

氏 名	星 鐵 太 郎 ほし てつ た ろう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 95 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Fundamentals of Tool Fracture in Face-Milling of Carbon Steels by Tungsten Carbide and Titanium Carbide Tools (炭素鋼の正面フライス削りにおける超硬及びサーメット工具の破損に関する基礎的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 奥 島 啓 式 教 授 会 田 俊 夫 教 授 佐 々 木 外 喜 雄

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、機械加工の中でも重要度の高いフライス加工について、その加工能率に対し最大の障碍となっている工具破損の問題をとり上げ、各種加工条件のもとで発生する工具破損の挙動を実験的に究明するとともに、それら工具破損の発生機構について機械的衝撃・熱応力および疲労などの観点から検討を加え、工具破損による困難を除くための方策を明らかにした結果について述べたもので、6章の本論と5項目の付録からなっている。

第1章ではこの研究の目的・重要性および研究方法および論文中に使用される術語の定義を述べている。

第2章はこの研究の歴史的背景を述べたもので、フライス加工技術の近年における発達と工具破損に起因する障碍について説明した後、他の研究者によるこれまでの工具破損に関連した研究を紹介している。

第3章はこの研究に使用された実験設備・被削材料・工具材料・工具設計およびその仕上げ方法を説明したものである。

第4章は実験結果を述べたもので、3部からなっている。すなわち第1部は工具破損を分類し、各種類の工具破損の特徴を理解するに必要な基礎的結果を述べており、まず破損を外観によって(1)低速で起る欠け、(2)き裂を伴わない大きい欠けおよび(3)高速で起る破損の3種に分類し、このうち前二者は初期破損であるのに対して、第3類は疲労による終期破損で、これは更に5つの型に分類されることを述べ、ついで切削条件・工具材種ならびに被削材料などの基礎的加工条件の変化に対する各破損の挙動を説明している。すなわち低速性破損はある限界速度以上の削り速度では発生せず、この限界速度は1刃当りの送りが増加すれば減少すること、き裂を伴わない大きい欠けは切込み・送りおよび削り速度が大きいときに起りやすいこと、高速性破損の中でも最もしばしば現われる3種類のものは削り速度が高いほど早期に発生し、しかも比較的高速の範囲では「すくい面から起る欠け」が、比較的低速の範囲では「逃げ面から起る欠け」が、その中間の削り速度では「すくい面と逃げ面から起る欠け」が現われやすいことを述べてい

る。更に高速性破損の他の二つの型である「割れ」と「はく離」のそれぞれ直接的な原因となっている熱き裂と潜伏き裂についてその発生と発達過程や特性を研究し、最後に炭化タングステン系工具材料内に発生した各種疲労き裂を高倍率光学顕微鏡で観察した結果、き裂は主に炭化物結晶の粒界を通過しており、その先端は結晶粒間にできる小さいき裂が連続することによって発達することを見出した。第2部は上述以外の種々の加工条件が工具破損に及ぼす影響をしらべたもので、まずカッター直径・被削材幅およびカッターと被削材の相対位置についてディスエンゲージ・アングルが工具破損に最も大きい影響を及ぼすことなどを明らかにし、つづいで工具切削の形状としてラジアルレーキ角と面取り幅の最適値は機械的な衝撃の条件により定まること、切削油の影響については特殊の場合を除いて一般にその使用は好ましくないこと、更に1個のカッターに取付ける刃数は破損による工具寿命には大きい影響を持っていないことなどを見出した。まず炭化チタン系材料の工具破損を炭化タングステン系材料の場合と比較し、前者は全般的に後者にほぼ等しい切削性能を有し、ある限られた条件では後者よりもすぐれた性能を持つことを明らかにした。第3部は断続切削に伴う工具内部の温度変化とそれによる熱応力の変化について調べたもので、フライス加工中の刃先の温度変化を種々の加工条件において測定し、その測定結果に基づいて内部の温度変化と熱応力の変化を電子計算機を用いて計算している。その結果工具の表面温度は切削開始後千分の数秒の短時間内に急激に上昇し、その後は切くず厚みの変化に応じて比較的ゆるやかに変化し、切削完了後次の切削開始までは冷却されて最低温度に達すること、この最低温度は空転時間・切削時間比および切削油の使用状況によって変化すること、このような表面の温度変化につれて工具内部の温度も振動的に変化しており、このために生ずる熱応力の周期的な変化が熱き裂を生ぜしめることが説明され、潜伏き裂の最初の発生も熱応力に起因するものと考えられると述べている。

第5章は前章において実験的に確認された事実に基づいて工具破損の機構を考察し、その防止方法を検討したものである。まず工具破損を信頼性工学の観点から論じ、初期破損・偶発破損および終期破損の三者が工具寿命に関連して持つ意義を述べた後、初期破損については工具の脆性と刃先の附着物がその主な原因であるとして刃先温度と機械的衝撃による影響を説明し、終期破損についてもその各種類にわたって疲労破損の原因を追求している。すなわち「割れ」の原因となる熱き裂については、これをひき起す熱応力の性質および機械的応力との関連性を検討し、「はく離」の原因となる潜伏き裂については熱応力が発端となって更に切削油がその成長を促進していること、すくい面あるいは逃げ面から起る欠けは機械的応力による疲労が主な原因であるとして、機械的衝撃・工具摩耗・刃先温度ならびに切削油の影響を検討している。最後に工具破損を防止して能率的なフライス加工を行うための方法を取りまとめて説明しており、その中でも特に重要なカッター直径およびカッターと被削材の相対位置の選択方法、更に工具材料と刃先形状・切削剤の選定方法を説明し、一般的原則について具体的に述べている。

第6章は以上をまとめると共に、この問題について今後研究されるべき問題を示唆したものである。

5項目の付録は本文中では結果のみが示された統計的検討・数学的解析および電子計算機による計算の詳細を述べたもので、付録1は工具寿命線図における速度指数の統計的検討、付録2は刃先温度測定装置の周波数特性を考慮した場合の測定値の補正、付録3、4、5はそれぞれ工具内部温度変化、熱応力変化および工具と被削材の接触状況の解析に対する電子計算機による計算法を述べたものである。

論文審査の結果の要旨

炭化タングステンを主成分とする超硬合金が金属切削工具材料として実用されてから既に久しく、また近年炭化チタンを主成分とするところのいわゆるサーメット工具が開発され、次第に実用化されつつある。しかしこれらの材料は、他の工具材料例えば高速度鋼などにくらべて著しくねばさにかけており、このため旋削のように衝撃のない切削には不都合なくその性能を十分に発揮できるけれども、フライス削り、特に正面フライス削りのように断続的に切削の行われる場合には刃先部に欠損を生じやすく、その使用が制限されているのが実状である。もしもこのような欠点を取り除かれるならば、フライス工具の寿命も永くなり、その加工能率も飛躍的に増加することが期待される。著者はこの現象に着目し、正面フライス工具で鋼を削るときに現われる工具破損の問題を取り上げ、その発生状況を実験的ならびに理論的に究明し、発生機構を検討して多くの注目すべき成果を得ている。

その主なものを挙げると次のごとくである。

1、正面フライス工具に発生する工具破損と切削条件の関係を求めて、工具破損には低速切削でおこる欠け、クラックを伴わない欠けおよび高速切削でおこる欠けの3種類があり、前2者は主として切削の初期に、後者は切削の終期に発生することを明らかにしたこと。

2、切削速度・送り以外に、カッター直径・被削材幅およびカッターと被削材の相対的位置の工具破損に及ぼす影響を求めて、その結果これまで正面フライス作業ではエンゲージ・アングルが重視されていたのに対し実際はディスエンゲージ・アングルの方がより重要な因子であると指摘したこと。

3、炭化チタン系工具材料でも適当な切削条件工具設計によってフライス工具としても十分使用にたえることを示したこと。

4、フライス工具刃先の温度の時間的変化の測定に成功し、その結果を用いて工具内部の熱応力を電子計算機によって計算し、切削中の工具内部応力の状況を明らかにしたこと。

5、この温度および熱応力の測定ならびに計算結果を用いて第1項に示した3種類の欠けの発生原因を究明し、熱応力および機械的衝撃の影響を論じ、初期破損については工具材料の脆性と刃先の付着物がその主な原因であり、終期破損の原因はその主なものが疲労破損であって、その破損の中で「割れ」は熱き裂、「はく離」は工具材料内の深部に発生する潜伏き裂によっておこるものであることを示し、これらの現象に対する機械的衝撃・工具摩耗・刃先温度ならびに切削油の影響を明らかにしたこと。

6、このようにして従来超硬正面フライス工具において頻発する工具破損の発生機構を解明することによって、破損の発生を軽減あるいは防止するための具体的方策を得たこと。

要するにこの論文は、炭化タングステンおよび炭化チタン系工具材料を正面フライス工具に用いたときに現われる刃先欠損について、統計学的手法を駆使して実験的・理論的に詳細な検討を加え、工具破損と各種切削条件との関連ならびにその発生機構を明らかにし、これによって工具破損防止の方法を確立し、超硬合金工具による炭素鋼のフライス削りの能率向上を可能ならしめ、フライス加工の作業条件に対し有用な指針を示したもので、学術上工業上寄与するところが多い。

よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。