

論文内容要旨 (和文)

氏名 赤木 貞之



論文題目 高速度工具鋼 (SKH51) 焼入れ-焼戻し材の組織と機械的性質に関する研究

本論文は、高速度工具鋼の熱処理条件と各負荷形式が破壊強度に及ぼす影響を総合的に検討したものである。供試材には、SKH51 (AISI M2) を用いた。熱処理条件を変え、引張、曲げ、ねじり及び圧縮の単純負荷試験と、曲げ-ねじりの組合せ負荷試験を実施し組織と強度について検討した。また、SEM・TEM観察により破壊のメカニズムについても検討した。

本論文は下記の8章より構成されており、要旨は以下の通りである。

第1章は、序論であり、本研究の背景と目的について述べた。

第2章は、切削中の工具に作用する力と工具材料について述べた。

第3章は、高速度工具鋼は、焼入れ時の加熱温度、保持時間、冷却速度及び焼戻し時の温度によって、複雑に組織が変化するため、供試材として用いたSKH51の熱処理による組織変化について詳述した。

第4章は、SKH51の破壊強度に及ぼす負荷形式の影響を調べた。引張り、曲げ、ねじり及び圧縮試験を実施し、SEMによる破面と縦断面観察に基づき負荷形式ごとの破壊メカニズムを検討した結果を述べた。二次硬化したSKH51の破壊強度は、焼入温度が1160℃から1240℃までは曲げ強度が引張り及びねじり強度より高かった。これは、有効体積の概念によって説明される。引張りと曲げは塑性変形開始前に破壊した。破面観察の結果、破面表面には擬へき開破壊が観察され、破壊の起点は、一次炭化物であることが分かった。一方、ねじりと圧縮では塑性ひずみを生じ、破面にはディンプルが見られた。

第5章では、二次硬化したSKH51を用いて、曲げ-ねじり組合せ負荷下における強度特性について調べた結果を述べる。3章の結果で、曲げ試験では塑性変形開始前に脆性破壊したのに対し、ねじり試験では、塑性変形後に延性破壊を示した。そこで、任意の応力比 τ/σ で組合せ負荷を与えられるようにした冶具を設計・製作し、これをねじり試験機に取り付けて試験を実施した。そして、得られた試験結果を降伏・破壊曲面及び静的じん性などの観点から解析した。結果、降伏・破壊曲面はTrescaの法則より内側に存在した。また、通常の降伏曲面における塑性ひずみ増分方向の垂直性は成り立たなかった。これは、SEM・TEM観察の結果、変形に炭化物の割れやはく離が含まれるためであることが分かった。静的じん性値は、せん断応力成分の増加に伴い上昇した。破壊形式は、応力比の変化による静的じん性値と破面解析による破壊形態を基にして、脆性、脆性から延性への遷移領域、延性領域の3つの地域に分けられた。

第6章では、SEM及びTEM観察により、炭化物の破壊のメカニズムについて検討した。

SEM観察の結果、負荷角度 β により割れの発生状況は異なり、 β 角が小さい領域では垂直応力の比が大きくなるため、炭化物の割れの発生比率が多かった。炭化物の割れの起点は、炭化物の形状及び組成により異なった。溶融結合した炭化物は、異なる炭化物の界面から剥離を起こし、複雑な形状の一次炭化物は、ノッチ効果により応力集中が起きやすい箇所が起点となりやすい。また、ミクロな視点で微視的割れについて検討するため、塑性ひずみを与えた試験片から試料を切出し、TEM観察を行い、電子回折より結晶学的に微視的割れについて検討した。結果、微視的割れの方法は概ね主応力方向と直角であった。加えて、微視的割れの進展は、母相と炭化物の結晶学的方位関係に影響されることが分かった。

第7章では、固体熱物性テスターを用いて微視的割れの検出を試みた結果を述べた。測定の結果、曲げ、曲げ-ねじり組合せ負荷を受けた試験片で、熱伝導率の変化が見られた。SEM観察の結果から、微視的割れの発生量に起因して、熱伝導率は減少することが明らかになった。従って、微視的割れの発生量と熱伝導率の減少が関係付けられ、熱伝導率の変化から高速度工具鋼表面の微視的割れを検出することが可能であることが確認された。

第8章は総括である。

- (注) ① タイプ、ワープロ等を用いてください。10pt 2,000字程度(2頁以内)とします。
② 論文題目が英文の場合は、題目の下に和訳を()を付して併記してください。

学位論文の審査及び学力確認の結果の要旨

平成24年 8月 6日

理工学研究科長 殿

論文博士論文審査委員会

主査 武田 武信



副査 高橋 一郎

副査 黒田 充紀



副査 大町 竜哉



学位論文の審査及び学力確認の結果を下記の通り報告します。

記

1. 論文申請者

氏名 赤木 貞之

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記する。)

高速度工具鋼 (SKH51) 焼入れ-焼戻し材の組織と機械的性質に関する研究

3. 審査年月日

論文審査 平成24年 7月 25日 ~ 平成24年 8月 1日

論文公聴会 平成24年 8月 1日

場所 工学部4号館2Fゼミ室3

学力確認 平成24年 8月 1日

4. 学位論文の審査及び学力確認の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 学力確認 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 学力確認の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

氏名	赤木 貞之
学位論文の審査結果の要旨	
<p>本論文は、工具材料として広く用いられている高速度工具鋼について、熱処理条件と各負荷形式が破壊強度に及ぼす影響を力学的かつ組織学的に検討したものである。試験は、焼入れ-焼戻し条件を変えた材料を供試材料として、引張り、曲げ、ねじり及び圧縮の単純負荷試験と曲げ-ねじりの組合せ負荷試験を実施し、強度測定と解析を行った。また、SEM・TEM観察により破壊のメカニズムについても調べている。</p> <p>本論文は8章より構成されている。第1章では、研究の背景と目的について述べ、第2章では、切削中の工具に作用する外力を解析し、工具材料の具備条件を明示している。第3章では、高速度工具鋼は焼入れ後焼戻しによって一度軟化するが、再度硬化する二次硬化材であり、炭化物反応が焼入れ時の加熱温度、保持時間、冷却速度及び焼戻し時の温度などによってどのように変わるか調べている。第4章では、破壊強度に及ぼす負荷形式の影響を調べ、強度は曲げ、引張り、ねじりの順に低下することを見出し、SEMによる破面と縦断面観察から負荷形式による破壊メカニズムの違いを検討している。第5章では、二次硬化した高速度工具鋼の曲げ-ねじり組合せ負荷下における強度特性を測定するため、任意の応力比 τ/σ (τ:せん断応力、σ:曲げ応力) で組合せ負荷を加えられるような治具を設計・製作し、これをねじり試験機に取り付けて試験を実施した。そして、試験結果を降伏・破壊曲面及び静的じん性などの観点から解析した。二次硬化材の降伏・破壊曲面は楕円形状を呈し、静的じん性値は応力比に依存してぜい性領域、ぜい性-延性遷移領域及び延性領域の3つの領域に分けられることを明らかにした。第6章では、SEM・TEM観察により、炭化物の破壊について調べ、微視的割れの方法は概ね主応力方向に直角であること、微視的割れの進展は母相と炭化物の結晶学的方位と密接に関係することなどを解明した。第7章では、固体熱物性テスターを用いて微視的割れの検出を試み、熱伝導率の変化から高速度工具鋼表面の微視的割れを検出することが可能であることを立証した。第8章では、研究の総括と今後の課題を述べている。</p> <p>従来、高速度工具鋼に関しては工具形状と曲げ強度の関係を調べた研究が多く、組合せ負荷下で強度測定を行ったものは極めて少なかった。さらに、破壊メカニズムについても未解明であった。本論文は、力学的かつ組織学的な学問の裏付けを持って工具設計の指針を提供するものであり、工学的に高く評価できる。</p> <p>研究の成果については、学術雑誌へ2報掲載され、国内学会で3回の発表が行われている。</p> <p>以上より、本論文に関する研究及びその成果は、博士(工学)学位論文としての基準を満たしていると判断し、合格と判定した。</p>	
学力確認の結果の要旨	
<p>論文申請者は、平成23年9月に課程博士単位取得満期退学しており、すでに材料学、材料力学、塑性力学などの学力を有している。</p> <p>博士論文公聴会における質疑応答と論文博士審査委員による面談を通じて、改めて専門知識についての理解力、研究能力、語学力など、博士(工学)として必要とされる能力が確認できたので、合格と判定した。</p>	