

「高温構造用Ni基合金の室温～高温での熱伝導性」



千星 聡 (Satoshi Semboshi)

【所属】新素材共同研究開発センター/ 准教授

【専門】組織制御、相変態、非鉄金属、状態図、電子顕微鏡

合金組成・組織と熱伝導性の関係

Ni固溶体とNi₃Alの二相をベースにしたNi基超合金は優れた高温強度、延性、耐酸化性を有し、航空機エンジンや火力発電所熱機関のガスタービン用材料として開発が進められています。最近では、Ni₃Al (L1₂構造) とNi₃V (D0₂₂構造) の二つの金属間化合物相が結晶整合性良く緻密に配列したNi基二重複相金属間化合物合金も注目されています。今後、これらNi-Ni₃Al-Ni₃V系合金を高温構造材料として効率的に研究・開発し、用途開発を促進していくためには、機械的特性や耐熱性のみならず、室温～高温までの熱伝導性も十分に把握することが重要になります。本研究では、種々の組成・組織をもつNi-Ni₃Al-Ni₃V系合金の熱伝導性をレーザフラッシュ法にて評価しました。レーザフラッシュ法は、レーザ照射によって試料の表面を瞬間的に過熱したときの試料裏面の温度応答をモニターすることにより熱伝導率を導出するものです。定常法による測定と比較して、測定が容易であり、くり返しの精度の高いことから熱伝導率を評価する最も有力な方法とされています。

図1(a)にNi-Ni₃Al-Ni₃V擬三元系状態図、(b,c)にNi-Ni₃Al-Ni₃V合金の25℃、800℃での熱伝導率を示します。純Ni、化学量論組成のNi₃AlおよびNi₃Vの熱伝導率は、室温でそれぞれ96 W/mK、29 W/mK、32 W/mKです。Ni、Ni₃Al、Ni₃V単相合金の場合、熱伝導率は固溶/置換量の増加とともに減少します(Nordheim則)。二相および三相合金の場合、熱伝導率は構成相の体積分率と熱伝導率の関数(複合則)に従って変化します。

温度を上げると、純Niの熱伝導率は低下しますが、AlやV量が多いNi固溶体や、Ni₃Al、Ni₃Vでは逆に熱伝導率は増加します。そのため、二相および三相合金では、室温よりも800℃で熱伝導率が向上します。

図2に各種高温用材料の室温における強度(硬さ)と熱伝導率の特性マップを示します。鉄鋼系高温構造用材料(SUS304, SUH3, SUH35)やNi基超合金(HASTELOY, INCONEL系)と比較してNi₃Al-Ni₃V擬二元系合金は強度と熱伝導性のバランスに優れることが分かります。以上の知見は、高温構造用材料の開発に資する成果として高い評価を受けています。

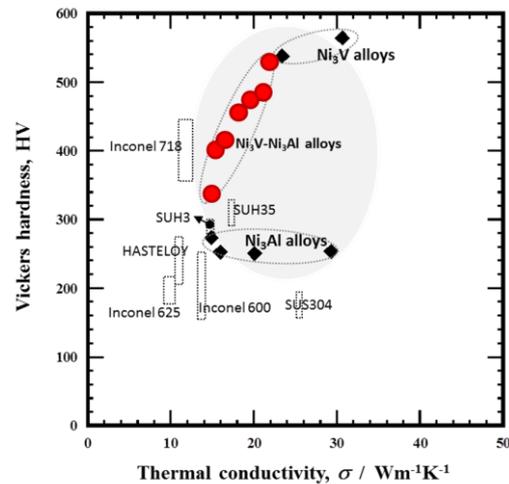


図2. 代表的な高温構造用材料における室温での硬さと熱伝導性。ここで、Ni₃V単相材は延性や耐酸化性で問題があるため、高温強度、延性、耐酸化性、熱伝導性の総合点ではNi₃Al-Ni₃V二相合金が高い水準に位置します。

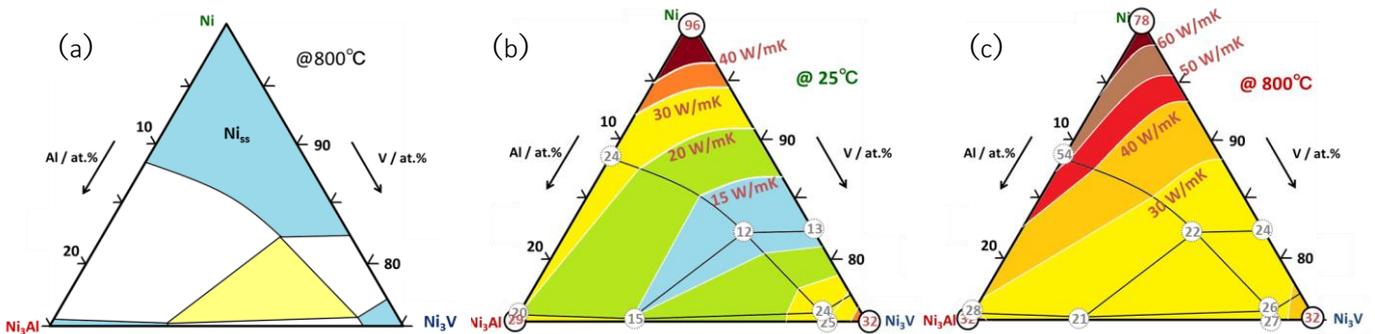


図1 (a) Ni-Ni₃Al-Ni₃V擬三元系状態図(800℃), (b,c) 状態図上にマッピングした25℃および800℃における熱伝導率マッピング。○内数字はレーザーフラッシュ法による主な実験値(W/mK)。実験値を使ってNordheim則などにより理論的に熱伝導率を算出。

【詳しくは】S. Semboshi, H. Tsuda, Y. Kanano, A. Iwase, T. Takasugi: *Intermetallics*, **59** (2015) 1-7.