

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	土屋敦
論文題目	木材切削における窒化クロムコーティング工具の切削性能と摩耗特性に関する研究		
（論文内容の要旨） 木材の切削加工に使われる工具は、切れ刃の鋭利さとともに、実用的な加工が行える時間（工具寿命）ができるだけ長いことが求められる。これまでは、どちらかといえば工具寿命を重視する傾向があり、工具材料は高速度工具鋼から超硬合金へと移行してきた。しかし、近年では切れ刃の初期の鋭利さ（良好な切れ味）を損なうことなく、できるだけ工具寿命を延長する要求も強くなってきている。そのような中で、工具表面を窒化クロム（CrN）でコーティングした工具が超硬合金工具を上回る性能を発揮し、実用にも供されているが、この工具の特性等については必ずしも明らかにされていない。本論文は、CrN を切れ刃全面にコーティングし、その後すくい面のみを研削により除去したコーティング工具を取り上げ、木材を回転切削したときの摩耗特性と切削性能を明らかにするためにを行った一連の研究の成果を取りまとめたものであり、5 章から成る。 第 1 章では、切削抵抗が大きく、良好な仕上面が得にくい木口切削を取り上げ、超硬合金を CrN でコーティングした 2 種の工具（CrN 層の厚さが 5.5 と 11.5 μm）、コーティングなしの超硬合金および高速度工具鋼工具でホワイトオーク材の木口面を切削材長 20 m まで回転切削し、形状測定機および走査電子顕微鏡（SEM）による切れ刃の測定・観察、三次元表面粗さ測定機および SEM による仕上面の評価、さらに切削所要動力の測定などを行った。その結果、コーティング工具はコーティング層の局所的な摩耗（剥離）が生起する場合があります、刃先後退量や摩耗帯幅で評価した摩耗量はコーティングなしの工具と大きな差がないが、極めて鋭利な切れ刃（刃先の丸み半径で 1.5 μm 以下）を保持し続けること、そのため切削所要動力も常に小さく、切削材長が 20 m に達しても良好な仕上面を生成できることなどが明らかになった。 第 2 章では、切削抵抗の面から第 1 章とは対極に位置する針葉樹の縦切削を取り上げ、超硬合金を CrN でコーティングした工具（CrN 層厚さ 11.5 μm）でスプルース材の柢目面を切削材長 50 m まで回転切削し、第 1 章と同様の検討を行った。その結果、コーティング工具は、切れ刃の摩耗形態と摩耗量は第 1 章と異なるが、刃先の丸み半径が常に 2 μm 以下に保持され、仕上面性状および切削所要動力の結果と合わせて、針葉樹の切削においても良好な切削性能を示すことが明らかになった。 第 3 章では、回転切削における切屑生成機構に及ぼす切れ刃の鋭利さの影響を検討するため、第 2 章での切削によって摩耗した工具を用い、切込み量が 0 から次第に大きくなるように、スプルースの柢目面を工具の進行方向に対してわずかに傾斜させた繊維方向の平削りを低速で行い、切屑生成過程を詳細に観察した。その結果、切屑の生成過程			

は、(1)切れ刃は被削材表面に接触するが、切屑が生成されずに上滑りする、(2)切屑は生成されるが、連続した切屑とならない、(3)連続した切屑が安定して生成される三つの段階に分類できること、切れ刃が被削材表面に接触してから連続した切屑を安定して生成し始めるまでの時間（相対移動距離）は切削材長が長い工具ほど大きい、コーティング工具はコーティングなしの工具よりも早く小さな値で安定すること、連続した切屑が安定して生成され始めるときの切込量は、刃先の丸み半径と良好な直線関係を示すことなどが明らかになった。

第4章では、CrNでコーティングした高速度工具鋼製のフィンガカッタを用いてベイツ気乾材の木口面のフィンガ加工（フィンガ長さ 14.7 mm、ピッチ 3.8 mm）を切削材長 1000 m まで行い、切削の進行に伴う切れ刃の摩耗量、フィンガの仕上面（スカーフ面）性状と加工精度、フィンガで縦継ぎした材の接合効率（曲げ強度の非接合材に対する比）の変化を検討した。その結果、コーティングなしの工具は切削材長 300 m で寿命に達したが、コーティング工具は切れ刃の摩耗の進行が緩やかで、切削材長 1000 m でも仕上面性状、加工精度、接合効率は実用上問題がないこと、接合効率は刃先の丸み半径と良好な直線関係を示すことなどが明らかになった。

第5章では、家具工場でホワイトオーク材のテーブル側面の成形面取りカッタとして用いられているコーティング工具について、切れ刃の摩耗と仕上面性状を測定・評価するとともに、コーティング工具の使用によって塗装の前段処理である素地研磨が省略または簡略化できるかどうかを塗膜の剥離試験などによって検討した。その結果、コーティング工具を使用すれば、実用上の工具交換目安である切削材長 50 m に達しても、素地研磨を省略できる可能性のあることが明らかになった。

注)論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

木材は金属に比べて柔らかい材料であるため、切削加工で良好な仕上面を得るためには切れ味の良好な工具を用いる必要がある。一方、工場生産における能率の面からは切れ味を多少犠牲にしても、工具寿命をできるだけ長くすることが望まれ、工具は超硬合金などのより硬質の材料に移行してきた。そのような中で、良好な切れ味をできるだけ長く保持できる工具として、工具表面を窒化クロム (CrN) でコーティングした工具が開発され、超硬合金工具を上回る性能を発揮してきている。本論文は、このコーティング工具の切れ味を、木材を回転切削したときの工具の摩耗特性と切削性能の観点から明らかにするとともに、良好な仕上面を得るための切れ刃の条件について詳細に検討したものであり、評価すべき点は以下の通りである。

1. 切削抵抗の面で両極端にあるホワイトオーク木口面とスプルース柃目面の回転切削を行い、形状測定機などを活用した切れ刃の摩耗形態と摩耗量の測定と観察、三次元表面粗さによる仕上面の評価などの精緻な実験により、CrN でコーティングした工具は、刃先後退量や摩耗帯幅が大きくなる場合でも、刃先の丸み半径が常に小さな値 (1.5~2 μm) に保持されることに特徴があることを明らかにした。
2. 回転切削で摩耗した工具を用いて、回転切削 (上向き切削) における切屑生成を模した低速平削りを行い、切れ刃が被削材に接触してから連続した切屑を安定して生成し始めるまでの時間 (相対移動距離) は刃先の丸み半径に依存すること、連続した切屑が安定して生成され始めるときの切込量は丸み半径と良好な直線関係を示すことを明らかにした。
3. 実用的な切削条件でフィンガ加工と成形面取り加工を行い、コーティング工具は切れ刃の摩耗の進行が緩やかで、仕上面も良好であることを実証するとともに、フィンガの接合効率は刃先の丸み半径と良好な直線関係を示すこと、コーティング工具を使用すれば塗装前工程の素地研磨を省略できる可能性があることを明らかにした。

以上のように、本論文は木材の回転切削における CrN コーティング工具の摩耗特性と切削性能を明らかにするとともに、良好な仕上面を得るために必要な切れ刃の条件を明確に示したものであり、林産加工学、木材工学の発展のみならず、木材工業における実際面にも寄与するところが多い。

よって、本論文は博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成 22 年 11 月 12 日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士 (農学) の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降