

# 高速度工具鋼の炭化物の形態解析と制御に関する研究

福元, 志保

<https://hdl.handle.net/2324/6787566>

---

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 福元 志保

論 文 名 : 高速度工具鋼の炭化物の形態解析と制御に関する研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

高速度工具鋼は切削用工具として 1904 年に開発され、様々な目的に合わせて改良されてきた。1960 年代には切削工具に必要な硬さ、耐久性を実現させるための主要合金元素である Cr, W, V および C の性能に関する多くの研究が進み、多種の高速度工具鋼が用途や加工費用に応じて使い分けられるようになった。その発展は主に硬さを追求する方向と硬さとじん性を両立させる方向に分かれてきたが、近年の材料特性の要求はじん性と硬さを兼ね備えた組織へ変化している。本研究は、これまでの一般的な高速度工具鋼よりやや硬い 68~70HRC におけるじん性確保を目的とし、硬さを制御するための炭化物の形態および分布を評価した研究である。

第 1 章では緒論であり、高速度工具鋼に関する過去の技術的な背景、現在に至るまでの高速度工具鋼の鑄放し組織や熱間加工後の鍛伸組織における炭化物の既知の挙動について整理した。また、高速度工具鋼の鑄放し組織に含まれる共晶炭化物の形態解析と合金元素の役割について評価し、刃先の摩耗における V を多く含む MC 炭化物の役割を明らかにする系統的な研究を行うことにより、本高速度工具鋼の用途に応じた組織制御の指針を得る研究の重要性を示した。

第 2 章では、焼入れ・焼戻し後の硬さを 68~70HRC に揃えた高速度工具鋼について、共晶炭化物の濃度分布、形態および体積割合に及ぼす構成元素の影響について評価した。一般的な高速度工具鋼を鑄造した試料（以下、鑄放し試料）には、 $M_2C$ 、 $M_6C$  および MC 炭化物が分布し、Si や V 量の増加による  $M_2C$  炭化物の増加や、W や V 量の増加による  $M_6C$  や MC 炭化物の増加などの添加元素割合と構成される組織との関係を明確にした。また、凝固後の  $M_2C$  共晶炭化物の面積率は、共晶反応直上の液相組成に依存することを示した。さらに、 $M_2C$  炭化物量が増加するに従い、共晶炭化物の形態が微細な繊維、層状の組織から粗大な層状や羽毛状へ変化すると共に、共晶炭化物の層間隔が大きくなる傾向があることを明らかにした。

第 3 章では、第 2 章で示した鑄放し試料を熱処理し、種々の共晶炭化物の高温における安定性について評価した。鑄放し試料を高温保持すると  $M_2C$  炭化物は  $M_6C$  へ分解するが、一部は安定的に析出することを明らかにした。また、種々の添加元素について炭化物の形態が変化することを示し、高速度工具鋼の共晶炭化物の形態に及ぼす合金元素の影響を明確にした。

第 4 章では、高速度工具鋼製の切削工具の刃先の摩耗現象を明らかにするために、刃先の組織調査を行った。乾式切削では、刃先の表面に Fe, V および O で構成される保護酸化物が構成されていることを明らかにした。この時、Fe は切削工具と被削材から、V は刃先に含まれる V を多く含む MC 炭化物から供給される可能性を示した。MC 炭化物には刃先の耐摩耗性を向上させる V が含まれている乾式切削では、MC 炭化物表面にベラーグと呼ばれる Fe と V の酸化物が付着することを示し、さらに、この表面は電子線の入射方位が同じにも関わらず点が不明瞭になっており、一部は非晶質状態を示唆するハローパターンを示すことから、付着物は切削中では熔融されている可能

性があることを明らかにした。これらの成果から、この付着物には被削材と切削工具の間で、液体潤滑剤としての役割があることを示し、刃先の保護に有効であることを明確に示した。一方で VC 炭化物を高温で酸化させたモデル実験も行い、VC の最表層は  $V_2O_5$ 、その内部は  $V_2O_3$  および  $VO_2$  の複合酸化物を生成することを示した。さらに、乾式および湿式環境による連続切削試験を行い、MC 量の増加に伴い、いずれの条件でもすくい面の摩耗量は減少するが、湿式ではアブレシブ摩耗が主たる摩耗現象であることに対し、乾式の条件ではアブレシブ摩耗と凝着摩耗が生じるため、アブレシブ摩耗が主体の湿式よりも摩耗量が多くなることを示した。

第 5 章は総論であり、本研究の内容ならびに得られた成果をまとめて示した。