



切削工具のぜい性損傷に関する研究

柴坂, 敏郎

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1985-06-28

(Date of Publication)

2015-04-14

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙0978

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2000978>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	しば 柴 さか 坂 とし 敏 ろう 郎 (香川県)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工博ろ第2号
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位授与の日付	昭和60年6月28日
学位論文題目	切削工具のぜい性損傷に関する研究

審 査 委 員	主査 教授	岩 田 一 明
	教授	中 川 隆 夫 教授 川 井 良 次

論 文 内 容 の 要 旨

切削加工の自動化、高能率化を進める上で問題となる切削工具のぜい性損傷を解明、予測することを目的として、破壊力学的手法に基づく解析方法を提案し、その適用に際して必要となる工具材料の破壊じん性を求め、ぜい性損傷に対する切削諸因子、工具材料の基本的影響について明らかにするとともに、実験的検討を行った。また、工具材料の破壊機構ならびにぜい性損傷機構について検討を加えた。特に、工具材料の破壊現象に対して破壊力学の適用の重要性を指摘し、本研究の目的と本論文の構成を説明した。

第1章「緒論」では、切削工具におけるぜい性損傷に対する研究の現状を概観し、問題点を抽出した。特に、工具材料の破壊現象に対して破壊力学の適用の重要性を指摘し、本研究の目的と本論文の構成を説明した。

第2章「破壊力学に基づくぜい性損傷の解析方法」では、切削工具におけるぜい性損傷に対し、工具材料がき裂あるいはき裂状欠陥に敏感であるという観点から、破壊力学的手法の適用による解析方法を提案した。本方法によると、問題とする切削条件、工具形状、工具材料特性に対して、応力拡大係数、ポテンシャルエネルギーの解放率などの破壊力学に基づく力学的環境パラメータを算出するとともに、独立の破壊じん性試験から工具材料の破壊じん性を求めることによりぜい性損傷が解析的に取扱えることを示した。

第3章「工具材料の破壊じん性の評価」では、第2章で提案した解析方法において必要となる切削工具材料の平面ひずみ破壊じん性と疲労き裂進展特性を三点曲げ試験により求めた。まず、平面ひず

み破壊じん性については、三点曲げによる値とビッカース硬さ試験時における圧痕からの裂長さの測定に基づく値とを比較検討し、実用的には後者の方法で工具形状の破壊じん性を簡便に得られることを示した。次に、従来ほとんど報告されていない工具材料の疲労き裂進展特性を求め、超硬合金では疲労き裂進展速度 da/dN と応力拡大係数の変動幅 ΔK_I とは両対数軸上で直線となり、 $da/dN = C (\Delta K_I)^m$ (C, m は定数) なる関係で表すことができ、 m 値は鉄鋼、アルミニウム合金などの材料に比べ 5～41 と大きい値を示すことを明らかにした。さらに、進展速度は同一工具材料および工具材料間においても大きな変動を示し、その変動は、供試工具材料において進展速度に関する定数 C, m の間に $C = AB^m$ (A, B は定数) なる関係で整理できることを示した。

第 4 章「ぜい性損傷の解析的検討」では、第 2 章で提案した破壊力学的手法と第 3 章での破壊じん性値を用いて、切削工具におけるぜい性損傷に及ぼす切削諸因子の影響について解析的検討結果を示した。すなわち、合成切削力方向、断続切削時における工具と被削材の接触・離脱様式、工具形状、工具材料の破壊じん性、疲労き裂進展特性などの、初期欠損の発生する安全一危険境界、欠損に起因する工具寿命に及ぼす影響を明らかにし、ぜい性損傷の観点からの切削条件、工具材料の選定を解析的に検討し得ることを示した。また、切削熱による応力拡大係数の大きさについても検討し、欠損に対し切削熱が主要因とはならないことを示した。

第 5 章「ぜい性損傷の実験的検討」では、切削工具におけるぜい性損傷について、切削実験およびき裂の発生機構のシミュレーション実験により、損傷形態および損傷機構の検討とともに、第 4 章の解析結果との比較検討を行った。すなわち、断続切削実験における機械的要因を主因とする欠損の基本的形態や工具寿命を明らかにするとともに、欠損破面の観察、押込み試験によるき裂発生挙動のシミュレーションなどから損傷機構を検討した。また、過渡的切削過程におけるぜい性損傷の発生時期を明らかにするとともに、過渡的切削機構との対応についても検討した。次に、ぜい性損傷の実験結果に対し破壊力学に基づく解析結果を初期欠損および欠損に起因する工具寿命について比較検討し、実験結果と解析結果が良い対応を示すこと、また、このことから、切削工具のぜい性損傷の破壊力学の適用による解析的取扱が可能であることを示した。

第 6 章「ぜい性損傷の予測と評価」では、切削工具におけるぜい性損傷の予測を目的として、前章までに示した破壊力学的手法に基づく解析的予測方法に対し、実験的予測方法として切削場から放出される AE 信号に基づくインプロセス検出の可能性について検討を行った。その結果、工具損傷に対応してレベルの高い AE 信号が観察され、この信号を用いて工具損傷のインプロセス検出を行うことができ、試作した NC 制御装置を用いて送り制御を行うことができることを明らかにした。一方、被削材のぜい性的な破壊、切りくずの被削材や工具への衝突などによる AE 信号が検出される場合があることから、工具材料および被削材の破壊に伴う AE 信号の大きさを明らかにし、AE 信号の大きさのみに着目した工具損傷のインプロセス検出は制約を受け、実用的には切りくず処理など他の目的のインプロセス検出パラメータとの併用が望まれることを示した。

最後に第 7 章の結論では、本研究で得られた主な成果を要約した。

論文審査の結果の要旨

生産加工システムの自動化や生産性向上を実現するには、工作機械の変革とともに、切削工具の信頼性増大が極めて重要である。本論文は切削工具の信頼性を向上させる上で、特に問題となるぜい性損傷の解明と予測を目的として、理論並びに実験の両面から検討したものである。すなわち理論面では、破壊力学的手法にもとづく解析手法を新たに提案し、続いて解析に必要な工具材料の破壊じん性の実験、解析結果と実切削試験結果との比較検討を行っている。また、ぜい性損傷のインプロセス予知の実験的方法についても検討している。

本論文は、7章から構成されており、まず、第1章において研究の背景と目的を明確にしている。

第2章では、切削工具がき裂あるいはき裂欠陥に敏感であることから、ぜい性損傷に対して破壊力学的手法の適用による解析手法を提案している。得られた基本的な解析手順は、まず、対象とする切削条件下における破壊力学パラメータを算出し、次いで、独立の破壊じん性試験により工具の破壊じん性値を求め、その後、前二者のデータよりぜい性損傷の発生する危険境界やぜい性損傷に起因する工具寿命を決定するものである。

第3章では、第2章の解析において必要となる工具の平面ひずみ破壊じん性、疲労き裂進展特性を三点曲げ試験により求めている。主な結果としては、超硬合金などの疲労き裂進展速度と応力拡大係数の変動幅とは両対数軸上で直線関係が成立することを明らかにするとともに、疲労き裂進展速度の変動の分析を行っている。また、実用工具形状での破壊じん性の簡便な測定法についても検討を加えている。

第4章では、第2章、第3章の手法とデータから切削工具の初期欠損、ぜい性損傷に起因する工具寿命などを解析し、従来の実験結果とかなりよく対応することを明らかにした後、合成切削力方向、工具形状、工具・被削材の接触・離脱様式などの諸因子の影響を考察している。すなわち(1)合成切削力方向が小さくなるに従って安全領域は減少して、工具寿命は短くなること、(2)同一合成切削力方向の場合、工具刃先で衝突あるいは離脱して集中荷重を受けるときが最も損傷を生じやすいこと、(3)工具形状ではすくい角の影響が大きいこと、(4)破壊じん性の増加により、欠損に対する安全領域は拡大し、例えばセラミック工具の安全領域は超硬合金に比べて60%も低下すること、などを明らかにしている。その結果として、ぜい性損傷を防止しうる工具材料や切削条件の選定を解析面から行いうることを示している。

第5章では、切削実験およびき裂発生シミュレーション実験を行い、欠損の基本的形態や工具寿命を明らかにするとともに、第4章で示した解析手法の妥当性を確認している。主な結果として、ぜい性損傷の発生については、切削時における工具内応力集中によって材料中の微視的な組織欠陥からき裂が発生し伝播すること、過渡的切削過程における応力拡大係数は工具と被削材の接触直後に生じ、この時期が欠損の発生時期に対応していることなどが、明らかにされている。また、初期欠損とぜい性損傷に起因する工具寿命の実験結果は解析結果と良い対応関係を示すことも確認されている。

第6章では、切削工具の信頼性向上あるいは切削加工の自動化を図る上において大きな課題である。ぜい性損傷の予知・予測に関して実験的検討を行っている。すなわち、工具欠損のインプロセス予知としてアコースティック・エミッション（A E）信号の利用について検討し、断続切削の初期に発生するチッピング、き裂、欠損などの工具損傷に対応して、レベルの高いA E信号が観察されること、この信号を用いて工具損傷のインプロセス検出を行えること、さらにA E信号を利用して送り制御を実施できることなどを求めている。

以上のように、本研究は切削工具のぜい性損傷について破壊力学的手法にもとづく解析法を提案し、それを実験によって検証するとともに、インプロセス検出法も研究したものであり、切削工具および製造工学、技術の分野について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者柴坂敏郎は工学博士の学位を得る資格があると認める。