

Science and Technology of Advanced Materials 誌 プレスリリース

配信元: 国立研究開発法人 物質・材料研究機構(NIMS)・〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

Date: 21 January 2021

先端材料科学研究：SDGs に貢献する耐熱合金材料

(Tsukuba 21 January 2021) α -Nb₅Si₃ 微小柱状結晶の塑性変形挙動からその機械的特性を調べる

論文情報

タイトル: Micropillar compression deformation of single crystals of α -Nb₅Si₃ with the tetragonal D_{8h} structure

著者: Kyosuke Kishida*, Takuto Maruyama, Takayoshi Fukuyama & Haruyuki Inui

* Department of Materials Science and Engineering, Kyoto University, Sakyo-ku, Japan (E-mail: kishida.kyosuke.6w@kyoto-u.ac.jp)

引用: Science and Technology of Advanced Materials Vol. 21 (2020) p. 805

最終版公開日: 2021 年 1 月 5 日

本誌リンク <https://doi.org/10.1080/14686996.2020.1855065> (オープンアクセス)

正方晶系 D_{8h} の結晶構造を持つ耐熱材料 α -Nb₅Si₃ の微小柱状単結晶に室温で応力を負荷し、その塑性変形挙動を結晶方位および試料サイズの関数として研究している。

近年、地球は温暖化しつつあり、その抑制には、人為的温室効果ガス、特に化石燃料の燃焼による二酸化炭素の排出削減が必須である。自然エネルギーへの転換が求められる一方で、電力プラント、輸送分野などにおける種々の燃焼システムで熱効率を高めるというのも最も現実的な選択肢の一つと言える。

電力プラント、輸送分野で用いられるガスタービンの熱効率を改善するためにはタービン吸入口の温度を 1600° C 以上に高めることが求められ、この高温に耐えられる新しい構造材料の開発が必須である。現在用いられているニッケル基超合金は、その融点が 1400° C 程度で、この要求には応えることができない。

ニオブシリサイド-ニオブ固溶相が、1700° C を越える融点、高強度、高破壊靱性を持つことから、近年、ニオブシリサイド基合金への期待が高まっている。

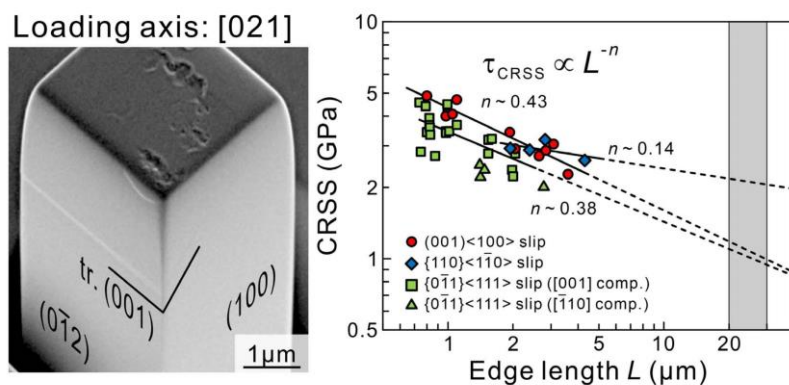
Science and Technology of Advanced Materials に、日本、京都大学、岸田恭輔らが共著発表した論文 [Micropillar compression deformation of single crystals of \$\alpha\$ -Nb₅Si₃ with the](#)

tetragonal D8/structure は、ニオブシリサイド基合金の強化相である Nb_5Si_3 について、今まで良く知られていなかった単相 $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ の塑性変形挙動を明らかにし、その機械的性質について報告している。

Nb_5Si_3 には、低温相 $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ と高温相 $\beta\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ があり、 1700°C で相転移する。このため、機械的性質の測定に適するサイズの α 相単結晶の育成は困難で、 α 相の機械的性質の知見は乏しかった。著者等は、まず β 相単結晶棒を一方向凝固法で育成し、室温に戻す過程で $\beta\text{-}\alpha$ 相変態により、結晶粒サイズ数十ミクロンの α 相多結晶棒を得た。ここからマイクロメートルサイズの α 相微小柱状結晶（稜の長さ $0.7\sim 5\mu\text{m}$ 、縦横比 $2\sim 3$ ）を切り出し、これを用いて圧縮試験、破壊強度測定を行っている。

圧縮試験後の試料面に現れたすべり線の SEM 観察から、塑性変形が起きた時の $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ のすべり面、方向が $(001)\langle 010\rangle$, $\{110\}\langle 1\bar{1}0\rangle$, $\{0\bar{1}1\}\langle 111\rangle$ であり、これらは同型構造を持つ Mo_5SiB_2 と同じであることを明らかにした。さらに、これらのすべり系の臨界分解剪断応力は 2.0GPa を越えて非常に高く、しかも“小さいほど強い”という傾向を示すことが示された。他方、 $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ の破壊靱性は $1.79\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ と、 Mo_5SiB_2 の $2.43\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ よりかなり低い値が導かれ、 $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ の方が比較的容易に瞬間破壊が起きることを示している。 $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ の脆性は、金属基合金の強化相として利用するには不利にはたらくが、著者等は別の合金元素を添加することで $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ の脆性は改善できると考えている。

著者らは、今まで明確でなかった $\alpha\text{-Nb}_5\text{Si}_3$ の機械的性質を、微小柱状結晶を用いた圧縮試験、破壊強度測定で明らかにすることに成功した。今後、この手法を相変態などがあって、単結晶育成が難しく、その機械的性質が明らかでなかった他の耐熱材料についても応用してゆくことを計画している。



図の説明：さまざまな結晶方位を持つ微小柱状単結晶に応力を負荷し、その塑性変形を測定する。

論文情報

タイトル : Micropillar compression deformation of single crystals of α -Nb₅Si₃ with the tetragonal D_{8h} structure

著者 : Kyosuke Kishida*, Takuto Maruyama, Takayoshi Fukuyama & Haruyuki Inui

* Department of Materials Science and Engineering, Kyoto University, Sakyo-ku, Japan (E-mail: kishida.kyosuke.6w@kyoto-u.ac.jp)

引用 : Science and Technology of Advanced Materials Vol. 21 (2020) p. 805

最終版公開日 : 2021 年 1 月 5 日

本誌リンク <https://doi.org/10.1080/14686996.2020.1855065> (オープンアクセス)

Science and Technology of Advanced Materials 誌は、国立研究開発法人 物質・材料研究機構 (NIMS) と Empa が支援するオープンアクセスジャーナルです。

企画に関する問い合わせ: stam-info@ml.nims.go.jp