

名古屋大学、飛躍的に高強度化したセラミックス複合材料の開発、次世代切削工具として応用

名古屋大学大学院工学研究科物質科学専攻の松永 克志 教授、西 智広 大学院生の研究グループは、日本特殊陶業株式会社との共同研究で、従来から飛躍的に強度が向上したセラミックス複合材料の開発と、その電子・原子レベルからのメカニズムの解明に成功しました。

セラミックスは、耐熱性、硬度、化学的安定性に優れた特性を持っていますが、もろいという大きな欠点があります。この欠点を克服するために、セラミックスと異種材料を組み合わせることで複合化し、強度、靱性を向上させたのがセラミックス複合材料です。セラミックス複合材料は、その特性を活かし、航空宇宙やエネルギーといった国を支える基幹産業の様々な分野で応用されています。切削工具分野では、主に耐熱合金加工に用いられ、昨今の航空宇宙産業の発展に大きく貢献しています。

同分野において、今後の更なる発展を支えていくために、長い寿命を有し、より高速な耐熱超硬合金加工に耐えうる高強度セラミックス複合材料の開発が望まれています。本研究では、複合セラミックス材料中の異種材料界面に、ドーパント元素を偏析させることで、材料強度の飛躍的な改善をもたらし、従来のセラミックス複合材料と比較して 2 倍以上の高い強度に到達することを明らかにしました。こうした知見は、コーティング材料や積層、薄膜等の異種材料の接合界面を有する全ての材料分野に応用できると期待されます。

本研究は、 Al_2O_3 と超硬質材料の炭化タングステン(WC)からなるセラミックス複合材料に、微量のジルコニア(ZrO_2)を添加することで材料の強度を飛躍的に改善できることを明らかにし、2 GPa 以上の大きな曲げ強度を達成することができました(図1)。この高強度化の起源について、走査型透過電子顕微鏡法(STEM) (注 3)およびエネルギー分散 X 線分光法(EDS) (注 4)、第一原理計算を用いて詳細に調べました。その結果、 Al_2O_3 と WC の異種材料界面に、原子一層分の領域でジルコニウム(Zr)の偏析層を形成していることがわかりました(図2)。また、添加した Zr の一部が Al_2O_3 と WC の異種材料界面にどのように偏析し、どのようにして材料強度の向上に寄与するのかを突き止め、高強度セラミックス複合材料の開発に資する知見を獲得することができました(図3)。このような知見は、セラミックス複合材料の開発だけでなく、コ

ーティング材料や積層、薄膜等のヘテロ界面を有する材料システムの改良にも応用
 ができると期待されます。この材料を応用した製品は、次世代加工を実現する最新切
 削工具「BIDEMICS」(注 5)として販売しており、耐熱合金の切削加工において、従来
 の切削工具に対し、2 倍の高能率加工を可能としました(図4)。

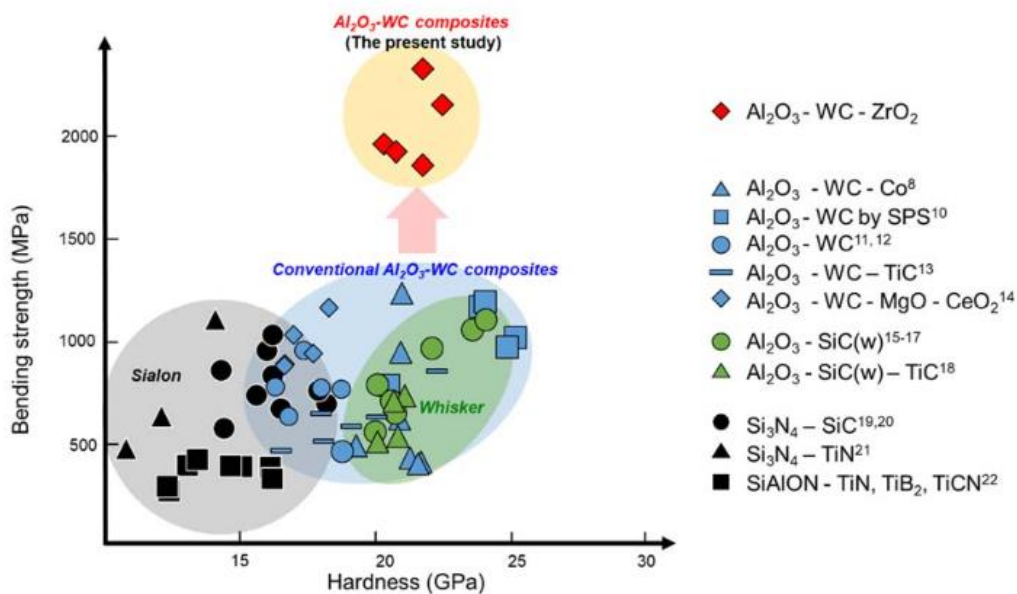


図1 従来のセラミックス複合材料との機械的特性比較

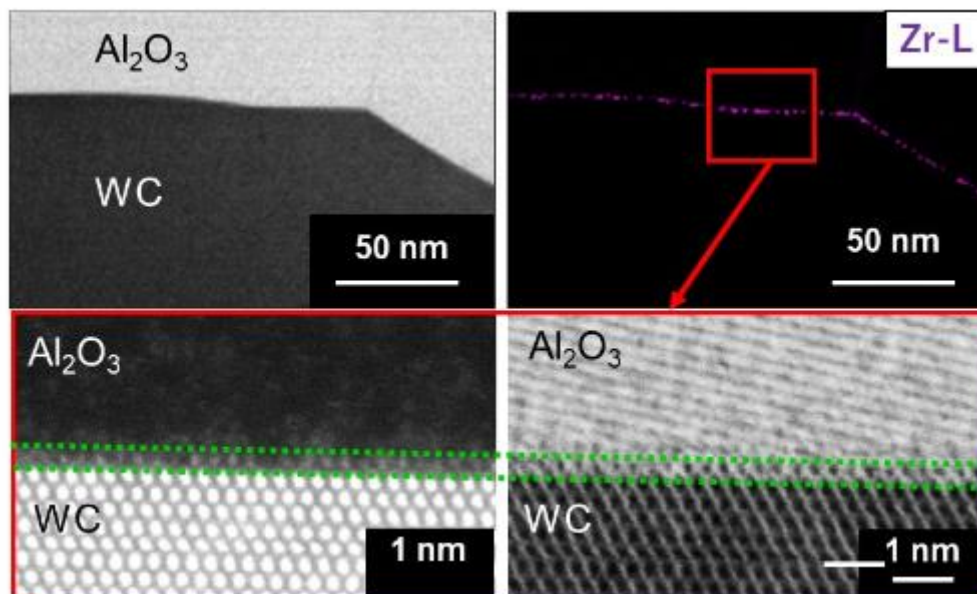


図2 Al₂O₃とWCの異種材料界面の分析結果

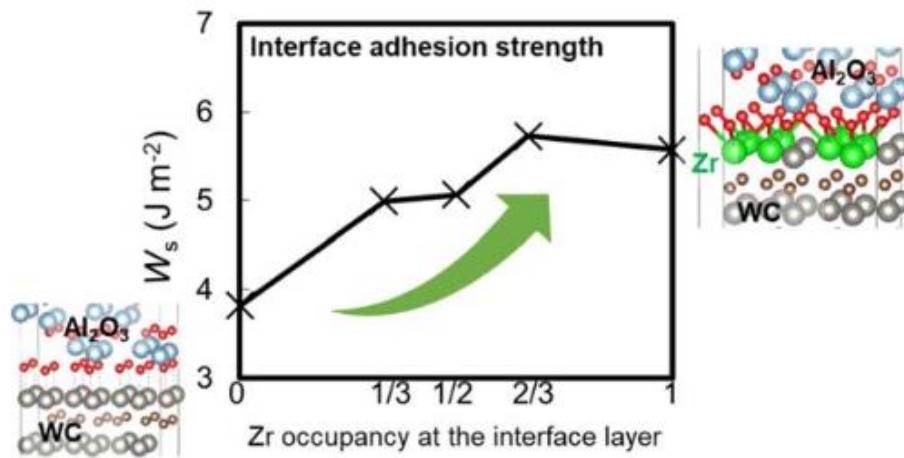


図3 第一原理計算により求めた界面の破壊強度

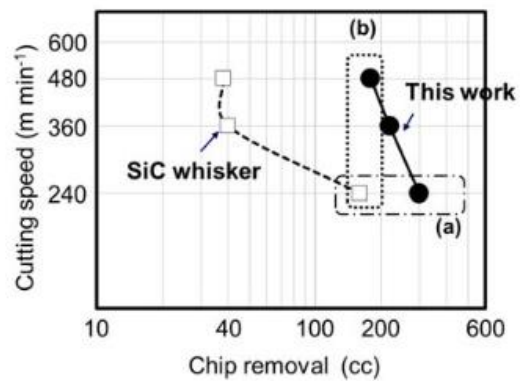


図4 切削工具性能比較

論文情報

論文タイトル: Advanced superhard composite materials with extremely improved mechanical strength by interfacial segregation of dilute dopants

雑誌名: Scientific Reports

DOI: [10.1038/s41598-020-78064-0](https://doi.org/10.1038/s41598-020-78064-0)

日本語リリース

http://www.nagoya-u.ac.jp/about-nu/public-relations/researchinfo/upload_images/20201207_engg1.pdf