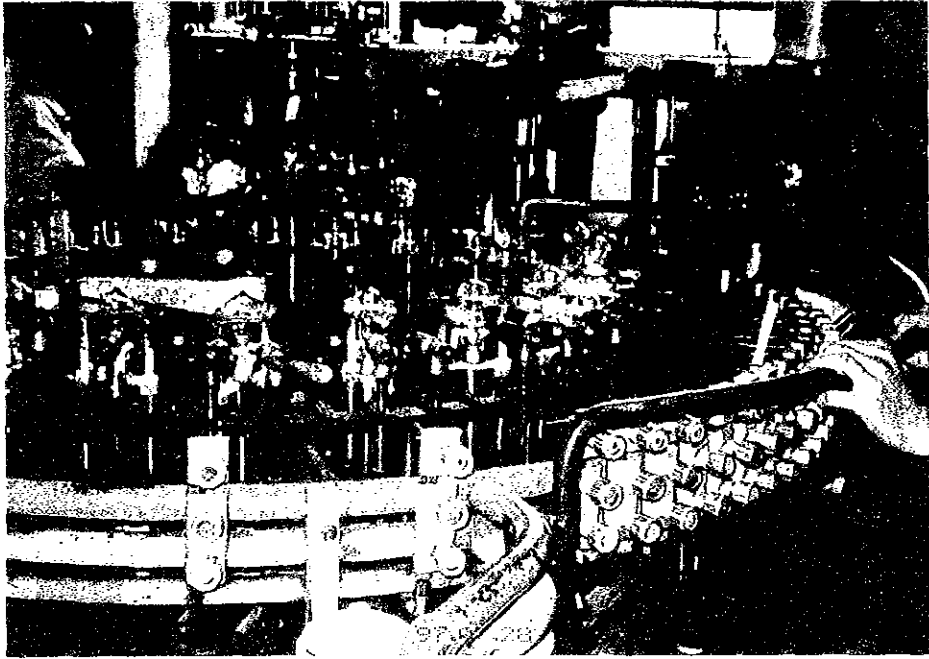


图 5 - 5 - 15 R 2 封口机

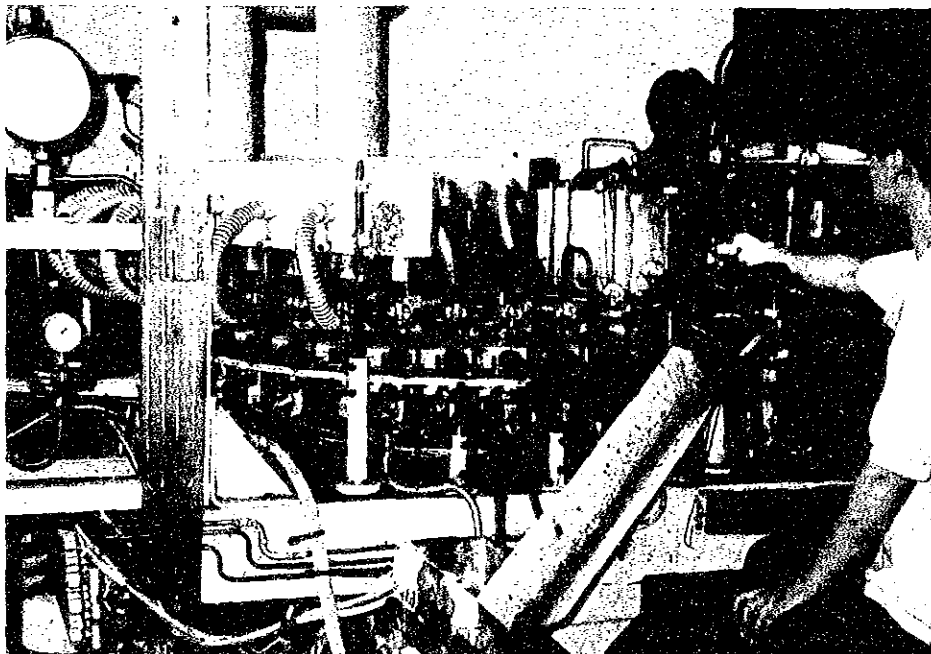


图 5 - 5 - 16 R 2 排气机

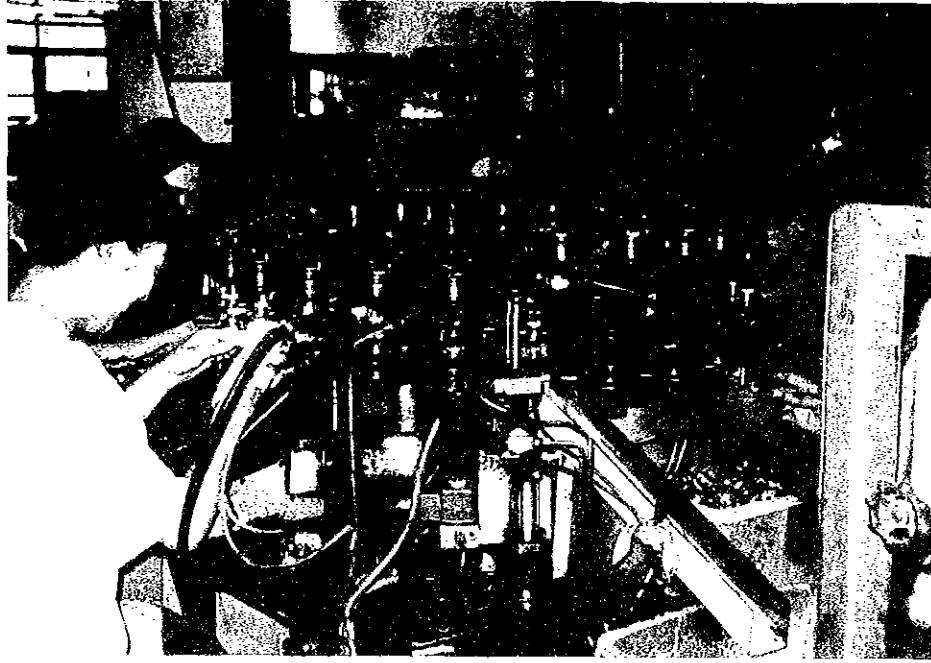


図 5 - 5 - 17 口金装着機

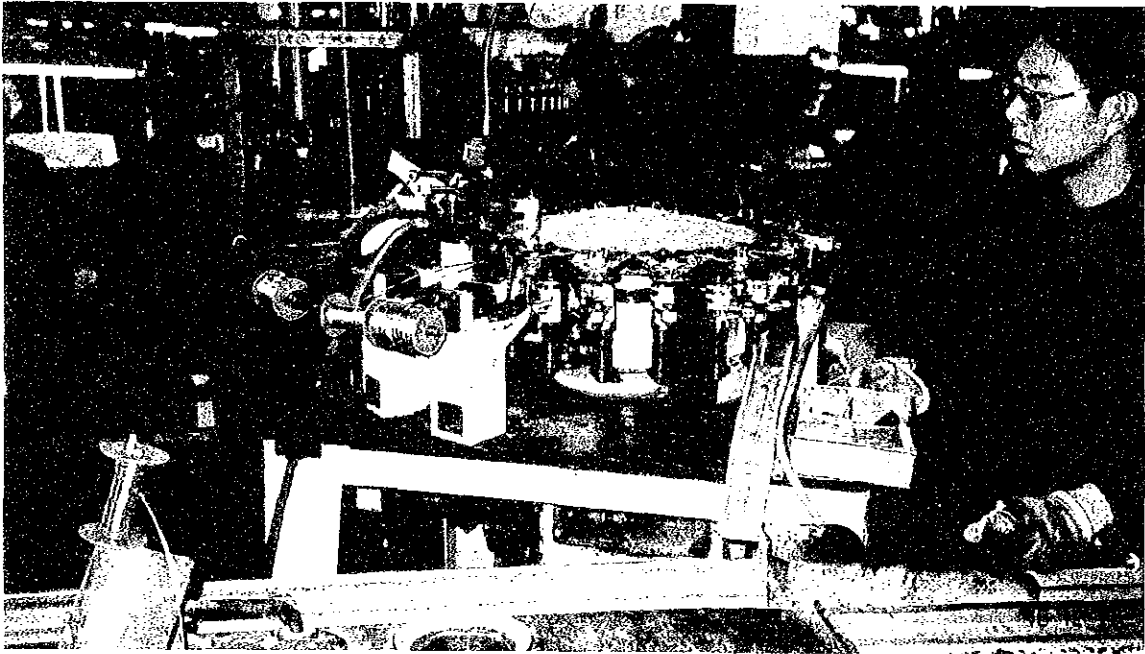


図 5 - 5 - 18 自動はんだ付機

### ⑬ 焦点合わせ・フランジはんだ付機

R2電球製造の最終工程は図5-5-19に示す16ヘッ드의機械上で行われる。口金の取り付けられたバルブの口金部分に金属製フランジとリング状に巻かれたはんだ線を挿入して機械に取り付ける。フィラメントの焦点合わせは光学投影装置を用いてバルブの位置決めを行い、ガスバーナーによりはんだを溶解して固着する。

### ⑭ 一次検査

焦点合わせの済んだR2電球は図5-5-20に示す単能の投影式焦点寸度検査機で検査される。この時、一級品と二級品とに選別される。

### ⑮ 二次検査

一次検査終了後約1日放置された電球は、手作業により点灯検査が行われ、良品は包装廠に入庫される。

### ⑯ その他の工程

口金の刻印および口金セメントの塗着はそれぞれ別の場所で行われている。刻印は簡単な刻印機で、セメント塗着は篋を用いて手作業で行われている。

## (2) 問題点

この製造グループの問題点は良品率の低さにある。特に包装廠における最終出荷検査での不良率が高いことは出荷後の品質が懸念される。最終検査の不良率の1/10が出荷後の製品の中に含まれていることが経験的に知られている。(後述するように4月に入手した最新のデータでは第1次調査時のデータに較べて良品率が84.7%から91.3%と大幅に改善されているが、日本では95%以上が常識なので更に改善の余地がある。)

図5-5-21に第1次調査時の不良パレート図を示すが、不良は非常に多くの項目にわたっており、材料や製造条件について多くの項目について解析し、原因を追求する必要があるが、不良項目別に原因を推定して見ると次のようになる。

- ① 行方不明(誤差)が不良項目の1位にあり、原因不明(無法判別)を合わせると不良の30%以上を占めている。員数管理と解析を徹底する必要がある。(最新データでは無視できる水準まで改善されている。)
- ② 排気細管折れ(断管)、導入線切れ(断導線)が2,3位を占めている。いずれもステム(芯柱)工程に起因する不良である。また白もえ(冒烟)、スローリーク(慢漏)、ピンチ部下部破損(圧扁炸)不良もステム工程と関連している。導入線切れは導入線の品質(直線性と溶接強度)が大きく影響しているものと考えられる。
- ③ バルブ破損(泡皮炸)、封止部クラック(封口炸)、封止孔(封口帯眼)などは封止工程に起因するものであるが、ガラスバルブの肉厚のバラツキが大きく影響している。

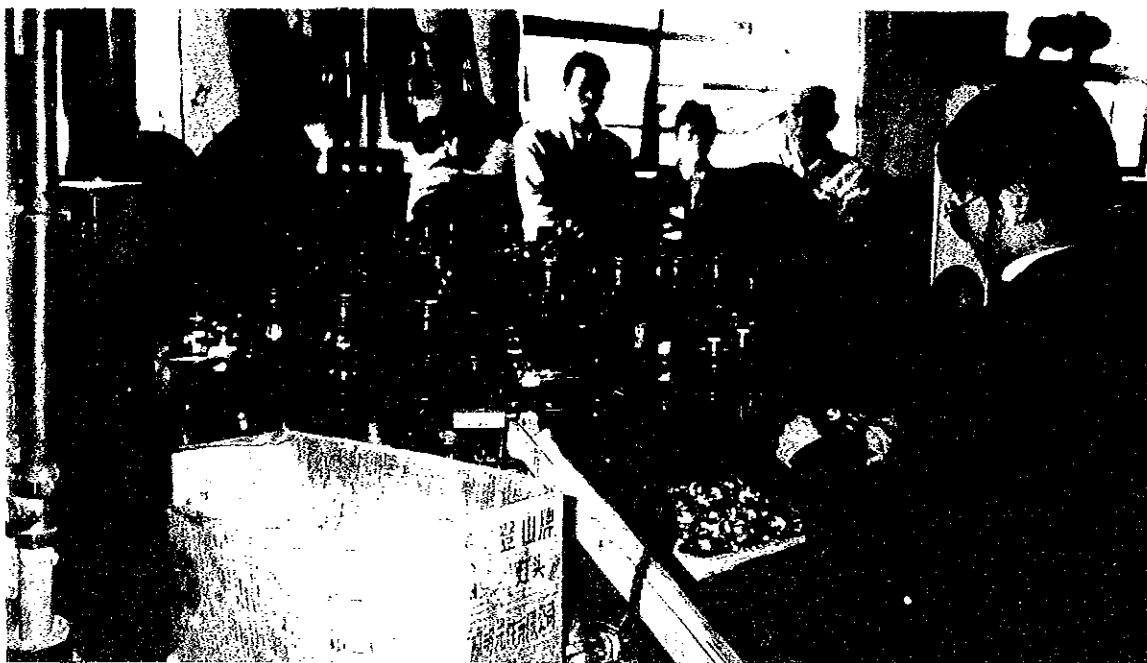


图 5-5-19 焦点合せ機

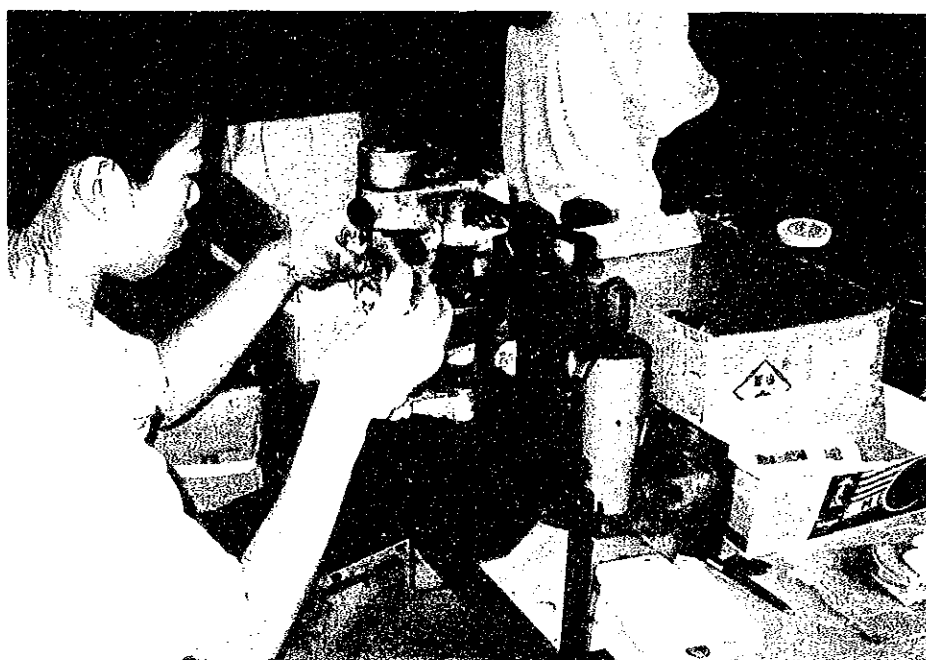


图 5-5-20 焦点寸度検査機

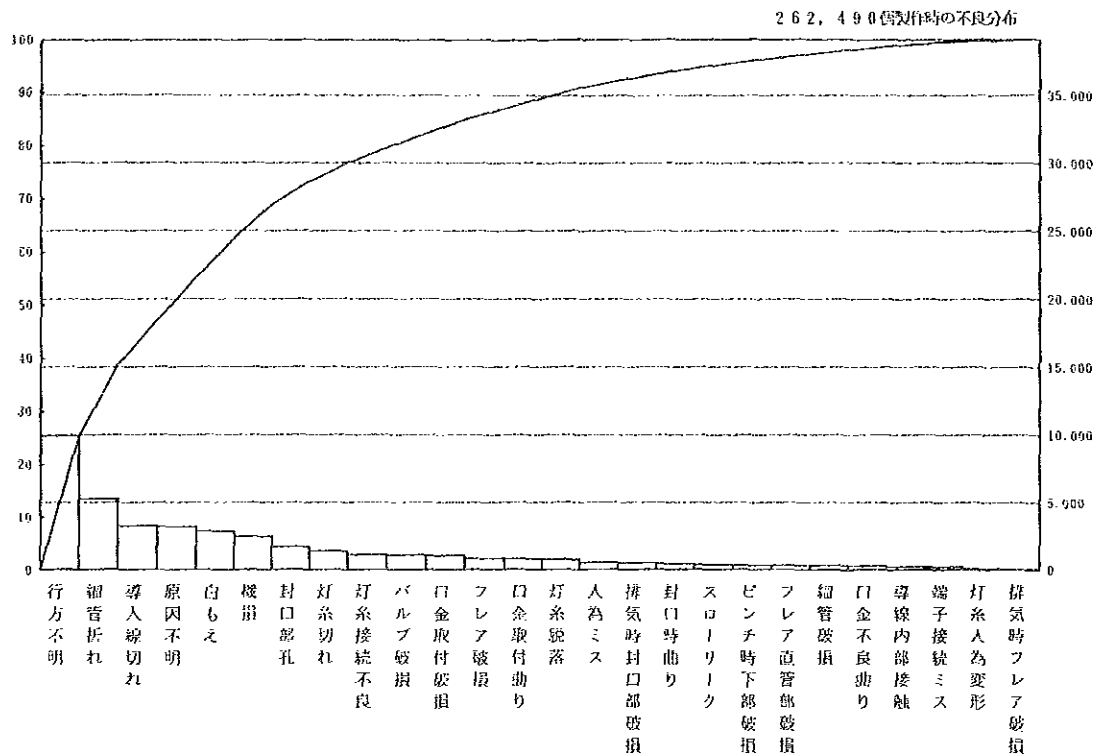


図5-5-21 R2電球不良パレート図

- ④ フレアクラック（喇叭炸および素管炸）はフレア工程に起因している。フレアの品質はこれ以外に多くの不良に関連している。
- ⑤ フィラメントおよび継線工程に基づく不良のうち半分以上はタングステン線の傷によるものと推定される。
- ⑥ 口金付け以降の組立工程の不良は少なく、問題はないように見えるが、端子のはんだ修正が多く、改善を必要とする。

(3) 改善策

上記の問題点を踏まえて、各工程毎の改善策を述べる。

① フレア工程

フレアはR2電球に限らず、フレアシステム構造を持つ全てのランプ製造におけるガラス加工の歩留りを左右する重要な部品である。形状、フレア縁部の肉厚など寸法的な要求の他、適切な内部応力を持たせることが必要である。フレア加工は共通技術なので5-5-4で詳細に述べるが、R2電球工程では第1次調査時の指摘に基づいて改善されており、第2次調査時にはフレア強度も増し、良好な稼働状況であった。

② システム工程

システム工程では(2)で述べたようにフレア、排気細管と導入線を加熱し、圧接封着した後、排気孔を作る。この後圧接部を再加熱して再度圧接するのが普通である。R2のシステム機も導入時にはこのような工程になっていたが、その後第2ピンチを取り外

してしまっていた。R2ランプのように太い導入線を3本使用するシステムでは、この第2ピンチの役割は大きい。排気細管折れが多いのはこのためである。第2次調査時点では第1次調査時の指摘に基づいて復元されており、細管折れも減少傾向にある。第2ピンチのブロック (Pinch block)の形状の最適化とピンチ前の加熱条件の検討により、細管折れを更に減少させることは可能であろう。2回ピンチ方式は導入線のジュメット部からのスローリーク (慢漏) に対しても有効な手段である。

R2システム工程では、導入線を機械に装填する前に金属板の上で金属の鋸を押しつけて回転させることにより真直性を修正している。特にガス溶接の導入線ではこの過程で溶接部に損傷を与える危険性があり、導入線切れの原因となっている可能性が大きい。またこの作業でジュメット線の表面に傷をつけるとスローリークの原因ともなる。光源材料廠の現有設備では真直性の良いR2電球用導入線を製造することは難しいので、外部からの購入品に切り替えることを強くお勧めする。(第2次調査時点では既に購入品の試用が行われ、今年後半から採用するとのことであった。)

#### ③ ジルコンゲッター (Zircon getter) 塗布

現在はゲッターを導入線の2本と遮蔽カップの裏側に塗布しているが、カップに塗布されたZrゲッターはカップの温度が上昇するためゲッター効果はない。ゲッターは3本の導入線に塗布すべきである。現在使用しているゲッター剤が線材に塗着しにくいものであれば供給者の変更を検討すべきである。(例えば江蘇鎮江金象照明電器ではうまく塗っている。)

#### ④ 口金はんだ付け装置

口金端子と導入線のはんだ付けは専用のはんだ付け機上で自動的に行われているが手直し率が極めて高い。原因ははんだ液の供給が均一でないためである。3本の供給棒の先端形状の検討と位置調整により改善できると考えられるが、はんだ液の改良も必要であろう。

#### ⑤ はんだリングの取扱い

焦点合わせの後、口金に金属製フランジを固定するためにリング状に捲かれたはんだ線が用いられている。本来はんだ線のリング捲き加工はフランジはんだ付け機に付属した装置で行われ、リング捲きされたはんだはそのまま口金に挿入されるようになっていた。しかし、中国製のはんだでは表面に付加的に松脂を付着させる必要があるため、狭い場所でリング捲き、装置からの取外し、松脂付きリングはんだの保管などが行われていた。その結果、機械周辺の床上にリングはんだが飛散していた。リング捲き装置を本体から取り外し、別置することによりこの問題は解決し、材料利用率の向上が図られた。(実施済)

#### ⑥ フィラメントタングステンの再結晶工程

5-3-3で述べたように一般に電球類ではフィラメントの構成材料であるタング

ステンを繊維状に再結晶させることにより点灯中の結晶ずれ変形 (Sagging) を防いでいる。このような再結晶は通常、電球の製造工程でフィラメントに電流を流し加熱処理することによって行われる。適切な加熱条件はタングステン線の特性によって定まる。3-3-1で述べたように当工場が使用している中国製のタングステン線は約1600℃と2300℃の2段階加熱によって繊維状の結晶が作られる。繊維状組織を持たないタングステンフィラメントの寿命は短く、例え静止条件での寿命試験では規格を満たしても自動車に実用される振動条件下では寿命が著しく短くなる恐れがある。北方照明電器の電球製造廠ではエージング (Aging) 工程でこの処理が行われているが、R2電球を含め自動車灯一、二廠の自動車用電球製造工程には少なくとも30秒以上点灯するエージング工程がない。R2電球の場合、主灯のΩ形フィラメントはコイリング機上で再結晶化処理が行われているが、副灯用のフィラメントの再結晶化処理工程はどこにもない。副灯フィラメントの点灯熱処理工程の導入は早急に行わなければならない。専用のエージング機を新設するのが理想だが、当面、焦点合わせ機の中に電圧可変の点灯装置を組み込むことが实际的であろう。

第3次調査時点では、口金はんた付け装置上に点灯装置を取り付け実験中であったが、再結晶組織を作るには点灯時間が短か過ぎ、追加的な点灯手段を必要とする。

このラインの歩留りの向上を阻害している大きな要因はバルブ品質にある。上記の改善策が実施され、バルブの封止部の肉厚が均一化されれば95%の良品率は達成できるであろう。

## 2) その他の前照灯 (自動車灯一廠)

### (1) 製造工程と設備

R2以外の前照灯は自動車灯一廠で生産されている。多品種少量生産のため一貫ラインではないが、製造工程はR2電球と全く同じである。

#### ① フレア、ステム工程

芯柱製造班で自動車灯一廠で製造されている他の電球と同じように、3台のフレア機と4台のステム機のうちの1台で製造されている。ステムのヘッド数は24で、1回ピンチ方式である。

#### ② マウント工程 (遮蔽カップおよびフィラメント溶接)

すべて手作業で行われている。

#### ③ マウント還元

単ヘッドの還元装置で行っている。

#### ④ 封止工程

6ヘッドの機械にマウントとガラスバルブを手で挿入し、バルブの焼落し時にピンセットを用いてバルブ端を引き下ろしている。封止部の整形は行っていない。な



お、用いられているバルブは手吹きバルブで外部から調達されている。

⑤ 排気工程

36ヘッド機で行われている。排気細管の封止切りは手作業で行われている。

⑥ 口金付け工程

あらかじめ接着剤の塗布された口金を手作業で挿入し、回転式の焼付機で固着する。端子のはんだ付けは手作業である。

⑦ 焦点合わせ、フランジはんだ付け工程

光学投影装置を持つ単ヘッドの装置で手作業で行われている。

その他基本的にはR2電球と同じである。

(2) 問題点

古い設備と良い品質とは言えない材料を、作業員の熟練と丁寧な作業で補いながら生産を続けている。図5-5-22はこの工程で97年1月度に製造されたQT24-55/50の不良パレート図であるが、全体の良品率はその時期のR2電球よりも良く、包装廠における最終検査の不良率も低い。不良は次のように分類できる。

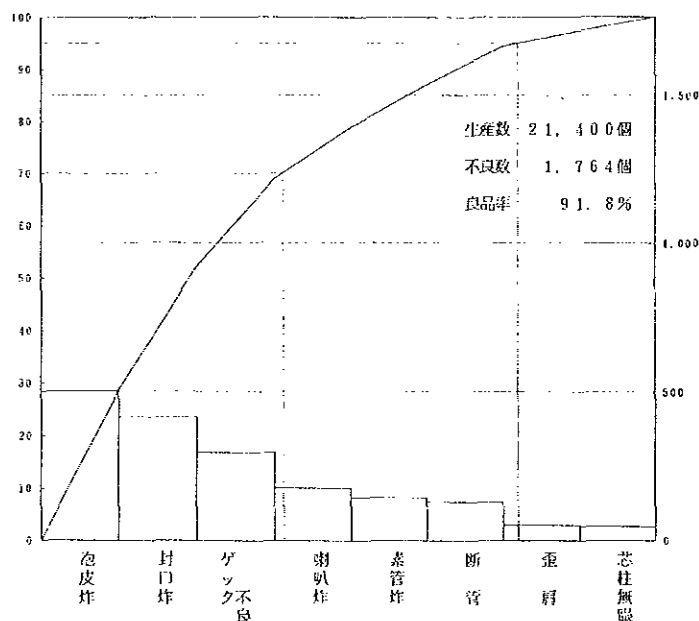


図5-5-22 QT24-55/50不良パレート図

① ガラスバルブ品質に起因する不良

泡皮炸が全体の不良の30%近くを占めている。封口炸、歪肩もバルブ品質が大きく影響しているから、不良の半分はガラスバルブによるものと言える。

② フレア、ステム関係の不良

喇叭炸、素管炸、断管、芯柱無眼などフレア、ステム関係の不良が30%以上を

占める。品質面では封止加工後の金型による整形工程がないので点灯中に口金外れが発生する危険性がある。またR2電球の項でも述べたようにフィラメントの再結晶化工程が無いのが問題である。

### (3) 解決策

- ① 3-1-3で述べたように手吹きのパルブは外観は良いがガラスが全体に薄く、歪もやや大きく、品質向上が望まれる。手吹きで購入品と言うことで対策は容易でないが、根気よく折衝し、品質向上を働きかけることが必要である。全体にガラスの肉厚が薄いので、先ずその点に絞って改善を要望するのも一策であろう。
- ② フレア、ステムについてはR2電球の項で述べたことを参考にされたい。
- ③ パレート図で不良項目の3位はゲッター不良であるが、これは排気中のパルブの割れやガラスクラックの発生により、前後の製品に不純ガスが流入したためと考えられるから、それらの不良をなくさなければならない。
- ④ 封止部の整形加工は現有の封止機ではできない。接着剤の量管理を徹底することが必要である。
- ⑤ フィラメントの再結晶化工程は、電球の寿命特性に対し極めて重要である。R2電球同様、2段階の通電加熱工程を追加する必要がある。

## 3) 指示灯（汽車灯二廠）

### (1) 製造工程と設備

北方照明電器では前照灯、楔型灯、H4ランプ以外の自動車用電球を総称してジェネラルランプと呼んでいる。この中には制動灯、車幅灯、霧灯、車内灯、計器灯などを含んでいる。これらの電球類はその構造により製造工程も異なる。ここでは同じ製造工程に属するS25ガラスパルブとG18パルブを用いた焼落とし封止(Drop seal)方式の電球を指示灯として扱った。これらの電球は主として汽車灯二廠の第1、第2、第3および第5ラインで生産されており、G18電球は第1ラインで、S25電球はその他のラインで製造される。S25パルブはソーダガラス、G18パルブは鉛ガラスである。S25電球の内、制動灯は2本のフィラメントを持つが、他の電球のフィラメントは1本である。指示灯類は前照灯に較べ小電力であるからフィラメントのタングステン線径は細く、導入線径も小さい。指示灯を生産している製造ラインの機械配置は図5-5-6に示した通りである。製造工程は図5-5-23に示す。

製造工程の概要は次の通りである。

#### ① フレア（喇叭）製造

R2電球用のフレアと全く同じである。パルブが小形のためフレア径は小さい。

#### ② ステム（芯柱）製造

ステムの製造も基本的にはR2電球の場合と同じである。指示灯の導入線は細いの

でステム加工はR2電球のステムに比し容易である。製造ライングループにより機械装置の構成および能力に若干の違いがあるが、いずれも1回ピンチ方式である。第5ラインは専用のステム機が無く、第3ラインから供給されている。

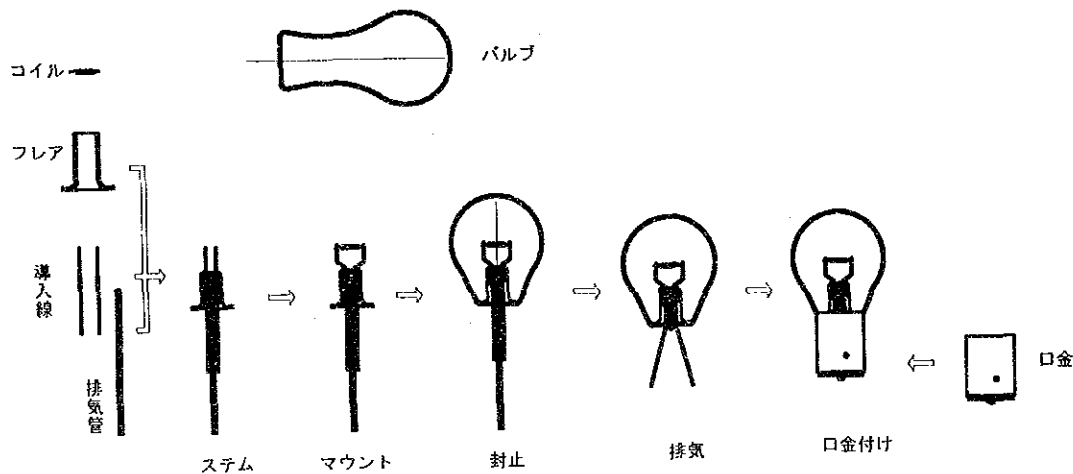


図5-5-23 指示灯製造工程図

### ③ 継線工程 (Mounting)

ステムにフィラメントをカシメ方式 (Clamping) により取り付けている。継線は第2、第3ラインでは回転機械で、第1、第5ラインでは手作業で行われている。

### ④ ゲッター塗布 (Getter coating)

ステムの圧接部上部に窒化バリウムゲッター (Barium azide getter) が手作業により塗布される。

### ⑤ 封止 (封口) 機

手作業により封止機に供給されたマウントとガラスバルブは回転しながらガスバーナーで加熱され、バルブの頸部とフレア縁が溶着する。溶着部の下のガラスは焼落とされる。封止部分の再加熱、成形は行われていない。封止機から取り出された直後に封止バルブのゆがみを作業員が目視と手作業で修正している。

### ⑥ 排気機

排気は36ヘッドの回転排気機によって行われている。バルブ内部の空気を真空ポンプにより排気し、不活性ガスを封入して排気管を封じ切る工程で、電球の品質を左右する最も重要な工程である。高純度不活性ガスによる洗浄は行われていない。

図5-5-24に排気機を示す。

### ⑦ 点灯検査工程

排気されたバルブは手作業—目視による点灯検査が行われる。

### ⑧ 口金装着工程

予めセメント (Capping cement) が付けられた口金を手作業でバルブに装着する。

#### ⑨ 口金焼付工程

56ヘットの回転機に口金の装着されたバルブを手作業で挿入し、口金を加熱してセメントを硬化させる。図5-5-25に口金焼付け機を示す。

#### ⑩ はんだ付け

口金付けされたバルブは余分な導入線が切断された後、手作業ではんだ付けされる。

#### ⑪ 一次検査

包装廠に送られる前にバルブは外観検査とリーク検査が行われ、10個入りの包装容器に入れられる。

#### ⑫ その他の工程

口金の刻印および口金セメントの塗着はR2電球同様、別の場所で行われている。

### (2) 問題点

第1次調査時点での指示灯類の良品率は75~85%と低い。図5-5-26に示したように不良項目は多岐に渡っている。製造グループにより違いがあるが、大別すると次のような不良原因に分類できる。

バルブ破損	不良の約30%
封止不良 (封口破損、ステム曲がり)	約7%
排気不良 (白もえ、ゲッター不良)	約20%
フレア破損	約5%
ステム不良 (芯柱リーク、ピンチ部クラック、細管折れ)	約7%
導線切れ	約4%
フィラメント不良	約2%
行方不明	約10%

導入線切れはR2電球の場合に比べはるかに少ない。またフィラメント不良も予想外に少ない。従って問題点はバルブ破損、封止、排気工程およびフレア、ステム工程に絞られる。タングステンの再結晶化の工程は含まれていない。

### (3) 改善策

上記の解析結果と製造工程の観察結果から、以下の改善策を提案する。

#### ① バルブ歪み

バルブ割れの原因はR2電球バルブの場合の肉厚分布の不均一によるのとは異なり、熱的な一次歪の発生と機械的ショック (Thermal & mechanical shock) によるものと推定される。5-4-5で述べたようにチューブブローイングで生産されたS25バルブの残存歪みは約15度とやや大きい。封止工程でこの歪みがバルブ温度の極端な差により助長され、割れの原因になるものと考えられる。5-4-7で述べた改善策

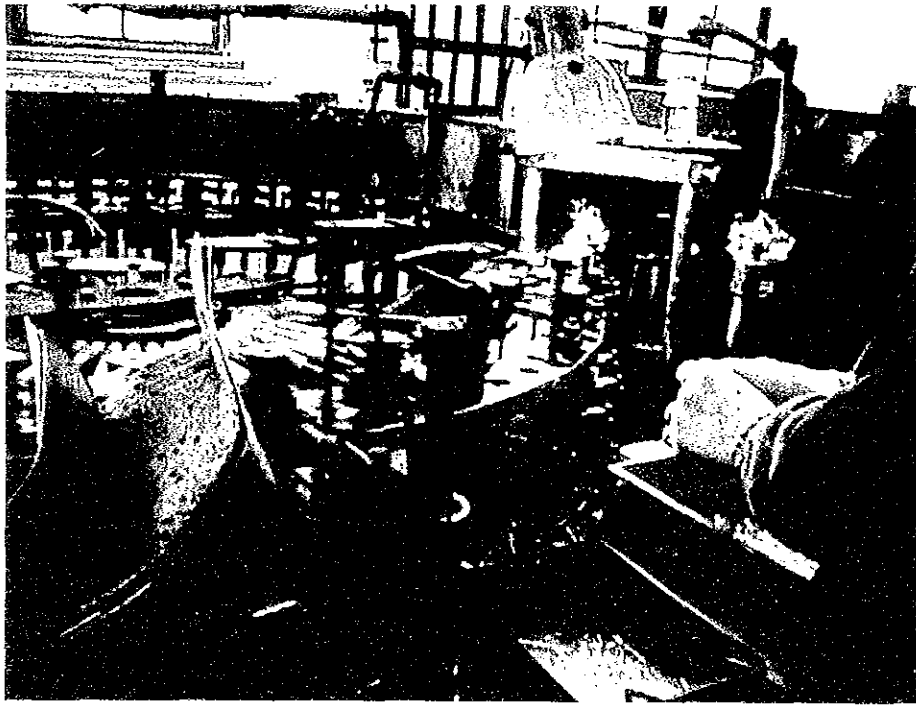


图 5 - 5 - 24 排気機

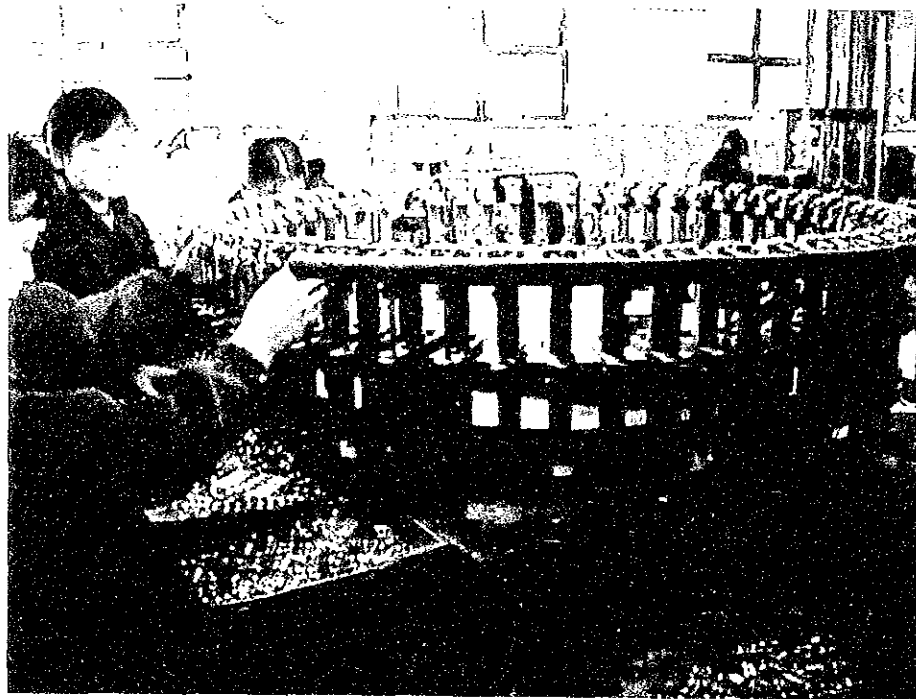
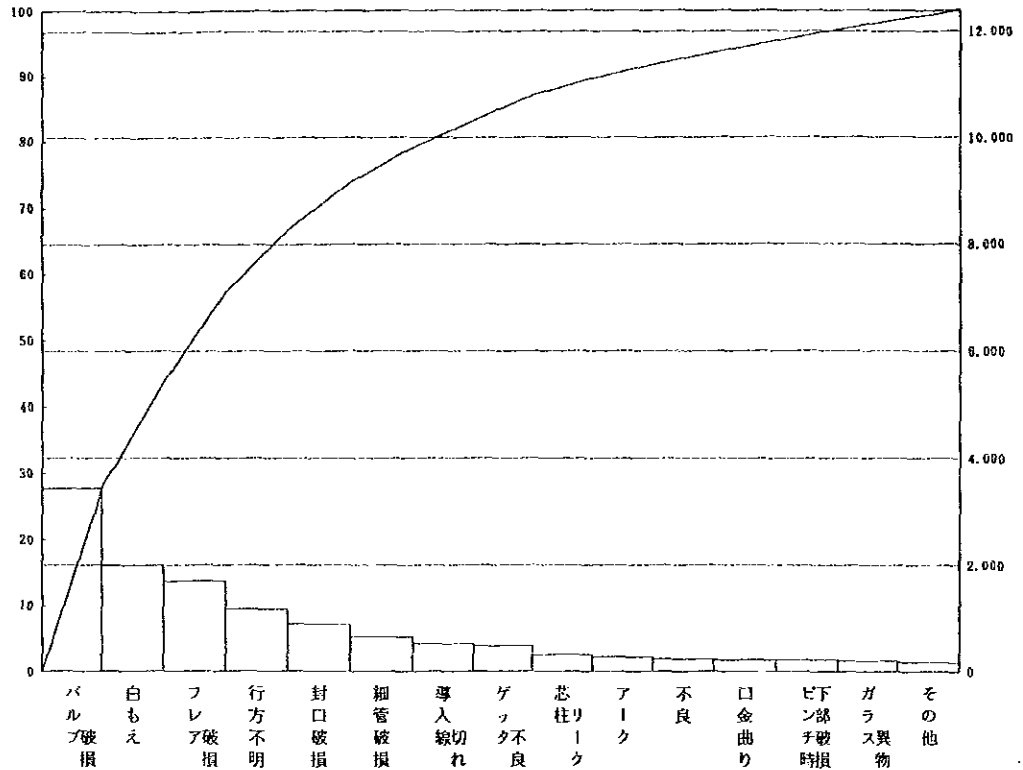


图 5 - 5 - 25 口金焼付け機



自動車ランプ2廠 第1ライン

50,000個製作時の不良分布



自動車ランプ2廠 第3ライン

50,000個製作時の不良分布

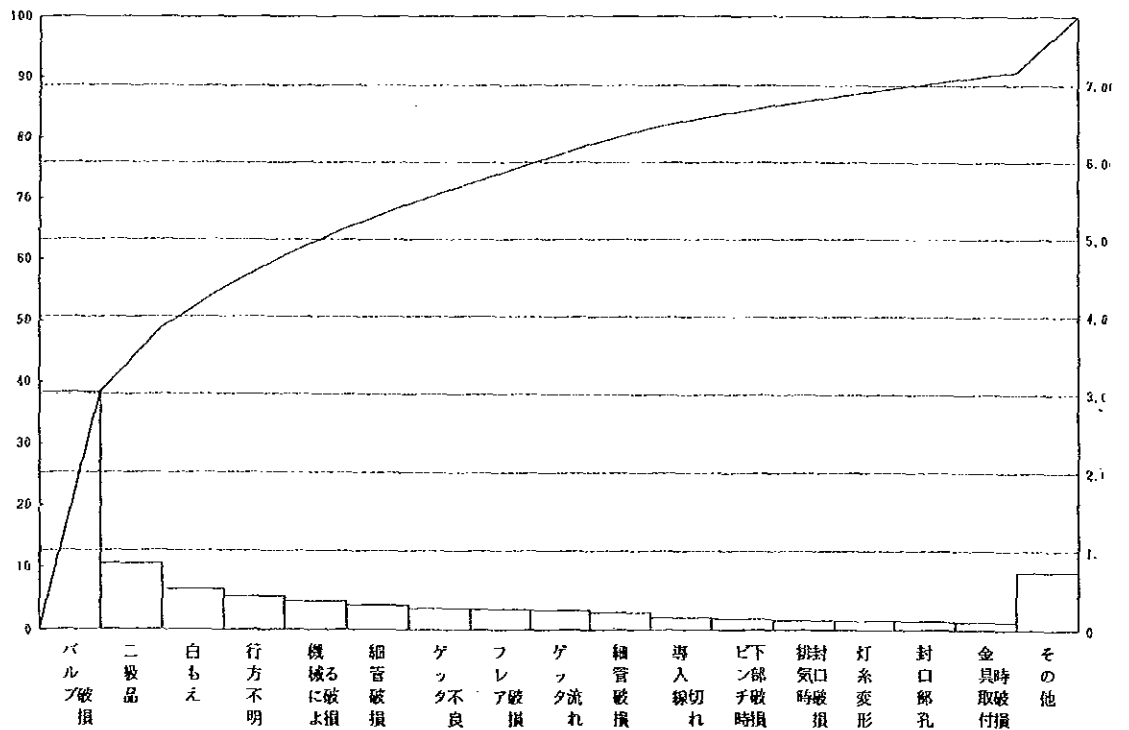
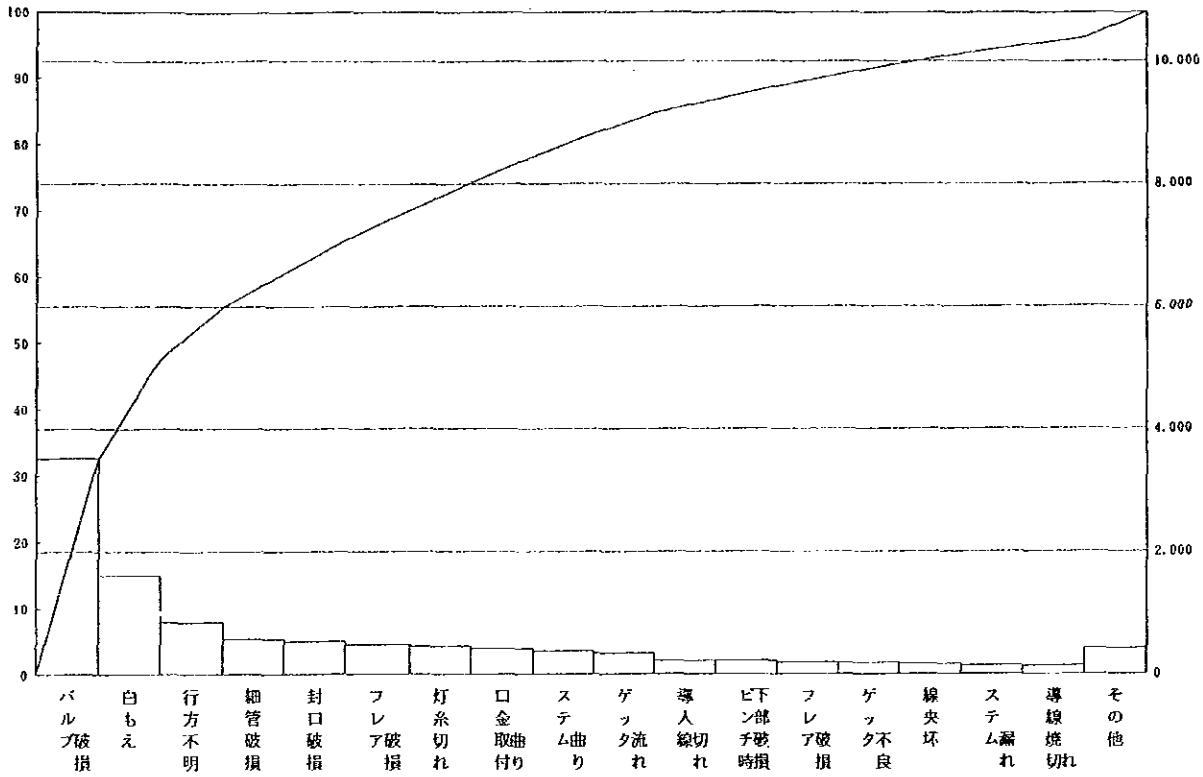


図5-5-26 指示灯不良項目パレート図

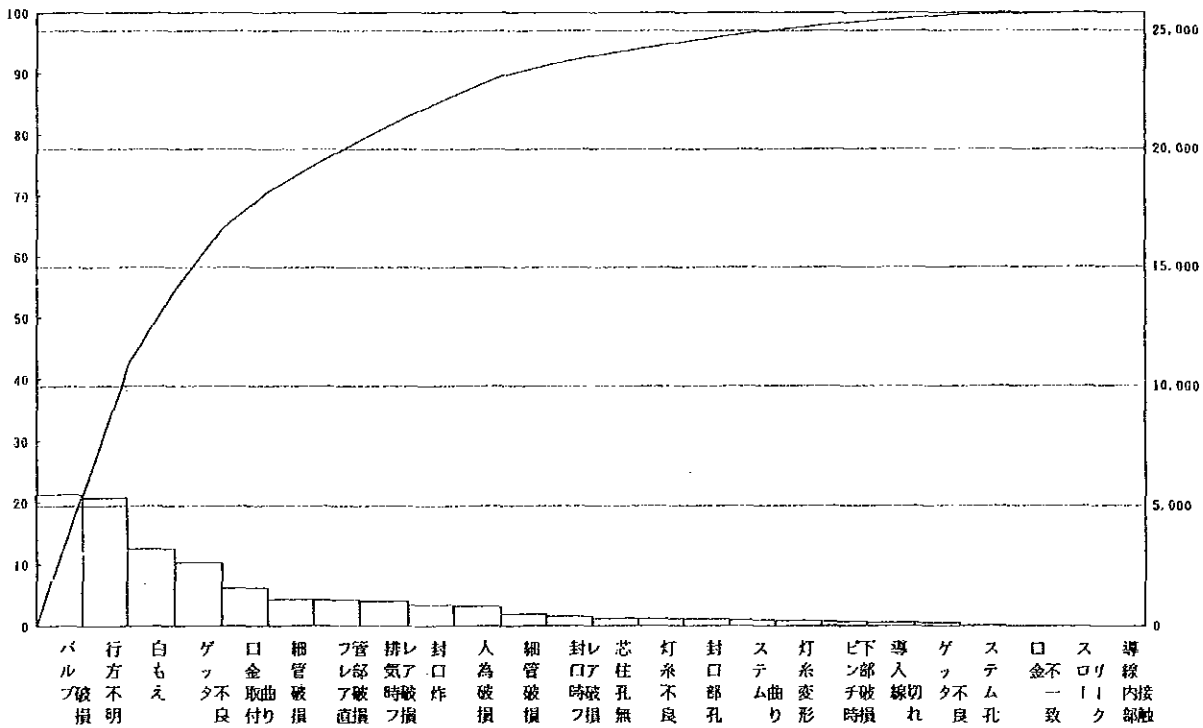
自動車ランプ2廠 第2ライン

48,700個製作時の不良分布



自動車ランプ2廠 第5ライン

160,000個製作時の不良分布







により、バルブ自体の歪みを減少させるとともに次に述べる封止工程の改善を図る必要がある。

② 指示灯類の封止工程ではガラスバルブは図5-5-27に示す磁器製の円形ホルダーにより保持されて回転している。ホルダーの下部に位置したガラス部分がバーナーにより加熱される。燃焼焔はホルダーにより遮られ、バルブ上部へは到達しない。その結果、ホルダー部の上下で極端な温度差を生じ、一次歪みが発生し、バルブ割れの原因となる。封止時にはバルブ全体がある程度均一に加熱されることが必要である。図5-5-28(a)に示すホルダーは一般電球やR2電球の封止機に採用されている。(b)および(c)に示す構造も効果が期待できる。

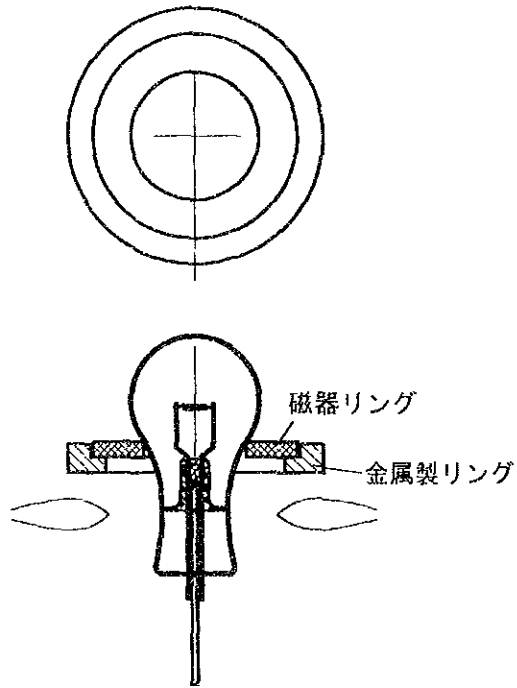


図5-5-27 バルブホルダー

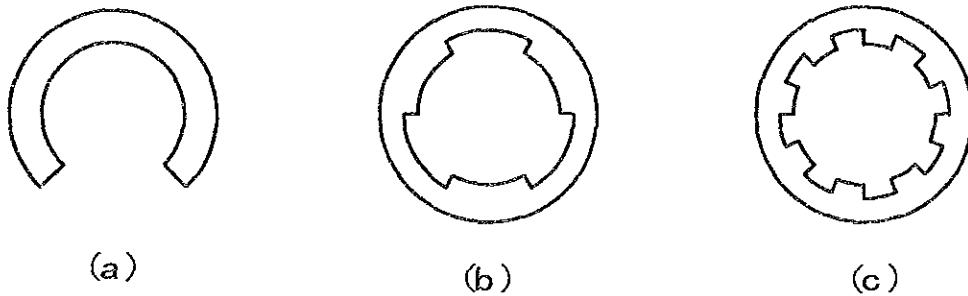


図5-5-28 ホルダー改善案

第3次調査時点で自動車灯二廠の3号ラインのバルブホルダーは図(b)に類似のものに改善されていた。新ホルダーに切替え直後のため定量的な効果の確認には至らなかったが、理論的にはガラスバルブ割れ不良は減少する筈である。

なお、第1ラインのガラス割れが異常に多いのは、上記の原因の他にチューブブローバルブの開口時の微小クラックが封止工程で成長し、割れに至っているためである。切断方法を変更しなければ改善は難しい。

封止工程でバルブが回転時に振れている場合が見受けられた。これはバルブホルダーが水平に設置されていないためである。バルブホルダーが図5-5-29に示すように常に水平を保っているよう管理する必要がある。現在封止終了直後に手作業でステムとバルブの垂直性を修正しているが、良い方法とは言えない。

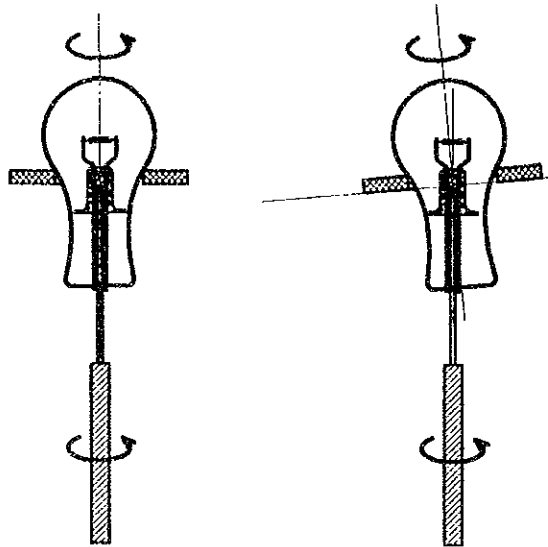


図 5 - 5 - 29 ホルダーの水平度とバルブの振れ

### ③ 排気工程

通常、ガス入り電球の排気では窒素やアルゴンなどの高純度ガスによる洗浄により不純ガスの濃度を下げる工程が組み込まれているが、当工場では窒化バリウムをゲッターとして用いている電球の排気ではこの洗浄が行われていない。洗浄を行うとゲッターの活性化が困難との工場側の説明であるが、白もえ不良はバルブ内に残った微量の酸素によるものである。良好な排気は、真空ポンプの能力と配置、排気炉の温度と通過時間、洗浄方法と適切なゲッターの選択と活性化条件の組み合わせにより得られる。白もえの他の原因は封入ガス回路からの不純ガスの混入である。ガラスの微小なクラックやジュメット線の傷も考慮しなければならない要因である。従って、先ず白もえと言う現象の原因をさらに追求し、その上で適切な対策をとる必要がある。洗浄工程の導入は抜本的な対策であるが、実施するには洗浄回路の設置と真空ポンプの配置替えが必要である。その上で適切な排気炉の温度とゲッターの活性化条件を実験的に求める必要があり、やや長期的な課題となる。排気回路やガス封入回路には金属管（焼き鈍した銅管など）を用い、ゴム管の使用は接続部に限ると言うのは鉄則である。また、回路はできるだけ短くしなければならない。図 5 - 5 - 30 のようなガス封入回路は早急に改善する必要がある。

### ④ ステム工程

R 2 電球の項で述べたように良質なステムを作るには 2 回ピンチが必要である。指示灯の場合、ステムが小形で導入線も細いので、R 2 の場合よりは影響が少ないが、尚かなりの細管折れやクラックが発生している。第 3 ラインのステム機は比較的容易に 2 回ピンチに改造できるので、早めに実施することが望まれる。

### ⑤ フレア工程

R 2 電球の項で述べたと同様の対策が必要である。5 - 5 - 4 も参照されたい。

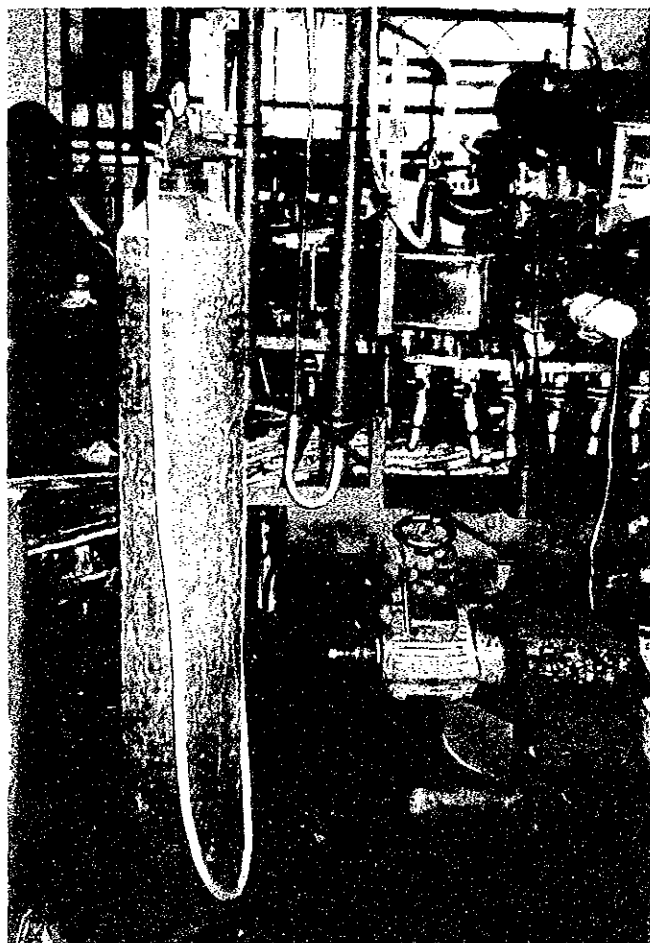


図 5 - 5 - 30 ゴムホースによる配管の例

⑥ 行方不明

若干の行方不明は止むを得ないが、封口数に比し多すぎる。員数管理を徹底し、殆ど無くすることが必要である。

タングステン線の再結晶化工程については共通事項として5-5-4で述べる。

4) 楔型灯 (汽車灯一廠)

(1) 製造工程と設備

T10と変形T12の生産が台湾から輸入した一連の機械グループにより行われている。製造の順序は図5-5-31に、機械の配置は図5-5-32に示した。各機械の加工内容は次の通りである。

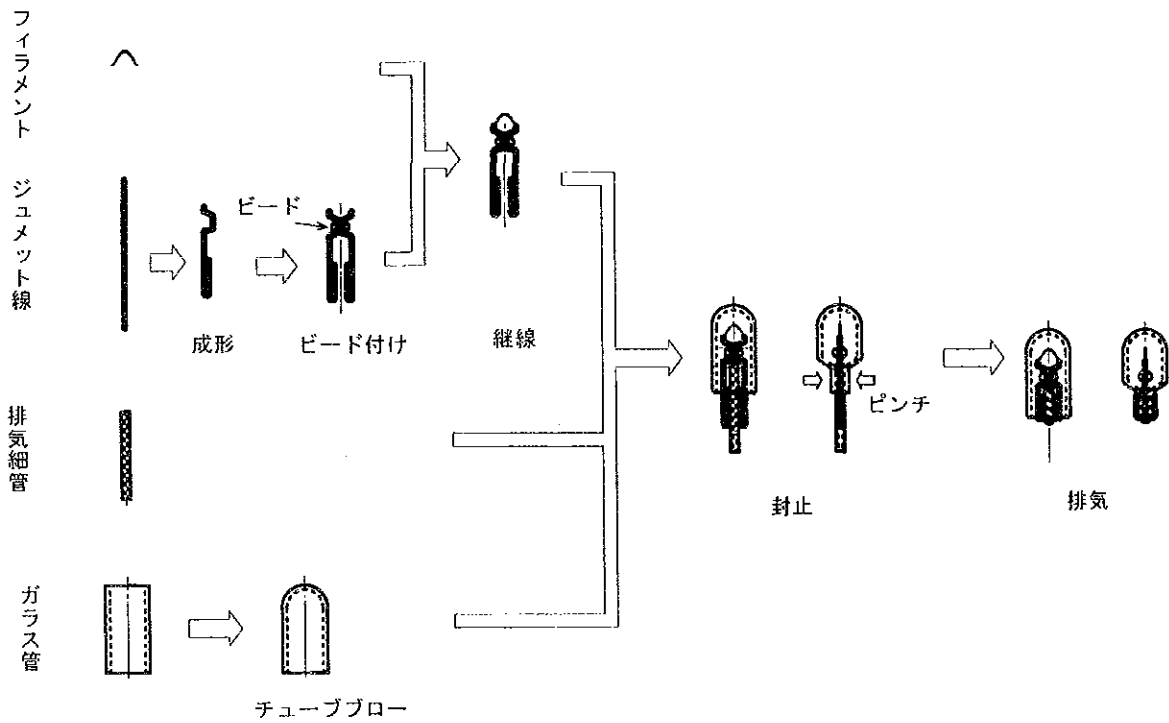


図5-5-31 楔型灯製造工程図

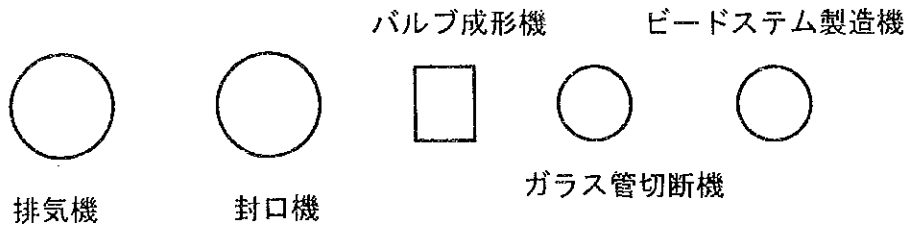


図5-5-32 楔型灯機械配置図

① ビードシステム製造機（焼珠機）

リールに巻かれているジュメット線を所定の長さに切断した後、機械に取り付けられている曲げ加工治具により整形する。整形された2本の導電線に溶融したガラスを巻きつけることにより固定する。

② フィラメント継線

手作業でフィラメントをシステムに取り付ける（かしめ）。

③ ガラス管切断機（切管）

鉛ガラスを所定の長さに切断する。

④ バルブ成形機（吹殻）

ガラス管の一端を封口し、空気を吹き込んでバルブを成形する。

⑤ 封口機

ガラスバルブ、排気細管、および継線済ビードマウント（Bead mount）を機械に挿入し、ガスバーナーでガラスバルブを加熱し、軟化させる。ガラスが軟化した状態で機械的に圧接し、気密に封着する。この時排気細管が潰れないようにするため、細管の下部から熱風を吹き込む。

⑥ 排気機

回転式の排気機によりガラスバルブを真空にし、最終的に排気細管を封じ切る。真空の良否は機械上に設置されたテスラコイル（Tesla coil）によるグロー放電（Glow discharge）の放電色により目視で判定し、紅色のものは不良品として除去する。

排気済の製品は1日放置された後、一次検査が行われ、外観とリーク（漏気）が検査される。

この機械グループは1997年3月以降2交代で稼働している。機械速度は1300個/時で、駆動状況は良好である。また燃料ガスの圧力も圧力調整器により制御されている。

(2) 問題点

楔型灯生産工程の問題点は他のランプの生産工程同様、良品率の低さにあるが、他のランプの場合とは際立った違いがある。図5-5-33は1997年3月3日から7日迄の不良項目別バレット図である。この期間の全体の不良率は27%であるが、不良原因の90%以上が封止工程に起因している。すなわち、封止工程を安定させることに成功すれば良品率は容易に90%を越えることが出来る。しかし、現在の状態を改善することはそれほど簡単ではない。楔型灯はその特異な封止工程のために製造するのに最も難しいランプである。封止工程でガラスバルブを充分に加熱し、軟化したバルブと導入線（ジュメット線）と排気細管とを排気細管を潰すことなしに完全に圧接気密封着しなければならぬからである。そのため、日本製の最新の機械では圧接時に排気細管の中に

金属の針が入り、排気細管が潰れるのを防いでいるが、北方照明電器の現有の機械をこのような方式に改造することは不可能である。

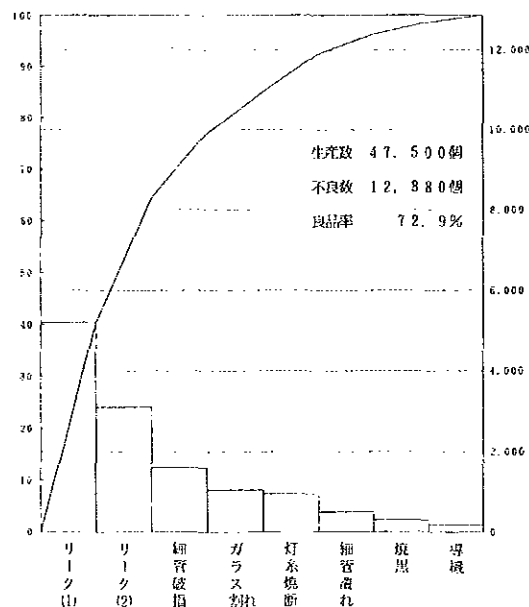


図5-5-33 楔型灯の不良パレート図 (1997/3/3~7)

### (3) 改善策

現状を改善するには以下の3点について検討が必要である。

#### ① ガラス管の組成

現在、12%鉛のガラスを使用している。鉛の含有量が多いほど加工温度は低下しまた加工温度に対する許容範囲も大きくなる。従って楔型灯に対しては日本や欧州では20%以上の鉛を含有するガラスが通常使われている。第1次調査の段階でこの点を指摘したが、現在中国では高鉛含有ガラスを入手することは可能であるが、寸法精度の点で問題があり、切り替えは困難とのことである。寸法精度も良品率に大きな影響があるので切り替えることは勧められないが、引き続き寸法精度の良いガラス管の入手に努めると共に、鉛ガラスの生産量を飛躍的に増加させると言う自社計画の中で高鉛含有ガラスの生産についても真剣に検討すべきであろう。

#### ② 燃料ガス組成

楔型灯の封止工程においては極めて繊細なフレームワーク (Flame work、バーナー焰の調整) が必要である。そのためには出来るだけシャープ (Sharp) な焰を加熱すべき部分に集中させる必要がある。現在の低カロリーの水性ガスではこれを実現するのは極めて困難である。天然ガスが当工場に導入されればこの問題は自動的に解決されるが、近く導入される予定のT5ランプではこの問題はより深刻である。楔型灯の封止工程でのガスの総消費量はそれほど多くないので、封止工程に限って過渡的にバーナーの変更を含め気化石油ガスの使用を検討することも有効である。

### ③ フレームワーク (Flame work)

現状では良品率の向上は熟練作業者によるガス焰の調整に頼らざるを得ないが、拡大鏡による観察および不良原因パレート図から判断すればリーク（漏気）の原因は排気細管とガラスバルブの間の気密不良が主原因の様に思われる。リーク不良（紅光）64%に対して排気細管潰れ不良（封死）4%がこの事を示している。封死不良が多少増えてもリーク不良が減少するフレームワークを行うべきであろう（紅光不良+封死不良を最小にする）。そのためには圧接直前の焰をできるだけシャープ（Sharp flame）にして排気細管にできるだけ近接した部分を加熱する必要がある。

## 5) H4ランプ（汽車灯三廠）

### (1) 製造工程と設備

1996年末に韓国から輸入された機械グループが調整を終え、1997年3月現在試験生産の段階にある。機械の配置は図5-5-7に示した。製造の順序は図5-5-34に示す。各機械の加工内容は次の通りである。

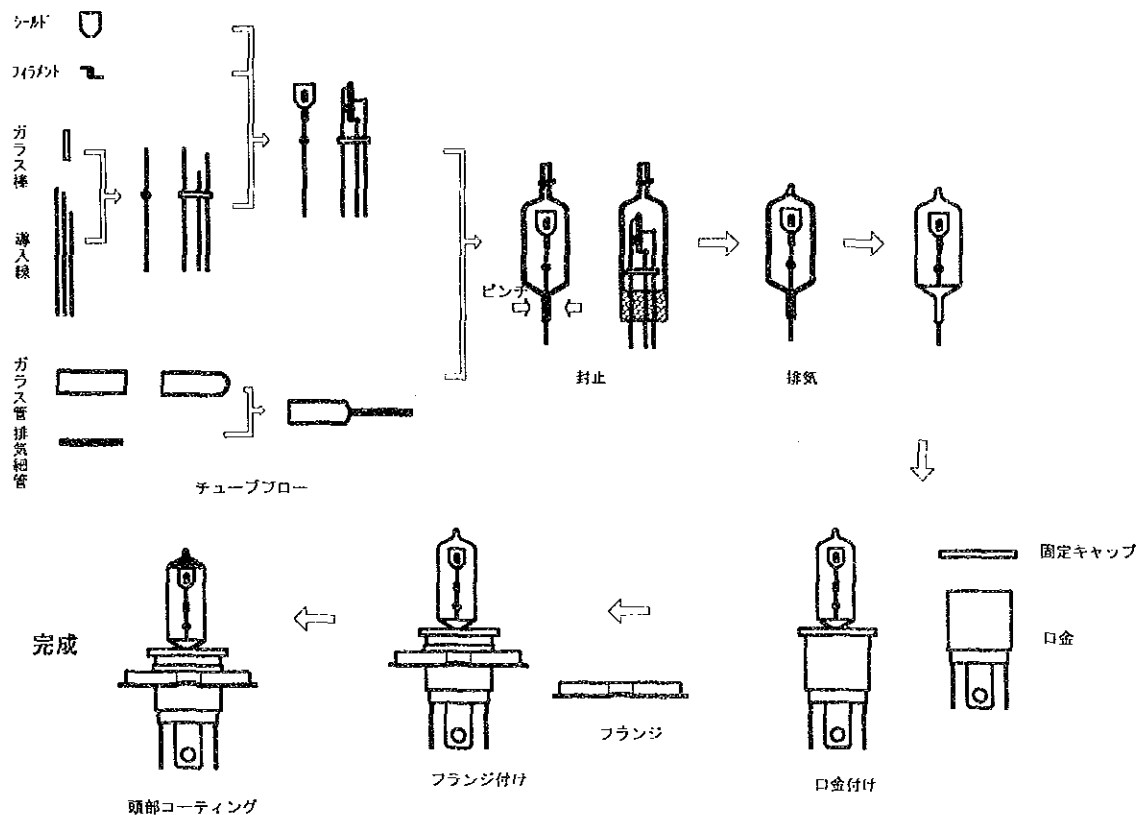


図5-5-34 H4ランプ製造工程図

### ① ガラス棒切断機

16ヘッドの回転機械で、ダイヤモンドカッターにより石英ガラス無空棒を一度に



4本を所定の長さに切断する。切断されたガラス棒は水洗、乾燥される。

② ブリッジ製造機 (Bridging machine)

16ヘッドの回転機械で、導入線となる3本のモリブデン線 (Mo wire) を加熱軟化させた2本のガラス棒により圧接固定する。

③ Mo 遮蔽カップ (Mo-shield cup) およびフィラメント溶接機

単頭の治具付き電気抵抗溶接機 (6台) により手作業で遮蔽カップおよびフィラメントを溶接する。

④ 水素還元装置

固定式の装置で水素ガスの乾燥機が付属している (中国製)。遮蔽カップおよびフィラメントの取り付けられたマウント (Mount) の酸化物を除去するために用いられる。

⑤ チューブ成形機 (Tubulation machine)

横型のコンベア装置で所定の長さに切断された特殊硬質ガラスの中央部を加熱、ローラーで成形した後切り離す。切り離されたガラス管のローラー成形頭頂部に側面から供給された排気細管を溶着する。

⑥ 封止機

32ヘッドの回転機械で、成形済ガラスバルブをバーナーにより加熱、軟化させ機械的に2回圧接することによりマウントを気密に封着する。その後徐々に温度を下げてアニール (Annealing) を行い、ガラス歪み (Strain, stress) を除去する。

⑦ 排気機

40ヘッドの回転機械で、真空排気および希ガスとハロゲンガスの封入を行う。排気の最終段階には4台の油拡散ポンプが設置され、高真空が得られるようになっている。また、高圧 (3気圧) のガスを封入するために排気管の切離しは液体窒素でバルブを冷却しながら行っている。

以降、通電試験、固定用金属キャップ装着、口金取付け、導入線溶接が単頭の専用装置を用いて手作業で行われる。次いで単頭の光学式焦点合わせ装置によりフランジの位置を合わせ、口金に溶接する。

⑧ ランプ頭部黒色塗装およびエージング (Aging) 機

2連のコンベアで、ランプ頭部に黒色塗料を浸漬法により付着させ、乾燥、焼き付けを行いつつ点灯してエージングを行う。

この装置の最後に設置された単頭の光学式焦点合わせ装置により点灯検査とフィラメント位置の最終確認と外観検査が行われる。

この機械グループの機械速度は750個/時に設定されている。世界的な水準と比較すると初歩的な機械であるが、これまですべて手作業で生産してきた中国の現状からすると適切な機械グループと考えられる。現在機械は調整稼働中であるが、良品率は90%以上とのことであり、機械の駆動も滑らかである。またこの機械専用に原動設備が設けられ、液化石油ガスから安定したカロリーと圧力の燃料ガスが供給されているので、良い材料が供給できれば高い良品率が期待できる。

## (2) 問題点と改善策

試験生産の段階では順調に稼働している様に見受けられる。当面は機械の安定稼働に注力すべきで、問題点を指摘するには妥当な時期ではないが、次の点には留意しておく必要がある。

### ① 封入ガス

試験生産品は3-4-4に述べた如く電気特性、光束値は規格を満たしているが、寿命は国際規格に対して短く、特に副灯の寿命は極めて短い。これは封入ガスにArを用いているためである。国際規格を満足するにはKrガスを3気圧で封入しなければ無理である。KrガスはArガスより高価であるが、世界的にはその使用は常識であり、中国でも多くのメーカーが採用している。特に寿命には大きな差を生ずるので自社の製品政策を考慮してKrガスの使用を検討すべきである。

### ② 排気工程中の加熱

排気機にバルブの加熱装置がついていない。排気機に入る時には封止済みバルブの温度はすでに低下しているので排気中に加熱する必要がある。ガスバーナーによる簡単な加熱装置を4~5ヶ所設置する事が望ましい。現在の工程で作られた電球は開放空間での試験は問題なくても、器具に装着された状態で連続点灯された時に黒化したり短寿命になる恐れがある。

## (3) ボンベ (Cylinder) 容量

封入ガスの容器として小型のボンベが用いられているが、出来るかぎり大型の容器を用いるべきである。封入ガスに含まれている $\text{CH}_2$ 、 $\text{Br}_2$ は高圧充填されると液化してしまうので、容器へのガスの充填圧力はせいぜい数気圧である。機械での連続生産で安定した品質を得るためには出来るだけ大容量の容器を用いる必要がある。

第3次調査時点では標準品として入手可能な大容量のものに変更されていた。

## (4) フィラメント

現在は輸入のフィラメントを使用しているが、国産品に切り替えるには十分な試験が必要である。H4電球ではフィラメントは振動条件下での高温動作を強いられるから、次の試験を徹底して行わなければならない。

\*フィラメントのサケ、傷の状態、結晶組織

\*器具中、振動条件下での寿命試験 (寿命およびフィラメントの変形)

(5) スピードアップ (Speed increase)

現在は750本/時の生産であるが、機械の速度を上げるのは慎重に行うべきである。硬質ガラスの場合、圧接封止後のアニール (Anneal) が非常に重要である。通常の機械では封止機のとに専用のアニール炉が付属しているが、この機械では封止機の後半がその役目を負っている。機械速度を上げた場合、アニール時間が不足する可能性が高い。

6) その他の電球 (汽車灯一廠)

(1) G11計器灯

この電球はビードステム (Bead stem)を用い、図5-5-35に示すように突き合わせ封止法でバルブと排気管を溶着している。鉛ガラス管かチューブブローイングによって作られたバルブの端部はダイヤモンドカッター (Diamond cutter) によって正確に切断される。フィラメントは図のようにバルブ端から懸下される。バルブの端部と排気管の下部がシャープな焰で加熱され、両ガラスが軟化した時点で突き合わされ接合される。図5-5-36は封止の状況を示した。封止されたバルブは回転排気機により真空排気され、手作業で排気細管は封止切られる。その後他のランプ同様、口金に取り付けられる。このランプの良品率は極めて高く、98%を越えている。不良パレート図を図5-5-37に示したが、不良の半分は導入線の焼切れによる断線である。この封止方法ではある程度止むを得ないと考えられる。

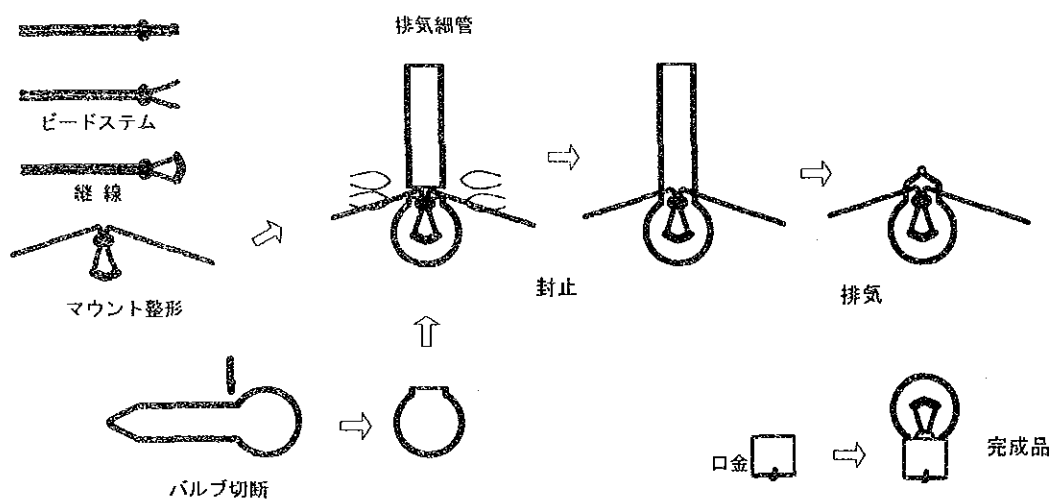


図5-5-35 G11計器灯製造工程

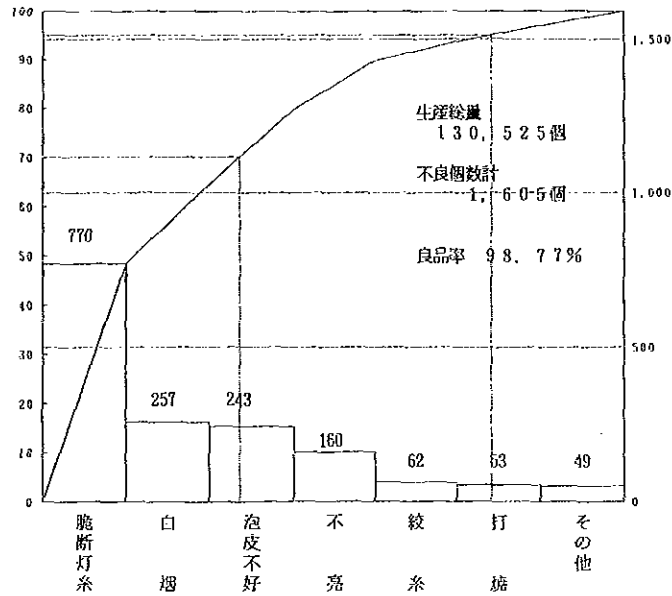


図 5 - 5 - 37 G 1 1 計器灯不良パレート図

(2) 両口金形車内灯

両口金形車内灯は排気工程を除きすべて手加工で製造されている。製造は図 5 - 5 - 38 に示すようにガラス管の引伸ばしによる端部加工、フィラメントをかしめたジュメット線の溶着、排気細管の溶着、排気、口金付けの順に行われる。良品率は殆ど作業者の熟練度によって決まるが、現在の良品率は 97% に達している。図 5 - 5 - 39 に示すように不良の大部分は封止部および排気管接続部からのリークと思われるが、現在の良品率で満足すべきであろう。真空電球でフィラメントの動作温度も低いから再結晶工程も不要である。図 5 - 5 - 40 はガラス管の加工状況を示す。

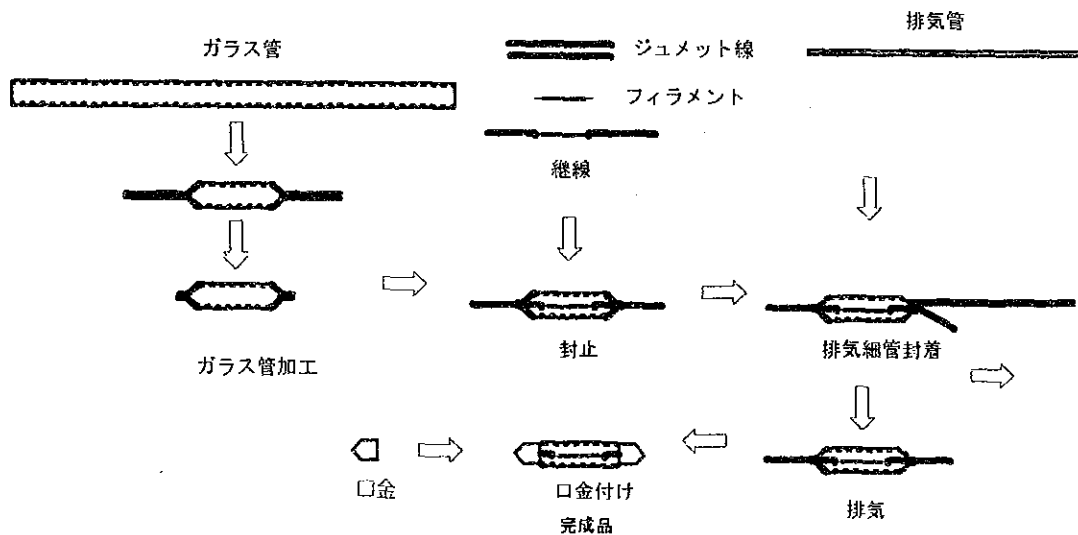


図 5 - 5 - 38 両口金形車内灯製造工程



図 5 - 5 - 36 G 1 1 計器灯封止機



図 5 - 5 - 40 両口金車内灯ガラス管加工

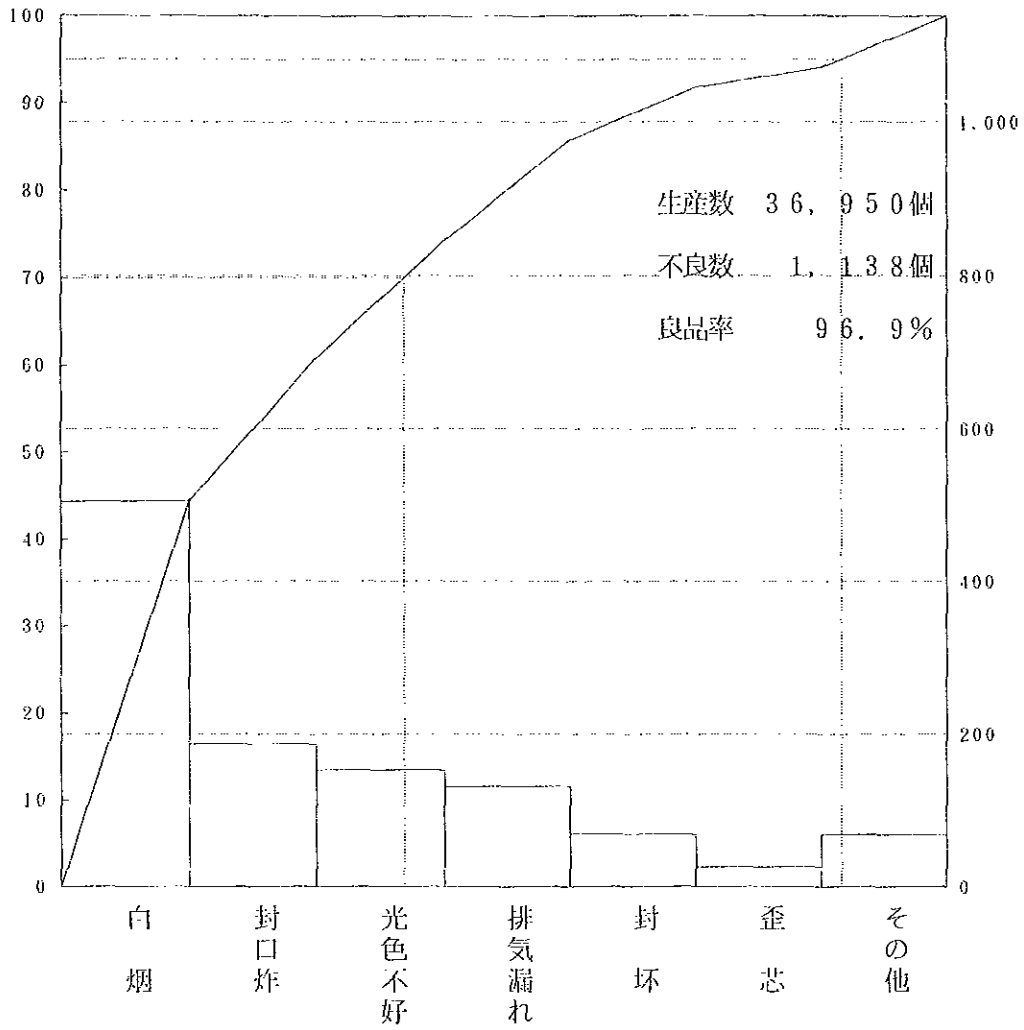


図 5 - 5 - 39 両口金形車内灯不良パレート図

#### 5-5-4 製造廠別問題点と改善策

前節で品種別の問題点と改善策について述べた。この節では各工場別問題点と改善策および共通の技術的課題について述べる。

##### 1) 汽車灯一、二廠の共通課題

###### (1) フレア品質の管理

フレアは単純な部品であるが、その形状および歪み（内部応力）の分布状況はステム加工や封止工程の良品率に大きく影響する。特に高速度生産の場合、この影響は顕著なので、今から管理の方式を確立しておく必要がある。これは自動車用電球のみでなく北方照明電器全体の課題である。

###### ① 適正な内部応力

フレア機でフレアを製作する際、フレア拡大後の冷却空気の当て方により内部に残る応力が変化する。内部応力を適正な値にするには図5-5-41に示す如く真横と真下の2方向から冷却するのが良い。

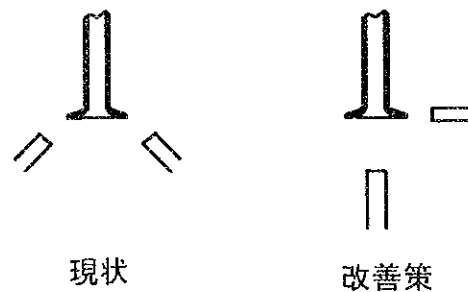


図5-5-41 フレアの冷却法

###### ② フレア強度試験法

フレアの内部応力が適正かどうかを  
図5-5-42に示すような治具を製作  
し、フレア機の横に置いておき、適時  
フレアを治具で落下試験を行い、フレ  
アエッジが破損する高さで強度を判定  
する。

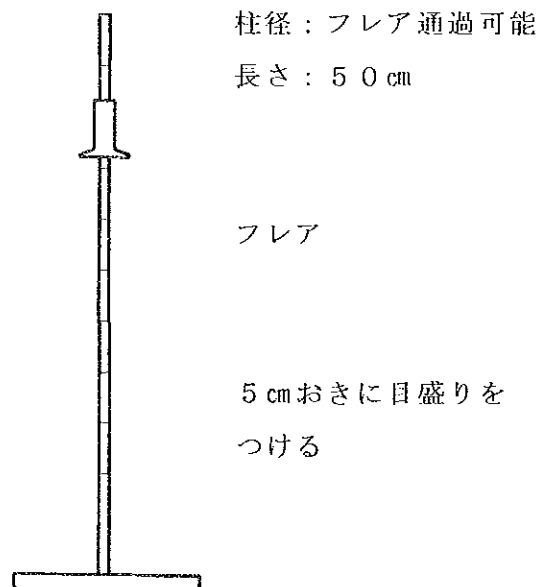


図5-5-42 フレア試験治具

### ③ 切断面の品質

フレアの切断面の品質はフレアの仕上がり形状を支配する。図5-5-43に示す如く切断面が水平でなければフレアは真円から外れて来る。切断面を定期的に観察し、悪くなればカッターの交換、調整を行う必要がある。これはアニールに入る前のフレアを取り出して観察することにより容易に判断出来る。

フレアの品質不良は封止孔（封孔帯眼）、肩曲り不良、封止ハネ不良などの原因となっている。

第3次調査時には切断面の品質に大きな注意が払われるようになっており、進歩が認められる。

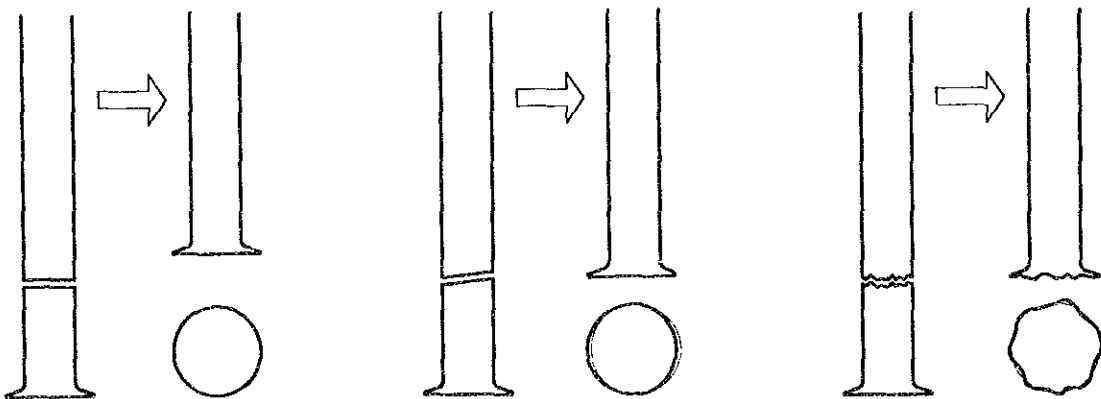


図5-5-43 フレア切断面の管理

### (2) 排気の温度管理

ランプ中の残留不純ガスは排気時のバルブ温度に大きく依存する。

一般に電球類の熱排気においてはバルブの温度が350℃以上であることが望ましい。この温度は排気炉から出てきた直後のバルブ表面を光放射計で測定するか、バルブ表面に示温塗料を塗布して排気炉中での変色の程度を見ることにより行われるが、日常の管理は炉の温度計測により行われている。台湾から輸入した楔灯製造機を除き自動車灯一、二廠のすべての排気機にこのような温度計は設置されていない。（蛍光灯の排気機や一般電球の一部の機械には取り付けられている。）簡単な熱電対温度計をすべての排気機に取り付けて排気時の温度を管理すべきである。

第3次調査時点で自動車灯一、二廠でそれぞれ1台の排気機に旧式ではあるが測温計が取り付けられていた。

### (3) フィラメントの再結晶工程

大部分の電球は電球製造工程でフィラメントに通電加熱し、タングステン線を繊維状の結晶にする必要がある。通常は排気後または口金付け後に数分間点灯させることにより行われる。自動車灯一廠、二廠のすべての製造工程にこの工程は含まれていない。



通電加熱の条件は使用するタングステン線材によって定まるが、日本における試験の結果では、現在当工場で使用している線材では2段階の加熱が必要である事が判明している。(1600℃10秒間、その後2300℃10秒間)

図3-3-3に示すごとくいきなり2300℃に昇温した場合には結晶粒の粗大化が起こるのに対し、2段階加熱では繊維状の結晶が観察できる。この処理を行わなければ寿命試験装置の上での静止寿命試験で規格を満たしても実用上短寿命になる。

フィラメントの再結晶は、1本フィラメントの電球に対しては一般電球同様、口金接着剤の焼き付け機(ベーシング機)に数ヘッドの通電点灯装置を取り付けることにより容易に達成できるが、2本フィラメントの電球では簡単な点灯装置を設置して包装廠へ移送前の検査工程で実施する必要がある。但しR2電球の主灯とH4ランプのフィラメントはコイル製造工程で再結晶済みなのと、動作温度の低い両口金形車内灯、楔型灯および計器灯はこの処理は不要である。

特に、現在量産準備中の鉄道信号灯用電球は自動車用電球にくらべ長寿命を要求されるので、この工程は非常に重要である。この電球に対しては特に次のような3段階加熱を推奨する。

第1段階	フィラメント温度	約1600℃	10秒
第2段階	フィラメント温度	約2300℃	10秒
第3段階	定格電圧の120%電圧		2~3秒

再結晶工程の重要性についてはかなり認識が進み、工程導入への努力が行われている。第3次調査時点では自動車灯二廠の5号ラインの口金付け機にエージング装置を取り付ける大幅な改善工事が行われていた。

#### (4) 口金端子と導入線はんだ付け後の洗浄

手動ではんだ付けされた電球はすべて図5-5-44に示す容器に入れられ、鋸屑と共に加熱攪拌されながら湯洗される。これははんだ液の残りにより導入線が腐食するのを防ぐためとのことであるが、その効果はいささか疑問である。導入線が腐食するとすればはんだ液を付けた時に端子孔から口金内に侵入した液によるもので、はんだ付けによりこの孔を塞いでから洗浄しても効果は薄いものと考えられる。対策ははんだ液の口金内部への侵入を防ぐことにある。次の改善策を提案する。

- ① はんだ液を付けた時に端子部分の温度が充分高ければ液は直ちに蒸発し、内部へは浸透しない。一般電球やR2電球のようにはんだ付けが自動化されていない場合がこれに相当し、これらの電球は洗浄は行っていない。口金接着剤の焼付機の上で自動はんだ付けを行うのが理想的であるが、次のようにはんだ付けの順序を変更することも有効である。

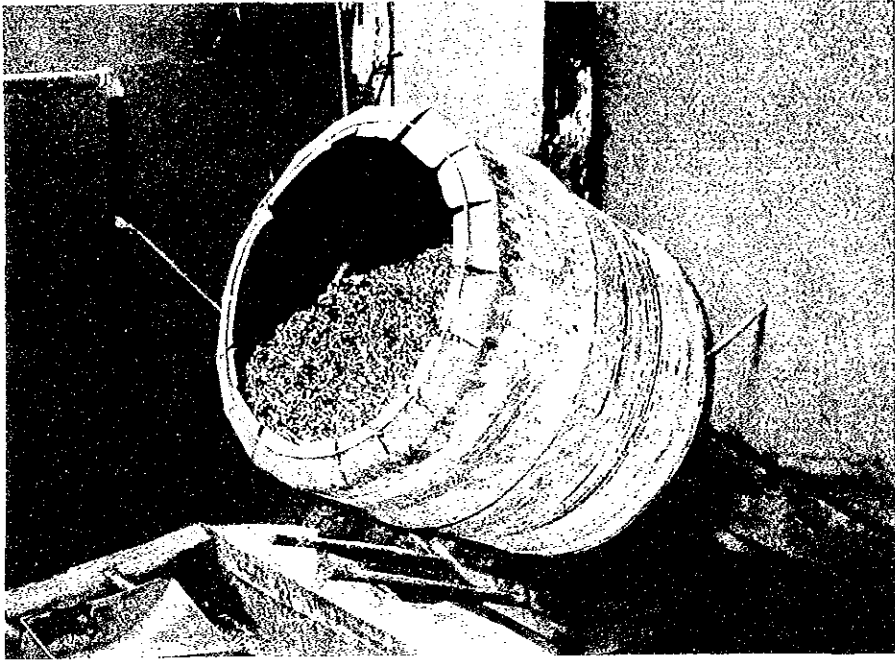


図 5 - 5 - 44 ランプ洗浄機



図 5 - 5 - 45 ステムの保管状況

(現行)

ベーシング (接着剤硬化) - サイド線カット (Side wire cutting)

- トップ、サイドはんだ付け (Soldering top & side wire)

(変更)

ベーシングトップはんだ付け - サイド線カット - サイドはんだ付け

## ② はんだ液の高粘度化

はんだ液の粘度を若干上げるにより口金内部への浸透は遅くなる。少量のグリセリン (Gliceline) を混合することにより粘度は調節できる。

## ③ 酸度の弱いはんだ液と松脂入りはんだを用いる。

①と②または③を併用すれば洗浄工程は除去できる。③は材料費は高くつくが、洗浄工程による損失と比較検討する必要がある。

第3次調査時点では、自動車灯一廠では従来の洗浄工程を止め、アルコールを浸した布による拭き取り方式に変更されていた。また自動車灯二廠では口金付け機上での自動はんだ化への試みが進められている。

## 2) 自動車灯一廠の問題点

### (1) ステムの保管

自動車灯一廠では生産の都合上、ステム工程が分離し、多種多様なステムを製作しているが、その保管および移送には大形の樹脂の箱が用いられている。図5-5-45に示すように箱の中に大量のステムが盛り上がるように積み込まれている。一般にガラス製品は縦方向の力には強いが、横方向の力に対しては容易に破損する。従ってステムは立てて保管、移送すべきである。やむを得ず寝かせて保管しなければならないなら背の低い箱に少量ずつ梱載すべきである。

### (2) 機械補修部品の保管

他の工場に比べて機械の補修部品類の保管状況が良くない。場所的な制約も理解できるが、もう少し整理できないか。光源材料廠に比べ大きく見劣りする。

第3次調査時には前回に比して整理されており、改善努力が認められる。

## 3) 自動車灯二廠の問題点

### (1) はんだ付け工程の蒸発煙対策

自動車灯一廠でははんだ付け作業を行っている場所はすべて排気ダクトが設けられているが、二廠では機械はんだ、手動はんだを含めはんだ液の蒸発煙が多く、作業者に有害である。早急に局所排気装置を設置することが必要である。

## (2) ガラス屑の処理

封止機や機械のベッドの上にカレット（封止後のガラスへた）などが散乱している。また第1ラインおよび第2ラインの排気機では封じ切り後の細管を機械の上に放り出している。ガラスの破片は機械の磨耗を著しく早めるからガラス屑は定期的に取り除くなど常に清潔に保つべきである。第3次調査時には充分とは言えないが前回よりは改善されていた。

## 5-5-5 電球組立工程の近代化

当社の電球製造機械は新旧あるが、中国における現在の水準からすれば上位にあると判断される。しかし、世界水準から見れば遅れていることは否めない。従って長期計画のもとに設備の近代化を図っていく必要がある。現状の低い良品率は製造技術と管理技術の向上により改善することは可能であり、これなしに新鋭設備を導入しても効果は期待できない。取るべき近代化の段階については5-8に詳しく述べる。ここではその第1段階となる現有的設備を主体として良品率を向上させるための改善策について纏めた。詳細はそれぞれの節の記述を参照されたい。

### 1) 高品質材料の確保

タングステン線材、R2電球用導入線および自社製のR2ガラスバルブ

### 2) ガラス加工工程の改善

フレア工程（切断品質と冷却）、ステム工程（2回ピンチ）

封止工程（指示灯類のバルブホルダー）など

### 3) 排気品質の改善

排気炉温の管理と指示灯類の排気への洗浄工程の導入

真空およびガス封入回路の改善

### 4) タングステン線の再結晶化工程の確保

段階加熱のできる点灯時間の確保

### 5) ガラス部品およびガラス屑の取扱い方法の改善

これらの改善活動を通じて管理者および作業者の製造技術が向上し、さらに1段高い目標に挑戦できるようになるものと信じる。

第2段階以降については5-8に述べる。

改善の意欲と小改善実行の成果が一部早くも現れてきている。図5-5-46は自動車灯二廠の良品率の推移を示したものであるが、ここ数カ月着実な改善の効果が認められる。当事者努力の上に、提案した改善事項を逐次実施することによりなお一層の向上と安定が図れるものと期待している。

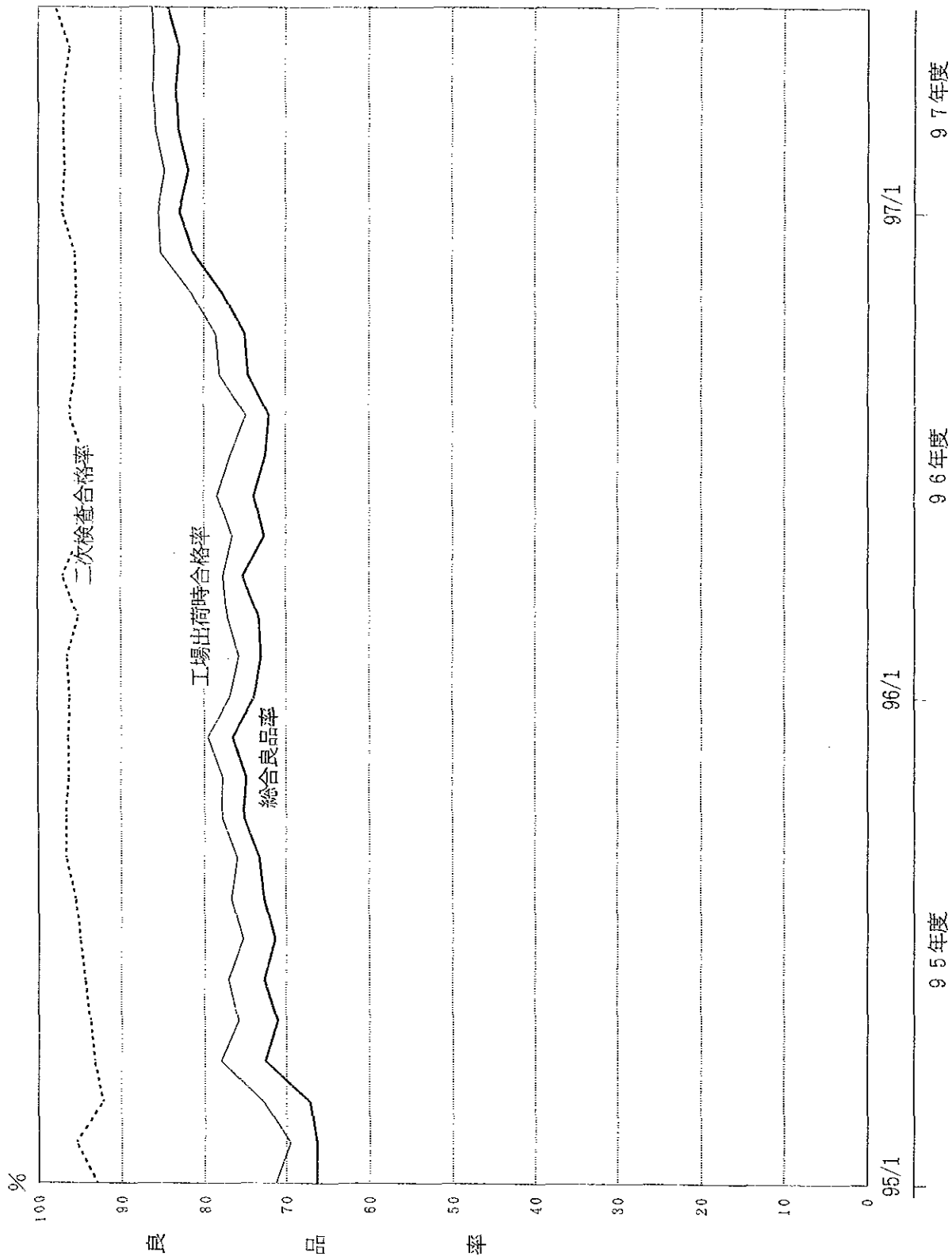


図 5-5-46 汽車灯二廠良品率推移

## 5-6 中間・完成検査工程

自動車用電球の検査は製造工場である自動車灯各廠の工程内の中間検査と製品としての完成検査に分けられる。

### 5-6-1 中間検査

中間検査としては各廠共、ライン毎に専任の作業者により排気工程で電球が封じ切られ口金が付けられる前の段階で1秒弱の点灯検査により、フィラメントの断線の有無、封止の良否のチェックを行っている。

R2前照灯、H4ハロゲン電球の如く配光曲線が指定されている電球は製造工程の最後に再度の点灯検査と光軸の測定が行われている。しかし、自動車灯二廠のR2ラインのこの検査は製品の合否を判定するのではなく、1級品と2級品の選別のために行われている。調査時点での1級品と2級品の比率は70：30であった。図5-5-20に試験の状況を示す。

R2前照灯では更に最終的にエージングと称して完成品の点灯試験を行っているが、点灯時間は1秒以下の短いもので、タングステンを再結晶させるには不十分である。

### 5-6-2 技術品質部による完成検査

自動車灯各廠で製作された電球は先ず技術品質部により抜き取り検査が行われる。

#### 1) 組織

技術品質部の完成品検査は図5-1-1「受入れ検査の組織図」に示す完成品検査グループと試験センターにより行われる。

#### 2) 完成品検査

自動車灯一、二廠から全数検査場所である光源包装廠に送られた完成品を技術品質部の検査員が抜き取りで外観検査を行い、3%の不良があれば製造元に送り返す。製造元では外観の選別を行い、再度在庫させる。抜き取りの基準は製品3000個に対して100個である。

#### 3) 試験センターでの検査

試験センターでは工場の直毎の製品から10個を抜き取り、電流、光束、寿命の測定を行い、不良が出れば更に20個の測定で不良が出ればその直で生産した電球は全数不良とする。図5-6-1に光束測定装置を示す。

前照灯については直毎に6個の試料を抜き取り、主フィラメント3個、副フィラメント3個に分けて試験を行う。寿命試験は加速試験により行い、判定は規定寿命時間の70%未満のものを不良としている。

図5-6-2に寿命試験の状況を示す。

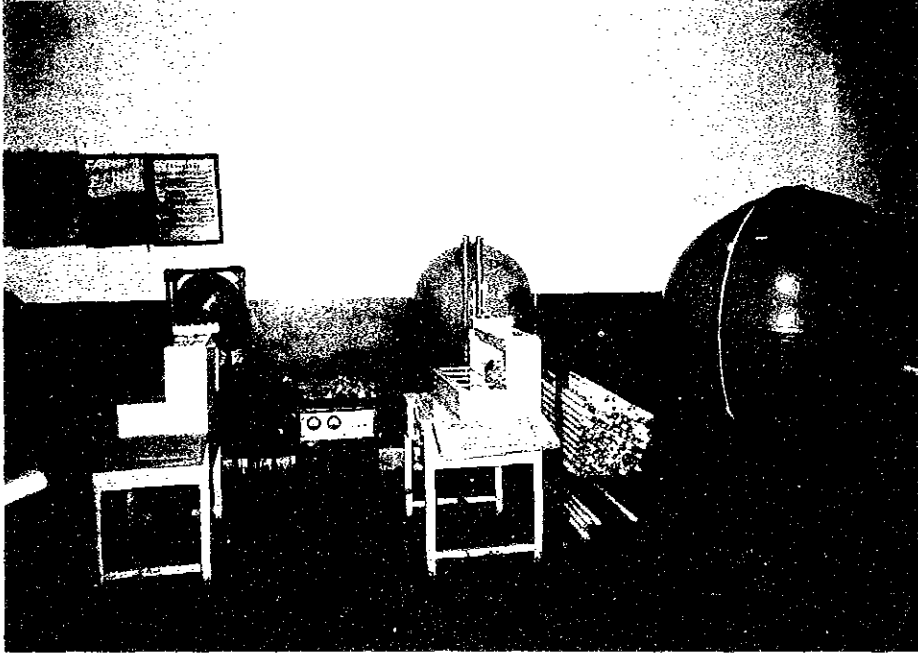


図 5 - 6 - 1 光束測定装置

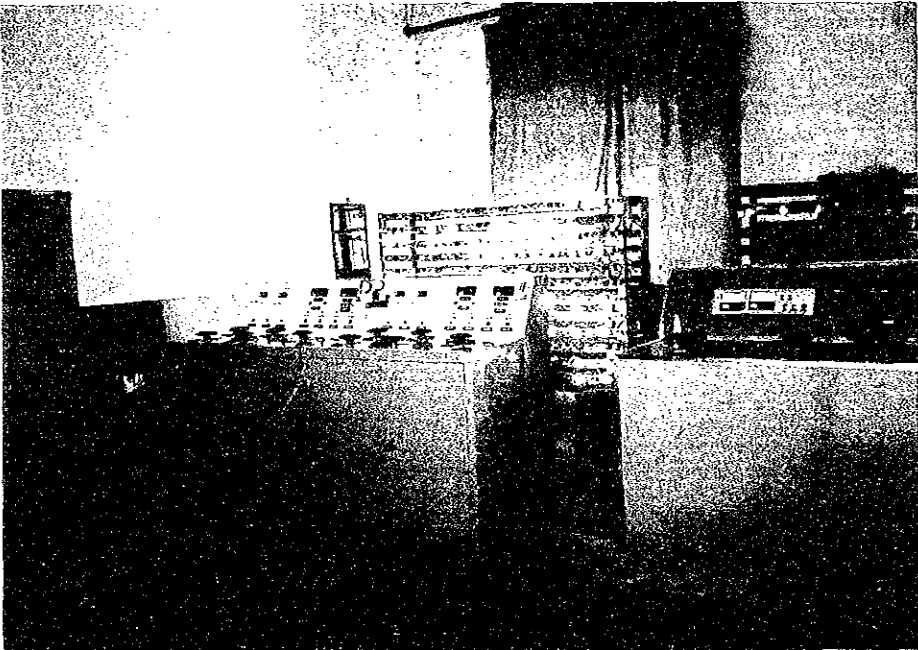


図 5 - 6 - 2 寿命試験の状況

### 5-6-3 光源包装廠による完成検査

技術品質部の検査員による抜き取り検査に合格した電球は光源包装廠の検査員により全数検査が行われる。

#### 1) 組織

光源包装廠の組織を図5-6-3に示す。

光源包装廠	技術・弁公室	5名
	白熱灯1	25名
	白熱灯2	26名
	蛍光灯	14名
	汽車灯1	11名
	汽車灯2	42名
	汽車灯3	5名
	設備班	7名

図5-6-3 光源包装廠の組織

ここで汽車灯1、汽車灯2、汽車灯3のグループはそれぞれ汽車灯一廠、二廠、三廠の製品を担当しており、汽車灯3のグループが三廠で検査を行っている以外は包装廠の建屋で検査と包装を行っている。

#### 2) 検査内容

ここでは汽車灯一、二廠で製造され、入庫してから6日放置した後、全数の外観検査と通電による点灯検査を行っているが、数値的なチェックは一切行っていない。通電電圧は電球の定格により異なり表5-6-1に示す如くである。

表5-6-1 通電試験電圧

	定格電圧	通電電圧
前照灯以外	1.2 V	1.5. 5 V
	2.4 V	3.0. 8 V
前照灯	1.2 V	1.2 V
	2.4 V	2.4 V

通電時間は検査員の手加減により決まるため一定していないが、1秒以内である。

検査の結果は品種毎に纏められ、記録される。図5-6-4に検査記録の例を、図5-6-5に検査の状況を示す。

合格率は品種により異なるが、総合的には95%程度である。

合格した製品の出荷の判断は試験センターの結果を合わせ、技術品質部により行われる。



# 宝鸡灯泡厂汽车灯二厂 检验科九九年九月普特灯质量统计月报表

规格	上月库存	本月入库	商 品	本月库存	废 品	二 合 格 率	次 品	备 注
QT12'8 BA155A9 Q19	55880	99500	66000	85350	940	94.25	3090	
12"10 BA155A9 Q19	144660	24000	120000	46850	850	93.53	940	
12"20'8 BA155A9 LW	11330	107660	86000	25560	3240	95.10	1190	
12"20'8 BA155A9 LW	30250	30170	54000	5700	660	92.77	560	
12"21 BA155A9 LW	57790	206150	164580	92880	2840	96.21	3640	
12"24 BA155A9 LW	13670	—	13670	—	—	—	—	
12"24 BA155A9 LW	—	37660	12000	20490	1020	91.12	150	
12"45 BA155A9 LW	—	60750	55000	3460	1010	96.68	880	
24"3 BA25A1 Y65	4680	—	4320	—	360	92.31	—	内有返入等
24"10 BA155A9 Q19	16000	103000	44000	74000	—	—	2090	
24"20 BA155A9 LW	14840	41210	28590	26650	810	92.24	—	
24"20 BA155A9 LW	4000	50750	58050	30000	2700	95.56	—	
24"21 BA155A9 LW	115000	75720	159000	25000	5120	95.94	1600	
24"24 BA155A9 LW	—	24750	7000	16790	960	87.94	—	
24"24 BA155A9 LW	2910	—	2910	—	—	—	—	
24"55 BA155A9 LW	23320	52170	75000	39240	690	96.55	560	
合 计	530810	906090	910120	491970	21200	96.32	14700	

单位负责人: 王 珍

制表人: 长 琴

送报日期: 1996年2月4日

图 5 - 6 - 4 检查记录一览

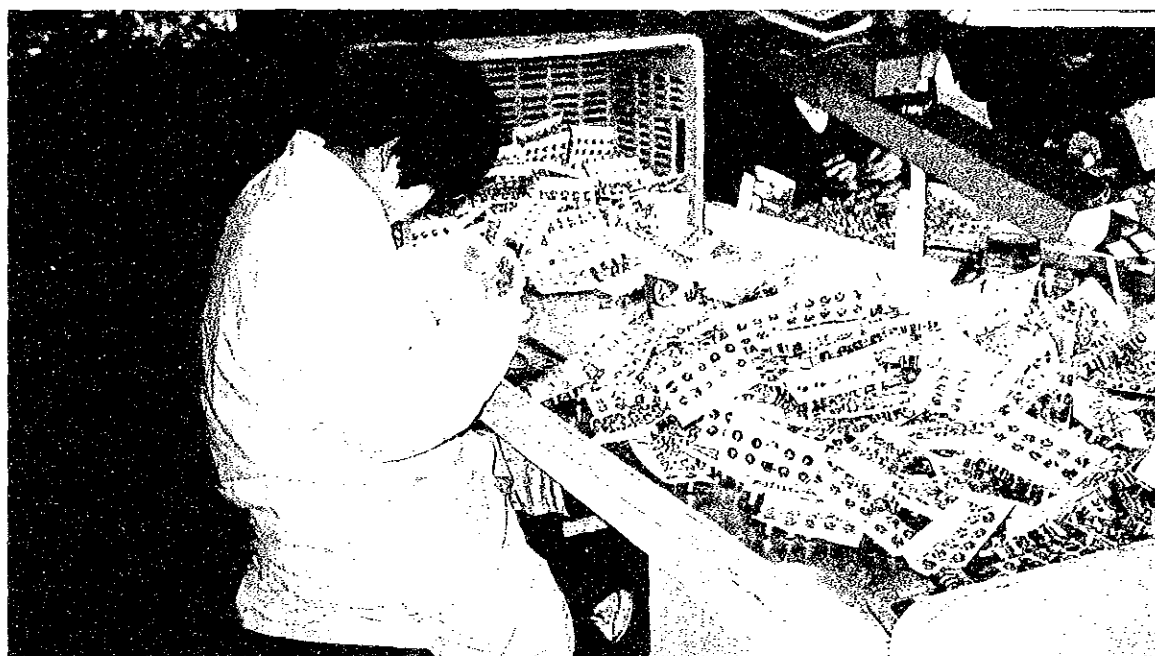


図 5 - 6 - 5 光源包装廠の検査状況

#### 5-6-4 中間・完成検査の問題点

##### 1) 検査項目

完成品検査は製作された電球が所定の性能、即ち寸法、電流（電力）、光束、寿命等が予め定められた仕様を満足しているかをチェックする機能を持たなければならない。しかし、現在の当工場の完成検査は抜き取り検査以外は外観検査と点灯検査でデジタルな測定は一切行われていない。第2次現地調査における当社の現状は図5-6-6に示す日本における自動車用電球の検査の一例と比べても差が大きい。

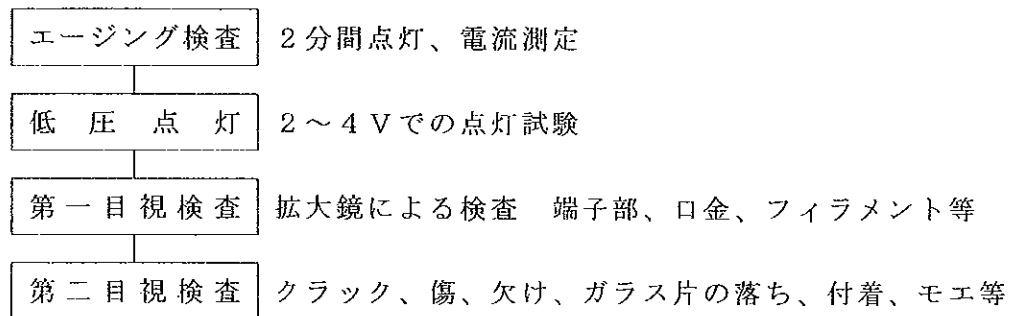


図5-6-6 日本での自動車用電球検査例

機種と開発からの時期によっては冷抵抗測定が加わることもある。

##### 2) 抜き取り試験項目

現在の抜き取り試験は電流、電力（功率）、光束（光通）、振動と寿命試験を行っているが、振動試験を毎直の製品について行う必要があるか、疑問である。

##### 3) 寿命試験条件

IEC規格やJIS規格では寿命試験電圧が定められており、その試験電圧下での寿命が規定されている。加速試験は受渡し当事者間で取り決めた場合にのみ有効である。加速試験の場合の変換倍率の決め方が妥当かどうか疑問がある。

##### 4) サージ試験法

最近のIEC規格などでは電球が使用される自動車の内部の電気回路が電球の寿命に悪影響を与えないようにするため回路に発生するサージ電圧の大きさと継続時間の関係を規定している。一方で、この範囲以下のサージ電圧であれば電球には支障が無いことを電球サイドとしては確認しておく事が顧客より要求されている。

#### 5-6-5 中間・完成検査の改善案

##### 1) 全数試験項目

図5-6-6に日本における自動車用電球の出荷検査の一例を示したが、これを参考に全数検査の項目を決定する事が望ましい。現在の項目でも合格率が95%程度であり、検査項目と条件を厳しくすれば合格率は更に低下するであろうが、他社と競合していくには

このような条件での品質保証と製品の歩留りが必要であり、下がった合格率から製造の改善を進めて行くべきである。

なお、現在に比べ長時間の点灯検査と電流の測定には専用の測定装置を製作するのが望ましい。

## 2) 抜取り検査項目

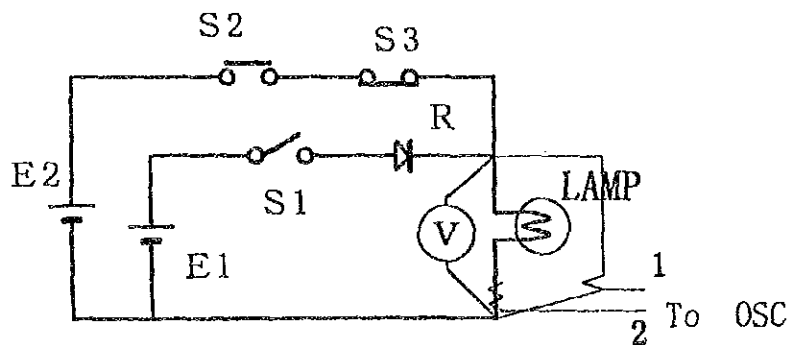
検査結果の動向によるが、不良発生が少ない項目は毎直の製品の検査は行わず、例えば1週間に1回、品質が更に安定すれば1ヶ月に1回の抜取り検査で充分と考えられる。

## 3) 寿命試験条件

現在の寿命試験は試験電圧で規定の時間断線がなければ合格としている。完成検査ではそれでも良いが、加速試験の等価性の確認と電球の品質確認を兼ねて20個程度の数の電球で複数の電圧において断線する迄の時間を測定し、累積寿命曲線を取得する事により、品質のバラツキ、電圧による加速倍率の確認を行う事が必要である。

## 4) サージ試験方法

IEC規格のサージ電圧特性は電源装置に対する要求規格なので、電球製造業者がサージ試験を行うことを義務づけているわけではないが、顧客からの要望や、他社製電球の比較の上で必要な場合がある。電気関係の他の分野での試験法を参考にして試験回路を紹介しておく。図5-6-7は原理的な回路図、図5-6-8はそのタイムチャート (Time chart) である。以下12Vの電球について説明する。



- E1 : ランプ電源回路
- E2 : サージ電圧回路
- S1 : 点灯スイッチ
- S2 : 投入スイッチ
- S3 : 開路スイッチ
- R : 阻止ダイオード
- LAMP : 供試ランプ
- V : 電圧計
- OSC : オッシロスコープ (記録装置)

図5-6-7 自動車用電球サージ試験回路原理図

図5-6-7でE1は自動車のバッテリーに相当する電源で、IEC等では14.5Vが要求されている。電源としては蓄電池を使用しても、交流電源を整流しても良い。E2はサージ電圧に相当する電源で、電圧の調整が出来る電源を整流し、所定の電圧を得る。整流後には放電に対して充分大きな時定数を有する容量の蓄電器を入れる事が望ましい。S1はランプ点灯用のスイッチでナイフスイッチでも可。S2はサージ電圧印加用スイッチ、S3は電流遮断用のスイッチで共に電磁的に開閉されるもので、直流100V、10A程度の開閉能力のあるものが必要である。この部分は半導体スイッチでも良い。RはE2の電圧がE1側に影響しないためのダイオードで、順電流定格はランプの電流以上、逆耐圧は100V程度である。

Vは試験時のランプの端子電圧を測定するための電圧計、測定線1、2はサージ試験時に供試ランプに過渡的に印加される電圧、電流を記録するためのもので、電圧は分圧器により、電流はCT (Current transformer) 又は分流器 (Shunt resistor) により信号として取り出す。取り出された信号は電磁オシロスコープ又は記録計に記録される。

図5-6-7はこの回路の動作時間記録である。先ずS1を投入する。この段階でランプの端子電圧を規定値(14.5V)に調整する。30秒以上経過した後、S2を励磁して電源E2を投入し、ある時間遅れの後S3を励磁する。S3はb接点(常閉)を使用しているため、励磁により回路は開かれE2からの電流I<sub>2</sub>は遮断される。

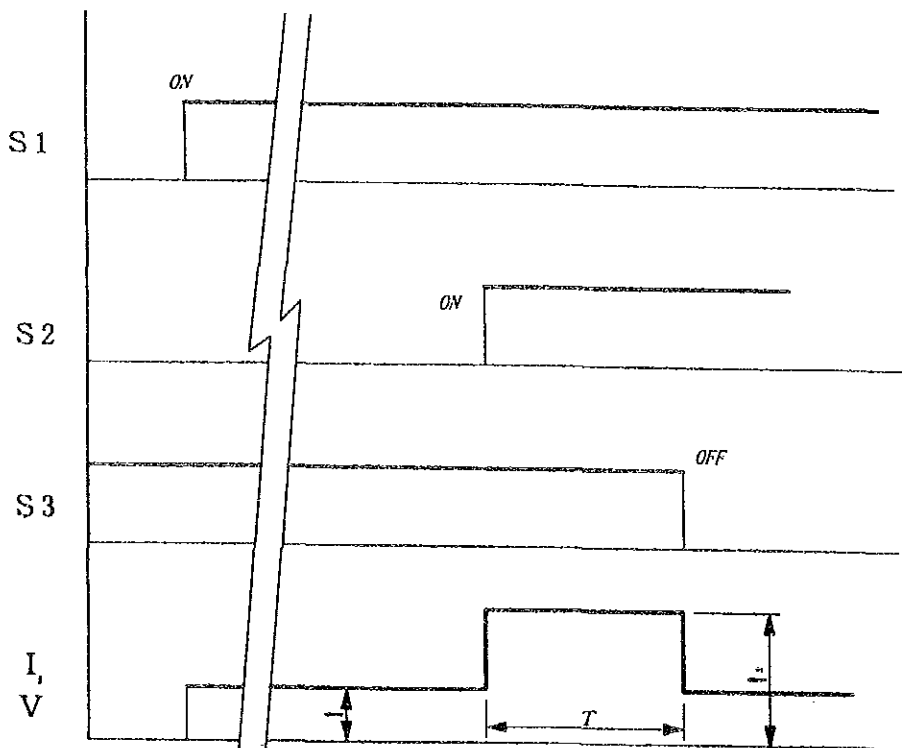


図5-6-8 自動車用電球サージ試験 タイムチャート

S2 と S3 の動作間隔は I E C 規格などの許容サージ電圧曲線上の試験点に応じて調整が必要なため、タイムリレー (Time relay) を挿入しておくのが便利である。

S3 を使用せずに S2 単独での投入・遮断 (Close-open) 動作でも試験は可能であるが短いパルス電圧の印加には投入と遮断を分離した方が安定した動作が得られる。

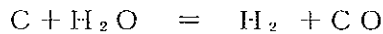
以上の試験により自動車用電球が I E C 規格等に示されている回路電圧条件に支障なく耐えうるかが検証できるが、ランプとしての余裕度は S2 投入のまま S3 を動作させず、ランプが断線する迄の時間を記録計にて観測する事により得られる。

## 5-7 ガス製造工程

宝鶏北方照明電器工場ではランプの製造工程で燃料として多量のガスを消費しているがそのガスは工場内部において発生させており、その供給が製品の品質に大きく影響するのでガスの製造工程を調査した。

### 5-7-1 燃料ガス製造工程

燃料ガスは構内にあるガス製造所で加熱した石炭に水蒸気を加え、



の水性ガス反応により発生され、ガスタンクに貯蔵される。工場内各所にはブロワーで加圧されて供給される。その他従業員社宅や食堂他の福利施設にも供給されている。

ガスは製造所にある縦型の炉でブロワーによる石炭の加熱と水蒸気吹き込みを3分を1サイクルとして交互に行なう。縦型の炉の頂部を図5-7-1に示す。炉は2基あり、交互に使用する。炉の運転制御は1時間毎にカロリーを測定し、調整している。

組成の例は

水素	48.2%	一酸化炭素	30.2%
二酸化炭素	13.0%	窒素	5.2%
その他	3.4%		

である。カロリーは平均で10164.3 J/m<sup>3</sup> (2420 kcal/m<sup>3</sup>)、最大10170.4、最小10149.6 J/m<sup>3</sup>でバラツキは比較的少ない。

動力廠から各廠へは200φの配管で供給されるが、供給圧力は0.2 kg/cm<sup>2</sup>である。ガスの需要は昔は10000 m<sup>3</sup>/日であったが、現在は30000 m<sup>3</sup>/日で、ブロワーなどの容量に限界があり、増設機は購入済である。

### 5-7-2 水素ガス製造工程

燃料ガス以外にフィラメントの還元、導入線の溶接、影視光源廠での石英ガラスの加工に水素ガスを使用しているが、そのガスも構内で苛性加里の水溶液の電気分解により製造している。電気分解槽は多段直列接続型のもので、水素は24 m<sup>3</sup>/時、酸素は12 m<sup>3</sup>/時の容量がある。発生した水素は一旦200ℓのタンクに蓄えられ、480 mmAqの圧力で光源材料廠などに供給される。水素の純度は99.9%との事であるが、水分除去などは行われていない。

図5-7-2に電解槽を示す。

### 5-7-3 ガス製造工程の問題点

#### 1) 設備の老朽化

燃料ガス製造設備は老朽化が進んでおり、建屋は窓ガラスも破損したままである。工場の使用ガス量に比べて設備の容量、特にブロワーの容量は不足で、折角インバータによる可変速駆動の設備が採用されながら容量不足で使用されていない。

また、配管も老朽化し、内部にガスに含まれているタール分が付着し、内径が狭くなっている可能性がある。

#### 2) カロリーの不足

2420 kcal/m<sup>3</sup>は水性ガスとしては標準的な値であり、変動も少ないが、チューブブロワーによるガラスバルブ製造工程や電球組立工程で述べた如く、カロリー不足による製造品質のバラツキが問題となっている工程がある。

#### 3) 圧力変動

汽車灯二廠の話では燃料ガスの圧力は一定しておらず、時間により変動する。供給量の増大に対してブロワーの容量不足と配管の容量不足によりガスの使用量により圧力変動が大きくなっていると考えられる。使用場所で圧力変動を吸収する調整バルブがあれば問題は少ないが、現実には調整バルブはないか、あってもバイパスさせているなどし、圧力変動がそのまま各機械に影響しており、品質安定を阻害している。

### 5-7-5 ガス製造工程の改善策

現在の燃料ガスの製造設備の問題点は大きく、全面的に改善するには莫大な費用を要する。近々宝鶏市内にも陝西省北部の天然ガスが導入されることになっており、工場にもこれを導入する事により多大の利点が生ずる。切替時の一時的な工程の混乱は避けがたいが将来のことを考えると全面的に切り換えるべきである。



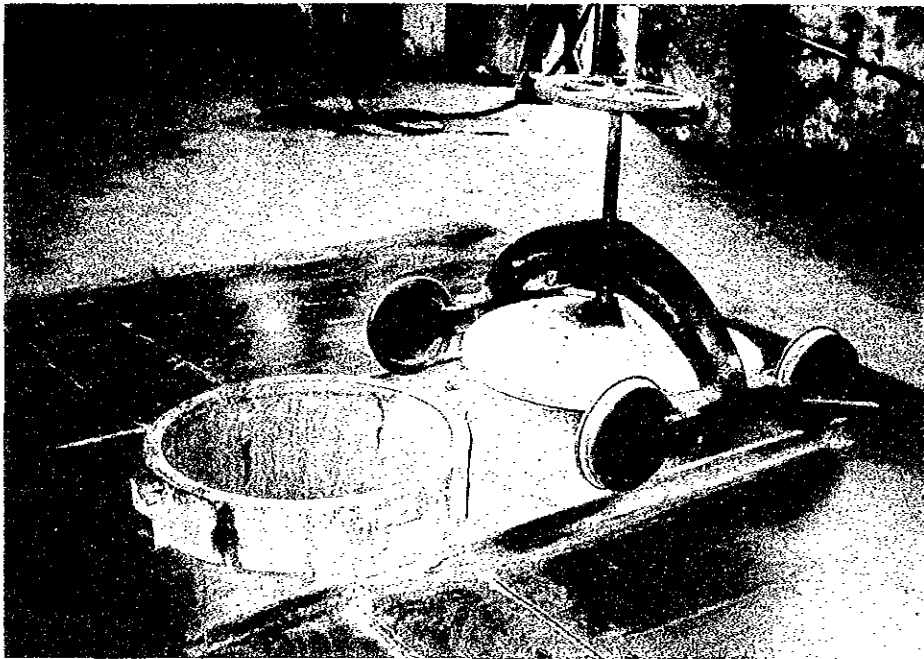


図 5 - 7 - 1 水性ガス発生炉の頂部

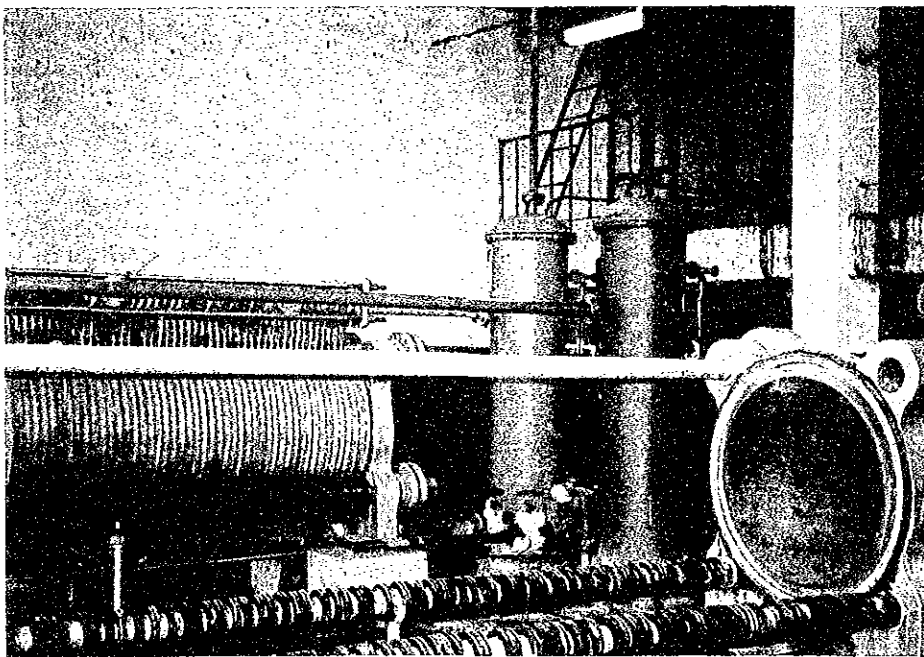


図 5 - 7 - 2 水素ガス電解設備

## 5-8 生産工程の近代化

### 5-8-1 導入線生産工程の近代化

導入線の製造機械は台湾製の3台を除いて構造的に極めて旧式であり、生産速度も遅い。また整備をしてもすぐにズレを起こしやすい。そのため1台の機械に専属の作業員が必要である。すでに提案した様に、各線材の送り装置のストレナー（Straightner）の改善により品質の向上は望めるが、長期的に考えると全面的に設備を更新するか、専門メーカーから購入するか意思決定を行う必要がある。後者の場合には台湾製の機械と中国製のガス溶接機をオーバーホール（Overhaul）して数台残す事を推奨する。将来計画の中にある二重コイル電球の導入線は電気溶接では製作できない。

### 5-8-2 フィラメント生産工程の近代化

フィラメント工場の設備にも旧式のものかなり含まれているが、全体的には運転状況も良好である。特殊少量生産のランプもあるから種々の設備を持つことは機動性を高める上で利点がある。現在の機械を全面稼働すれば生産量の上でも2010年までは賄えるものと考えられる。問題はH4用のフィラメントであるが、将来は自社での生産が必要に成ってくると思われる。H4ランプのフィラメントはR2ランプのΩコイルと同様、コイルング（Coiling）後に水素雰囲気での通電加熱による再結晶の工程が必要である。

但し、熱処理工程における温度計測設備については早急に改善を図る必要がある。

この工場の最大課題は高品質のタングステン線（Tungsten wire）の確保にある。このためにはタングステン製造メーカーとの技術交流を深め、より良い線材の入手に努めると共に、従来からの購入先に因われず、軽工総会光源技術研究所などの援助を積極的に求めて高品質のタングステン線を入手する努力が必要である。特に重要なランプに対しては過渡的に輸入品を使うことも必要であろう。

### 5-8-3 ガラスバルブ生産工程の近代化

光源ガラス廠における自動車灯を含む電球バルブの生産機械は適切な保守により2010年迄充分稼働出来る。R2ランプバルブを含め、生産日数の少ない特殊バルブの品質を高めるために製造技術の向上と技術蓄積が必要である。そのためには工程管理用の計測器類の充実が必要である。先にも述べた様に、パリソン（Parison）の状態を管理するのに工業用監視カメラの設置は極めて有効な手段である。ガラスバルブの寸法精度（特に肉厚分布と封止部の偏肉）の向上は電球製造工程での不良率の削減に大きく貢献するからこれらの投資は短期間に回収出来る。

溶融炉の稼働状態は製品の品質から判断して安定している。特にいますぐ手を加えることはないが、現在では炉中のガラスの溶融状況やバーナーの燃焼状況を監視カメラで常時

把握しているのが普通である。将来、炉の大改修時に合わせて炉の監視装置を導入する事を推奨する。

当工場では泡切り剤として亜硫酸が用いられているが、この材料は猛毒であり、溶融中にかなりの量が蒸発し、煙突から広く拡散され環境への影響は大きい。有害度の少ない二酸化アンチモン ( $Sb_2O_3$ ) の配合量を増やして漸次亜硫酸の量を減らし出来るだけ早く全廃する事が望ましい。

自動車灯二廠におけるチューブブローイング (Tube blowing) によって製造される S 2 5 バルブについては先に述べた如く天然ガス導入時にオーバーホールと機械配置の変更、アニール炉の改修を行う事が必要である。

#### 5-8-4 電球組立工程の近代化

4-4-2 で述べた如く、自動車灯の中で重要な製品は R 2 前照灯、S 2 5 指示灯、楔灯および H 4 ランプである。H 4 ランプの近代化を除きこれらのランプの近代化は次の 4 段階で行う。

##### 1) 前照灯、指示灯、楔灯の近代化

###### 第 1 段階 不良率の低減 (目標 1 年間、天然ガス導入迄に完結)

現行の設備を主体とし、5-5 で述べた機械の小改造と技術的改善により不良率を最低 20% 減少させる。

###### 第 2 段階 天然ガスへの切替えと製造技術確立 (目標 1 年間)

天然ガスへの切替えは一時的な投資と切替え時のランプ製造工程の混乱による損失を覚悟しなければならないが、安定した燃料ガスの供給による不良率の低減と品質の安定が期待でき、長期的には大きな利益をもたらすことは間違いない。天然ガス導入迄に製造の内容を改善しておくことと、切替え時の混乱の時期を如何に最小限に抑えるかが大きな技術課題である。そのために可能ならば導入される天然ガスをボンベで入手し、事前に検討をする事が望ましい。

###### 第 3 段階 生産量の増加

###### (1) R 2 ランプ

このランプは既に成長期を過ぎたランプであり、自動車工場での組み付け需要は急速に低下する。しかし、中国市場での補修需要は引き続き堅調であろう。しかし、価格競争は激化するであろう。このような環境下では新設備の導入は賢明ではない。需要の増加に対しては稼働時間の延長と機械のスピードアップ (Speed up) で対応すべきである。天然ガスでの製造条件が確立し、ガラスバルブと導入線の品質が安定すればこの機械グループは大きな投資なしに 1200 個/時まで生産速度を上げる事は難しくない。

###### (2) S 2 5 ランプ

当工場にとってこの種類のランプの市場競争力が最も懸念される。現有設備は中国内

他の海外企業との合弁会社の設備に比べると旧式であり、今後、小糸、スタンレーなどの日本企業との合弁会社の生産が本格化した時に、価格、品質面での競争で苦しい立場に立たされるであろう。しかし、この種のランプは数が多く無視する事は出来ない。T20 楔灯への切替えが何時中国市場で行われるかにもよるが、数年後に新鋭設備を導入しなければならない時期が来るものと考えられる。新規設備は少なくとも1800個/時の生産速度の機械を導入し、現在の第1、第2、第5ラインは廃却または特殊球の生産に転用する。

### (3) T10, T5 楔灯

工程が安定し、良品率が向上すれば10%程度のスピードアップは可能であり、稼働時間の延長により2005年位迄は新鋭機の導入は不要であろう。

### 第4段階 T20 楔灯

2010年頃にはT20 楔型の指示灯が中国市場でも本格的に使用されるものと予測される。絶えず市場情報を収集し、投資の時期を間違えないようにする必要がある。

## 2) H4 ランプの近代化

H4 ランプについては次の様な段階が考えられる。

### 第1段階 現在の機械の安定稼働

H4 ランプについては中国国内メーカーとの競争のみならず、輸入品との競争も激しくなっていくことが予想される。当社のこれまでの生産量（出荷量）は極く僅かであるから知名度を高めるには営業努力もさることながら、高品質（特に長寿命）の製品を出荷する事が必要である。

### 第2段階 機械のスピードアップ

生産コストを低減するには機械の生産スピードを上げる事は効果的な手段である。そのためには封止機にアニーラを付設する事が必要であるが、それにより1000個/時と約30%の増産が可能である。（2000年頃か）

### 第3段階 高性能機械グループの導入

増産が必要になった時の賃金水準によるが、口金付け以降の工程は手作業で行う事として1500個/時の機械を導入するのが得策であろう。（市場の状況によるが2010年頃か。このスピードの機械は現在インドでも稼働している。）

