

氏 名	つち や よし なり 土 屋 能 成
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1552 号
学位授与の日付	平 成 8 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 専 攻
学位論文題目	塑性加工における工具材料の焼付き挙動に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教授 島 進 教授 池内 健 教授 牧 正志

論 文 内 容 の 要 旨

塑性加工による生産を効率的に行い、高品質な製品を得るには、被加工材や加工条件に応じた工具材料と潤滑剤を適正に選択することが必要である。そのために現象解析や評価に関する多くの研究が行われている。しかし関係する要因が多く現象が複雑なこともあって、評価結果が定まらず、試行錯誤を繰り返す状況を脱しきれない現状になっている。特に工具材料や表面処理材料では、そのトライボロジー特性が材料特性だけで決まらないことから、本来の優れた性能を活用できていない状況にある。

このような背景から工具材料のトライボロジーに関する要因を明確にすることは、工学的にみて有用であるとともに実用上も価値のあることである。本論文では工具材料を有効に使用する立場からそのトライボロジー挙動を論じる。なかでも焼付き現象、特に潤滑剤が介在しなくなった時点の工具材料と被加工材間の凝着現象を取り扱う。焼付きに基づく表面損傷の発生と成長の過程ならびに焼付き現象のメカニズムを捉えて、工具材料のトライボロジー特性を明らかにしている。その内容を要約すると以下ようになる。

序論である第1章では、この分野における各種のアプローチについて調査し、それらの問題点について考察した後、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、焼付きに及ぼす網中炭化物の影響を明らかにするとともに、炭化物量を人為的に変化させたモデル型によって炭化物の焼付き防止能を検討している。すなわち熱処理によって炭化物量を変えた高速度工具網の耐摩耗、耐焼付き性を評価し、焼付きが発生するまでのすべり距離(焼付き発生距離)と炭化物量や硬さとの関係を示している。さらにフォトエッチング等によりバナジウム炭化物(以下 VC と略記)を部分的に被覆したダイスを用い、VC ストライプの間隔によって焼付き挙動が変化する状況を示す。これらから焼付きに及ぼす炭化物の影響を詳しく調べ、焼付きの発生や成長に対して炭化物の量の効果が大きいことを明らかにしている。

第3章では、炭化物量が100%になった状態が硬質皮膜処理材であると位置づけ、各種表面処理材の評価を行っている。すなわち代表的な塑性加工法をシミュレートした摩擦実験により、硬質皮膜処理材の摩

擦・焼付き挙動を他の表面処理や工具材との比較のうえ明らかにしている。まずリング圧縮試験により塑性変形中の摩擦係数を測定し、VC皮膜は高摩擦であっても焼付き特性が優れることを示している。次に、試作した連続引抜き式摩擦試験機で、すべり距離の長い加工における工具材や表面処理材の摩擦及び焼付き挙動を観察し、それぞれの特徴を明らかにしている。さらに最も過酷な成形といわれる後方せん孔押出し加工を行い、製品表面品質に及ぼす表面処理や工具表面粗さ等の影響を示し考察を加えている。

第4章では、焼付き特性に及ぼす型の表面粗さの影響について論じている。無被覆材や硬質クロムめっき材との焼付き挙動の比較から、表面粗さを $1\mu\text{m}$ 以下（最大高さで表示）のなめらかな表面にすることが皮膜本来の特性を引き出し、焼付きの抑制に対して非常に効果的であることを示している。さらに面圧や被加工材、潤滑油粘度などの影響についても言及している。

第5章では、アルミニウムのしごき加工における硬質皮膜処理材の焼付き抑制効果を述べている。この加工における凝着の発生と成長挙動を明らかにし、セラミックスや硬質表面皮膜では凝着が抑制される理由を凝着のモデルを示して説明している。

第6章では、ステンレス鋼のしごき加工における摩擦・焼付き挙動を、各種工具材料の摩擦係数変化や製品表面性状の違いから明確にしている。その中で、ステンレス鋼の機能的特性である透磁率と加工中の摩擦係数との対応について示している。第5章、第6章を通じて塑性加工中の被加工材の凝着挙動を、加工時の温度上昇に着目して工具材料と被加工材の適合性の面から論じている。

第7章では、硬質皮膜処理材の母材との密着性について、トライボロジー特性への影響の点から述べている。被覆材表面に硬球を繰り返し打撃したときの表面の損傷の進行を観察して、皮膜が剥離する過程を把握し、皮膜の種類による剥離挙動の違いや母材硬さの影響を明らかにしている。

第8章では、結論として工具材、表面処理材の観点から見たトライボロジー挙動について総括している。

論文審査の結果の要旨

塑性加工のような、潤滑剤の効果が期待できず焼付きが生じるような過酷な摩擦条件下では、工具材料のトライボロジー特性が重要な意味を持っている。本論文は、塑性加工における摩擦・焼付き挙動に及ぼす様々な要因の中から、工具鋼中の炭化物及び表面皮膜の種類、工具表面の粗さ等を取りあげ、新たに考案した試験法によって詳細な検討を加えた結果をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

- (1) 工具鋼中の炭化物が工具の耐焼付き性に大きな効果があることを示すとともに、部分的に炭化物を被覆したモデル工具を用いた実験によって、炭化物の存在により焼付きが抑制される状況を示した。
- (2) 炭化物量が100%になった状態が硬質皮膜処理材であると位置づけ、代表的な塑性加工方式をシミュレートした摩擦試験によって、硬質皮膜処理材の摩擦・焼付き挙動を他の表面処理や工具材料との比較のうえ明らかにした。
- (3) 硬質皮膜処理材の耐焼付き性に及ぼす影響因子として重要な表面粗さについては、硬質皮膜処理材の表面粗さを $1\mu\text{m}$ 以下にすることが、皮膜本来の特性を引き出し、焼付きの抑制に対して非常に効果的であることを明らかにし、さらに焼付きが抑制される理由をモデルによって説明している。
- (4) 硬質皮膜処理材を実際に工具材料として使用する場合に考慮しなければならない重要な因子である皮

膜の密着性について、開発した独自の密着性評価試験法によって、皮膜が剥離する過程を把握し、皮膜の種類による剥離挙動の違いや母材硬さの影響を明確にした。

以上の成果は塑性加工における工具材料の適正な選択基準や使用条件を明らかにし、また型の長寿命化や製品の高品質化への指針を与えるもので学術的にも実用面でも寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成8年4月18日論文内容とそれに関連する試問を行った結果、合格と認めた。