

Ni 基超合金の自己組織化による微細構造を用いた高温用太陽光選択吸収材 High-temperature Solar Selective Absorbers with Microstructures using Self-organization Nickel-based Superalloys

東北大院工 ○小林 大晃, 今野 晴天, 清水 信, 井口 史匡, 湯上 浩雄

Graduate School of Engineering, Tohoku Univ. H. Kobayashi, K. Konno, M. Shimizu, F. Iguchi, H. Yugami

E-mail: h_kobayashi@energy.mech.tohoku.ac.jp

1. はじめに

近年、再生可能エネルギーによる発電への関心の高まりから、集光型太陽熱発電が注目されている。その発電システムの受光部には熱輻射損失を防ぐため、太陽光選択吸収材料が用いられている。この材料は可視光領域で吸収率が高く、また赤外領域で放射率が低い特性を持っている。現在用いられているものは金属-誘電体の多層膜やサーメットによって光学特性の制御を行なっているが、金属材料表面に微細構造を作製することからも波長選択性を得ることができる。微細構造の大きさは太陽光の波長程度で、入射した太陽光と微細構造の相互作用により波長選択性を示す。材料は高融点金属であり、単一な材料のため高温でも割れや剥離の心配がなく利用できるという利点がある。しかし、この微細構造を高融点金属表面上に半導体作製技術の応用で大面積に加工するのはコストと時間が掛かる。また、発電効率向上が期待される 600°C を超える高温で使用可能な波長選択吸収材料は実用化されていない。そこで、本研究では高温での利用を目的とした太陽光選択吸収材料を得るために、自己組織化により相分離した Ni 基超合金を用いて微細構造を作製し、その光学特性の評価、及び赤外線ランプを用いた昇温試験による波長選択吸収材料の性能評価を行った。

2. 実験

熱処理した Ni 基超合金はスピノーダル分解によって図 1 の右に示すような γ 相と γ' 相の二つの微細な相に分離する。そのため片方の相を選択的にエッチングすることで、材料表面に微細構造を作製できる。エッチング条件によって微細構造の制御が可能であり、それによって材料の光学特性制御が可能であることがわかった。光学特性を評価するために、性能指数 ζ を用いた、

$$\zeta = \alpha_s - \frac{\varepsilon_t(T) \cdot \int_{0.3}^{100} E_{b\lambda}(\lambda, T) d\lambda}{C \cdot \int_{0.3}^{100} E_{s\lambda}(\lambda, T) d\lambda}$$

α_s , ε_t , T , $E_{b\lambda}$, λ , C , $E_{s\lambda}$ はそれぞれ材料の吸収率と放射率、温度、黒体放射照度、波長、集光度、太陽光放射照度 (AM 1.5) である。昇温試験においては赤外線ランプを用い、還元雰囲気中で材料を 300°C と 500°C 付近まで加熱した。黒体材料、エッチング前の材料、エッチング後の材料の三つの材料を比較した。エッチング後の材料としては赤外線ランプの放射スペクトルに対して最適な光学特性を持つ材料を作製した。

3. 結果と考察

図 1 からエッチングにより材料表面が黒色になっており、表面全体に微細構造が作製できた。この条件でエッチングした材料の反射スペクトルを図 2 に示す。これより性能指数が 0.63 の材料を作製できた。他の文献値 [1] を用いた計算では 400°C において性能指数が 0.90 以上の値を示しており、0.63

は低い値であるため性能指数向上にむけて更なるエッチング条件の最適化が必要であると考えられる。三つの材料の昇温試験の結果は 500°C 付近において波長選択吸収材料は黒体材料より 30°C 高い結果を示した。また、300°C 付近においても同様に波長選択吸収材料が黒体材料より 23°C 高い結果を示した。この結果から、微細構造を作製した Ni 基超合金は波長選択性太陽光吸収材料として優れた性能を示すと考えられる。

4. 結論

大面積化技術を用い微細構造を Ni 基超合金表面上に作製することで太陽光に対する性能指数 0.63 の波長選択吸収材料を作製した。また、昇温試験では微細構造を用いた波長選択吸収材料が優れた性能を示した。

謝辞 この研究は JST-ALCA によって行われた。

[1] C.E. Kennedy, 'Review of Mid- to High- Temperatures Solar Selective Absorber Materials', 2002, p.51.

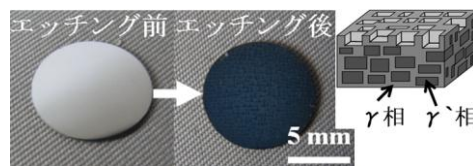


図1. エッチング前後の Ni 基超合金と γ 、 γ' 相

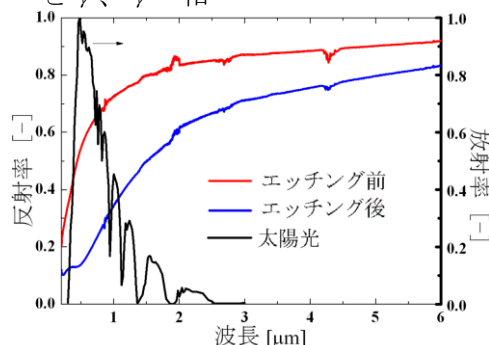


図2. エッチング前後の反射スペクトルと太陽光放射スペクトル