

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	WC-Ni-Cr 系超硬合金の溶解機構および腐食摩耗機構に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	伊藤暢晃
Author(English)	Nobuaki Ito
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第14号, 授与年月日:2024年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:多田 英司,林 幸,村石 信二,小林 郁夫,大井 梓
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第14号, Conferred date:2024/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 材料	系 コース	申請学位（専攻分野）： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	伊藤 暢晃		審査員主査： Chief Examiner	多田 英司

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

WC-Ni-Cr 系超硬合金は、高い耐摩耗性を有していることから、海水や淡水、上下水道、化学プラントなどに多用される大型ポンプの軸受部のポンプ回転軸の摩耗を保護するスリーブ材として使用されている。ポンプでは長寿命化、交換などのメンテナンス負荷の削減が求められており、それらを満足するためには、ポンプの使用環境として想定される水処理剤や微生物が存在する酸化性環境や塩化物環境のような多様な腐食環境における WC 系超硬合金の耐環境劣化特性の向上が必要である。本論文では、WC 系超硬合金の溶解機構および腐食摩耗機構を解明し、耐食性向上指針を得るために、電気化学試験や表面分析を行い、WC 系超硬合金の溶解挙動および腐食摩耗挙動に及ぼす環境因子（pH、塩化物イオン、温度、流速および摩耗）の影響を明らかにした。

第 1 章「緒論」では、WC 系超硬合金の耐環境性についての先行研究を概括し、WC 超硬成分、バインダ合金の耐食性と腐食摩耗特性に対する未解明点を明確にするとともに、WC 系超硬合金の溶解機構および腐食摩耗機構の解明の意義を明確にし、本論文の目的と構成を示した。

第 2 章「WC-Ni-Cr 系超硬合金の溶解挙動に及ぼす pH の影響」では、種々 pH に調整した 0.6 kmol/m³ NaCl 水溶液中において、環境の酸化力を変化させながら WC-Ni-Cr 系超硬合金の分極曲線の測定と表面観察、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)による WC 系超硬合金成分の微量溶出量分析から、WC-Ni-Cr 系超硬合金の腐食挙動を調査した。WC-Ni-Cr 系超硬合金試料として、バインダに Ni-Cr-Mo 合金を利用し、WC との焼結を実施したところ、バインダ部には Ni, Cr, Mo が固溶した合金となるが、Mo の一部は WC 中に含有されることを元素分布解析によって明らかにした。この WC 系超硬合金の溶出試験の結果、酸性溶液中において、WC 部は表面に形成された WO₃ により不動態化するが、バインダ部は構成する金属成分がそれぞれ溶出し、バインダ部が選択的に溶解すること、中性環境中では WC 部の表面に WO₃ が保護皮膜として形成すること、バインダ部の Cr や Ni も不動態化すること、さらに高い酸化性環境では硬質部の W が溶出することを明らかにした。また、アルカリ環境では WC 部が低い電位域から溶解するが、バインダは表面に不動態皮膜が形成され、溶解が抑制されることを明らかにした。以上の結果と電位-pH を基づく熱力学的な考察を踏まえ、WC-Ni-Cr 系超硬合金の酸化力、pH に対する溶解モデルを提案した。

第 3 章「WC-Ni-Cr 系超硬合金の溶解挙動に及ぼす温度および塩化物イオンの影響」では、海水ポンプの中心的な環境である中性の塩化物環境における WC-Ni-Cr 系超硬合金の耐食性を評価するために、バインダレスの WC、バインダ合金を Ni-Cr-Mo 合金ならびに Ni-Cr-Co 合金を使って作製した WC-Ni-Cr 系超硬合金の分極試験と表面観察を実施し、これら超硬合金成分の溶解挙動に及ぼす温度および塩化物イオン濃度の影響を調査した。その結果、中性の塩化物環境においては、比較的酸化力が低い環境では WC 部が不動態化するが、バインダ部の耐食性が低い場合は、バインダが局部的に溶解すること、塩化物イオン濃度や温度が高くなると、より一層バインダ部の優先溶解が発生することを明らかにした。しかし、バインダ部の耐食性が優れバインダ部の局所溶解が生じない場合は、酸化性増大によって WC の溶解が促進されること、その溶解は塩化物イオン濃度には影響されないものの温度増加がその溶解速度を増大した。

第 4 章「WC-Ni-Cr 系超硬合金の溶解挙動に及ぼす流れの影響」では、WC-Ni-Cr-Mo 合金の溶解挙動におよぼす流れの影響を調査するために、流動する人工海水中における分極試験と表面分析を実施した。その結果、酸化性環境においても、WC-Ni-Cr 系超硬合金のバインダ部は不動態化し、WC 部のみが溶解することを明らかにした。さらに、WC 部の溶解速度は流速の 1/2 乗に比例することを示した。すなわち、高酸化性環境における WC の溶解速度は、WC 表面の W 酸化物厚さとその外側の溶出イオンが形成する拡散層の影響を受け、特に拡散層の影響が大きいことがわかった。

第 5 章「WC-Ni-Cr 系超硬合金の腐食摩耗挙動」では、WC-Ni-Cr-Mo 系超硬合金を用いて、電気化学試験と摩耗試験を同時に実施できる装置を用い、けい砂濃度および面圧を変化させながら分極試験を行うことで、WC-Ni-Cr 系超硬合金の腐食に及ぼす摩耗の影響について検討した。その結果、押し付け荷重およびけい砂濃度の増加により摩耗に関与するけい砂の量が多くなることで、WC 系超硬合金の表面が新生面となり、さらに常に新生面が露出した状態となることで溶解速度は一定となることが示唆された。また、溶解速度が一定の条件下では、面圧から計算された摩耗速度と溶解速度の合計が実施の減肉速度と一致することから、WC の新生面の腐食と摩耗の相互作用はほぼないことを明らかにした。

第 6 章「結論」では、本論文で得られた結果から WC 系超硬合金の耐環境劣化特性向上の指針を示し、本論文の第 1 章から第 5 章を総括した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 材料	系 コース	申請学位(専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	伊藤 暢晃		審査員主査： Chief Examiner	多田 英司

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

WC-Ni-Cr cemented carbide, which has excellent wear resistance, has been used in the bearing section of the pump, but in order to extend the service life of the pump and reduce the number of maintenance operations, it is required to improve the corrosion resistance in the operating environment. In this study, in order to clarify the dissolution mechanism and corrosion wear mechanism of WC-Ni-Cr cemented carbide and to obtain guidelines for improving corrosion resistance, electrochemical tests and surface analysis were conducted to study the effects of environmental factors (pH, chloride ions, temperature, flow rate, and wear) on the dissolution behavior and corrosion wear behavior of WC-Ni-Cr cemented carbide.

In acidic environments, the binder dissolves, and in alkaline environments, WC dissolves. In neutral chloride environments, the WC part became passivated in environments with relatively low oxidation potential, but if the corrosion resistance of the binder was low, the binder dissolved locally, and if the chloride ion concentration or temperature was high, the binder dissolved preferentially.

Electrochemical measurements were carried out in a seawater flow environment. It was found that the dissolution rate of WC in a highly oxidizing environment was affected by the thickness of the W oxide layer on the WC surface. It was suggested that a diffusion layer was formed by the eluted ions outside the layer and that the diffusion layer have a larger effect on the dissolution behavior of WC.

The corrosion-wear behavior of WC-Ni-Cr cemented carbide was investigated using a corrosion-wear tester. The increase in the pressing load and silica sand concentration, which are the wear conditions, affected the frequency of exposure of the new surface of the WC-based cemented carbide, and the dissolution rate became constant as the new surface was always exposed.

Finally, the degradation of WC-Ni-Cr cemented carbide in pump operating environments was clarified. In addition, guidelines for improving the environmental degradation resistance of WC-Ni-Cr cemented carbide were provided.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東京科学大学リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Science Tokyo Research Repository Website (T2R2).