

# 熱処理用治具の耐熱特性

高橋 志郎

## Heat-resistance Properties of Heat Treatment Jig

Shiro Takahashi

### 要 旨

繰り返し熱応力の加わる熱処理用治具は、その熱応力やひずみによって、徐々に変形するなど、製品の寸法精度に関わる問題が発生する。このような問題点を解決するために、熱処理用治具の熱特性の調査を行い、寸法精度や外観を損なわずに治具自体の寿命を向上させる熱処理法について検討を行った。この部品は最高280°Cの熱を受けるため、330~480°Cで熱処理を施し、その熱特性を調査した結果、360°Cの熱処理を施すことで実使用中の変形を規定値以内に抑えることが可能となった。焼き色による着色については、熱処理時の昇温速度、保持温度、保持時間、熱処理雰囲気を制御することで、着色することのない熱処理方法を確立することができた。

電子部品や特殊な機械部品など比較的小型の部品に熱処理を施す熱処理用治具は、長時間繰り返し熱衝撃を受け続ける極めて過酷な環境下に置かれる製品である。このような治具は、熱応力により徐々に変形をきたし、寸法精度が低下する。多くの電子機器が急速な進歩を遂げ、各部品への寸法精度に対する要求が厳しくなっていることから、熱処理用治具もその寸法精度が重視されている。このような繰り返し熱衝撃の加わる治具には、治具自体にもあらかじめ熱処理を施し、実使用時の熱変形を抑えることが重要である。また、機械の自動化が進み、カメラによる監視や製品の選別が行われるようになり、従来では問題とならなかった熱処理用治具自体の表面状態や着色にも目が向けられている。熱処理時には、焼き色による着色や異物の固着など寸法精度以外の問題も発生することから、熱処理法や熱処理の前処理にも検討が必要となっている。

本研究では、寸法精度、表面状態、高寿命化を目的とした、電子部品熱処理用治具の耐熱特性の調査と熱処理法の検討を行った。

熱処理用治具の材質は、現行の治具に用いられているSUS304にバネ材処理を施したものをを用いた。このバネ材処理とは、熱処理によってSUS304の弾性値と弾性域を拡大する処理であり、バネ効果自体は約520°C以上に加熱することで減少する。試験体は、図1に示す0.2mmと0.7mmと2.5mmの3枚の積層板構造とし、加工による残留応力を極力発生しないように、機械加工及び化学エッチング加工により現行の熱処理用治具と同様な寸法・精度に仕上げた。

熱処理炉は、図2に示すような雰囲気制御対応真空チャンバーが設置可能な構造とした。熱処理条件は、チャンバー内を5Pa程度の真空、窒素ガス、アルゴンガス雰囲気（ガス雰囲気は流量0~1.0m<sup>3</sup>/h）、設定温度330~480°C、昇温速度15~50°C/min、保持時間1~3時間とした。それぞれの条件を組み合わせる最適な熱処理条件の検討と熱処理治具の変形挙動、着色について調査した。

治具の寸法の変化や積層部分の隙間、試験体全体の反りや捩れに着目し測定を行った。熱処理温度は、330°Cから480°Cまで30°C刻みに変化させた。

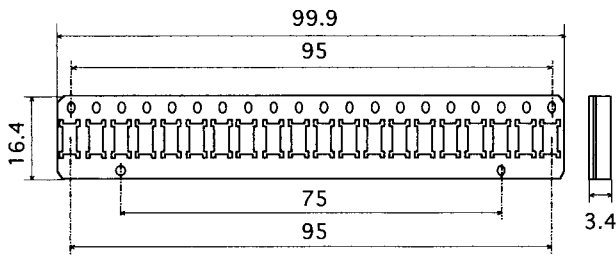


図1 試験体寸法

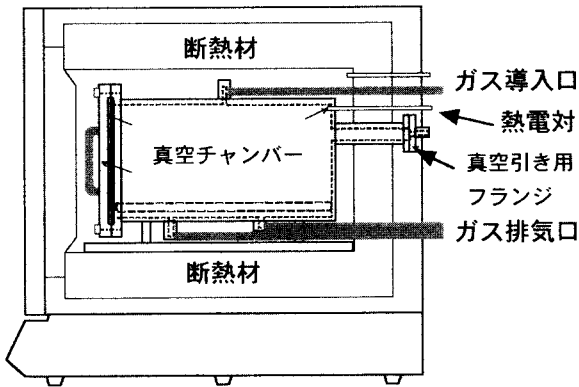


図2 熱処理炉

その結果、保持時間によらず、390℃までは変形が認められなかった。420℃では保持時間2時間、450℃では保持時間1時間の場合に変形が認められなかったが、480℃ではいずれの保持時間でも変形をきたした。この結果より、熱処理温度は、390℃以下とすることとした。

次に、昇温、冷却速度の検討を行った。昇温速度や冷却速度が速い場合、試験体が振れる傾向が顕著になることがわかった。これは、チャンバー内の試験体への熱伝導が不均一で熱応力、熱ひずみが大きくなるためであると考えられる。一方、昇温速度を下げた場合、時間的コスト、エネルギーコストの負荷が大きくなるため、昇温速度を25℃/min、より高温の熱処理では、前述の熱応力、熱ひずみが大きくことを考慮して保持温度を360℃以下とすることとした。冷却速度については、炉内温度が200℃に下がるまで炉冷、200℃になった時点で試験体を取り出し空冷することで変形が起らないことを確認した。

焼き色などの着色のもっとも大きな要因に、汚れと酸化が挙げられる。そこで本研究では、試験体を実際の製造時と同条件で洗浄後、真空、窒素ガス雰囲気、アルゴンガス雰囲気の3条件で熱処理を行った。保持温度360℃、昇温速度25℃/minの条件では、真空雰囲気の場合のみわずかに着色

が認められた。窒素ガス、アルゴンガスとも流量の違いによる効果の差は認められなかったが、流量0、すなわちガス置換後チャンバーを封じきった状態では着色が認められた。これは、おそらく試験体の洗浄が十分ではなく、何らかの異物が試験体表面に残留していたためと推察される。これらの結果より、コスト面で有利な窒素ガス雰囲気中の熱処理を行うことで、焼き色や着色のない熱処理が可能となった。

最後に、これらの結果を基に、実際に電子部品を製造している機械に本試験体を用いた実証試験を行った結果について報告する。図3(a)に330℃、(b)に360℃熱処理後の試験体の写真を示す。330℃で熱処理を行った試験体は、2000時間の使用で試験体に変形し、積層部分に隙間ができていることがわかる(図3(a)矢印部分)。一方、360℃試験体ではこのような隙間は認められず、寸法にも外観にも問題となるような変化は認められなかった。

以上より、熱処理用治具に熱処理を施すことで、治具自体の高寿命化が可能となり、熱処理条件、雰囲気制御を行うことで着色や寸法精度の維持に大きく貢献できる知見が得られた。

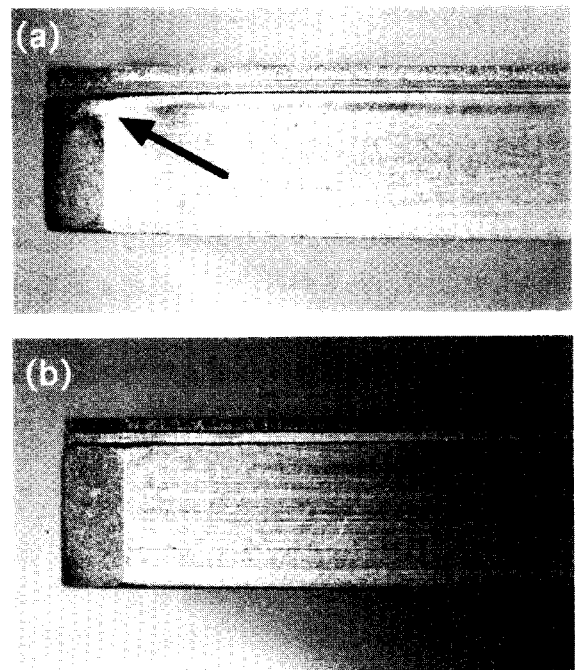


図3 実使用後の試験体(a)330℃、(b)360℃