

中間報告 野外で使える携帯電話充電器

信州大学 繊維学部機能機械学科 4年 岸元修平

野外で使える携帯電話充電器の開発を行いました。

この充電器はクロメル・コンスタantan熱電対288対を直列に接続したものです。

直径1mm、長さ15mmのクロメルとコンスタantanをアーク溶接で接合して熱電対(図1)を作製しました。この接合部がホットジャンクションとなります。この熱電対を直列に接続するわけですが、熱電対どうしがジャンクション以外で接触してはいけません。そこでセラミック製の絶縁管(図2)を使用しました。この絶縁管には4つの穴が開いているので、1本に熱電対を2対入れることが可能です。



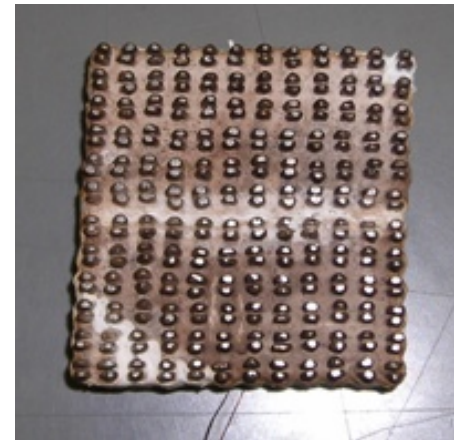
図1 クロメル・コンスタantan熱電対



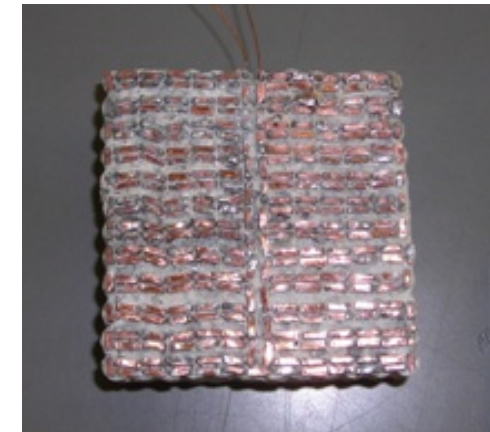
図2 セラミック管

必要となるセラミック管は144本ですので、枠に縦横12本ずつ並べてその隙間に粉末状セラミックを水に溶かして流し込みました。この粉末状のセラミックは時間がたてば硬化します。硬化したらセラミック管に熱電対を入れていきます。その後厚さ0.1mmの銅板を使用し熱電対を直列に接続します。この接合部がコールドジャンクションです。こちら側も溶接を行いたかったのですが、溶接を行うと全ての熱電対の長さをそろえることが困難であるため銅板と熱電対をはんだでつなぎました。

図3が作製した充電器です。寸法は50×50×15mm、重さは110gです。



(a) 加熱面



(b) 冷却面



(c) 側面

図3 携帯電話充電器

実験

さて実際にこの装置がどのくらいの電圧を発生できるか予備実験してみます。いきなり炎のような高温で加熱して、冷却面のはんだが溶けてしまっ
てはいけませんから、まずは最高温度300°Cのヒーターで加熱してみます。冷却面には水を注いだアルミ製の容器をのせました。このときの起電力を測定しました。

加熱面、冷却面の温度はクロメル・アルメル熱電対で測定しました。

図4のように加熱部であるヒーターと充電器の間の温度および、冷却部であるアルミ容器の間の温度を熱電対で測定しました。さらに充電器とヒーター、アルミ容器、熱電対を図4のように紙を挟んで絶縁しました。

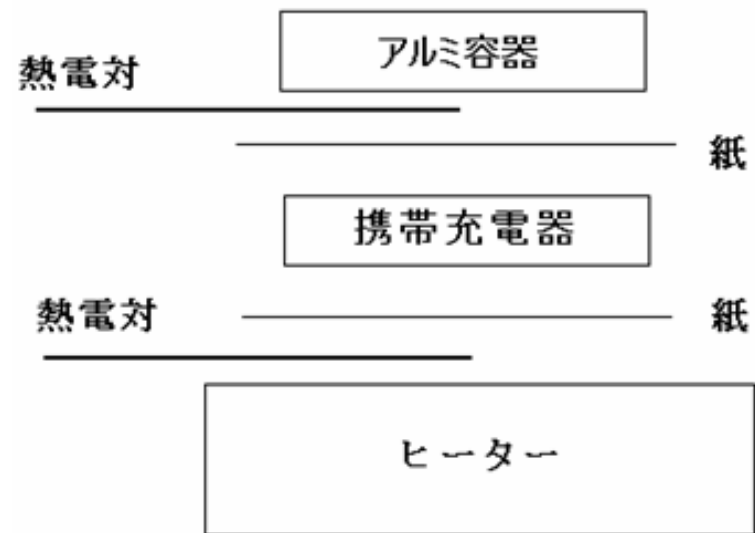


図4 温度測定

実験結果と考察

高温側220°Cのとき、低温側は57.7°Cで146mVの電圧が発生しました。(230°Cを超えると紙が焦げ始めたため温度測定は220°Cまでとしました。)この結果の発生電圧は予想よりかなり低い値となりました。この原因として絶縁に使用した紙の影響が大きいと考えられます。紙の熱伝導率は0.06W/(mK)と小さいので、熱電対の高温部の実際の温度は紙を通したぶん低くなるものと考えられます。これに対し、低温部の温度は紙を通さないぶん高くなるものと考えられます。このため実際には160°Cもの温度差は生じておらず、発生する電圧が低くなったと考えられます。フーリエの熱伝導式で計算してみます。

$$q = \lambda \Delta\theta / x$$

q: ヒーターの熱流束 $1.08 \times 10^4 \text{W/m}^2$

λ : 熱電対の熱伝導率 25W/(mK)

$\Delta\theta$: 熱電発電装置の高温部と低温部の温度差

x: 熱電対の長さ 0.015m

この式から $\Delta\theta$ を求めると6.5°Cとなり、このときの熱電発電装置の起電力は計算すると約110mVとなり実験値146mVに近い結果です。このことから高温部と低温部にそれほどの温度差がなかったことがわかります。

次に炎による加熱実験を行いました。炎で加熱する際、低温部の冷却が不十分だとはんだが熱で溶け銅板がはがれるおそれがあるので、充電器とアルミ容器を密着させる必要があります。そこで低温部に粉末状セラミックを塗布して絶縁し、アルミ容器を取り付けました。その後ガスコンロで充電器の加熱を行い起電力を測定しました。加熱により340mVまで電圧が上昇しましたが導線が直接炎に触れてしまっており、これ以上続けると破損のおそれがあったので、この時点で測定を終了しました。

実験直後には充電器の破損はみられませんでした。後日とはんだが溶けたことによる断線が見つかりました。この原因として考えられることは冷却面が十分に平らではなかったのではないかということです。そのためアルミ容器との距離が大きかった接合部のはんだが溶けてしまった。また冷却面を平らにできなかった理由としては、セラミック管の接合に使用したセラミック材料が何度か割れてしまい、それを補修するさいにずれが生じたものと考えられます。

結論

加熱中は激しい水の沸騰蒸発がみられました。これは低温部に流入する熱が水槽の水を蒸発させるための気化熱に費やされていると考えられます。そのため水槽に水を供給し続けられれば低温部の温度を一定に保つことが可能となり、高温部とのより大きな温度差を生じさせ、より高い電圧を発生させることも可能となります。

とはいうものの、充電器として使用できるようにするにはかなりの高熱流束(高温)で加熱する必要があります。

そのため熱に弱いはんだの使用や耐熱性能はあるが脆く幾度となく割れた粉末状セラミックによる絶縁管の接合などは見直す必要があります。また精度が要求される細かい作業が多いのでよりシンプルでミスの起こりにくい設計をする必要もあります。

今後の計画

低温部のはんだ付けによる方法をやめて銀ろう付けによる方法を採用し、高熱流束に対応できるよう設計変更した改良型を現在製作中であります。