

木材切削用高速度工具鋼の長寿命化（Ⅱ）^{*1}

坂之上 悦 典^{*2}

堀 井 喜 昭^{*3}

中 村 知 彦^{*2}

【要 旨】

府内の木材加工業で切刃作製のしやすさから多用されている高速度工具鋼を切刃母材に選び、切刃の熱処理条件を検討し、合わせて表面処理（ガス軟窒化処理、CrN 被覆）を行うことにより、工具寿命の長寿命化について検討を行った。その結果、ガス軟窒化処理及び CrN 被覆した切刃を用いてスギ材を切削したもののについて、切刃の磨耗減量の無いものが得られた。

1 緒 言

現在、府内の伝統工芸産業とりわけ漆器をはじめとする木材加工業は、非常に高いネームバリューを有しながらも、国内他産地や中国をはじめとする海外製品との生産性に起因する価格競争に巻き込まれ、非常に苦しい立場にある。現状の木材加工業においては製品図面の CAD 化が遅れ、旧来の手書き図面から製作者の高度な熟練技術に基づいた製作形状の読み取りが主である。そのため製品の出来上がり形状に合わせた総形刃物による切削が行われている。刃物母材を現在寿命の観点から多用されている超硬を用いて外注加工した場合、専門工場での製作となるため日数と費用がかさみ、製品のリードタイムと製作コストを上昇させる要因となっている。

そこで本研究は、昨年度に引き続き、切刃母材に製作しやすい高速度工具鋼を選び、切刃の熱処理条件を検討し更に表面処理を行うことにより、

工具寿命の長寿命化⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾について検討したので報告する。

2 実験方法

2 - 1 切刃条件および供試材

実験に用いた切刃の形状を図 1 に示す。母材は高速度工具鋼（SKH51）である。製作した切刃の種類を表 1 に示す。製作の表面処理条件としては、4 種類、すなわち焼入・焼戻しだけのもの（以下、切刃 A と記す）、焼入・焼戻しを行い更に 500 でガス軟窒化を行ったもの（以下、切刃 B と記す）、焼入・焼戻しを行い更に 520 でガス軟窒化を行ったもの（以下、切刃 C と記す）、焼入・焼戻しを行い更に IVD 法で表面に CrN 皮膜を施したものの（以下、切刃 D と記す）である。また、

材質:SKH51
単位:mm
16.5° - 53.5° - 20.0°
(逃げ角-刃先角-すくい角)

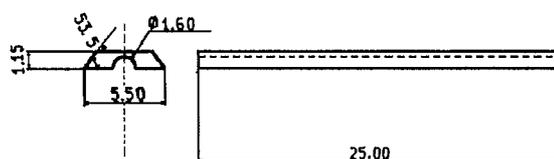


図 1 試作した切刃形状

* 1 木材加工工具刃先材料に関する研究（Ⅱ）

* 2 材料技術課 技師

* 3 材料技術課 主任研究員（現在、企画総務課主幹）

表1 切刃条件

表面処理	熱処理条件	()	表記方法	母材条件	表面処理	熱処理条件	()	表記方法	母材条件
		焼戻し温度		番号	条件	焼入条件	焼戻し温度		番号
	1180	560・550	切刃A	RUN 1	C	1180	560・550	切刃A	RUN 1
A	1180	580・550	切刃A	RUN 2	C	1180	580・550	切刃A	RUN 2
A	1180	600・500	切刃A	RUN 3	C	1180	600・500	切刃A	RUN 3
A	1200	560・550	切刃A	RUN 4	C	1200	560・550	切刃A	RUN 4
A	1200	580・550	切刃A	RUN 5	C	1200	580・550	切刃A	RUN 5
A	1200	600・550	切刃A	RUN 6	C	1200	600・550	切刃A	RUN 6
A	1220	560・550	切刃A	RUN 7	C	1220	560・550	切刃A	RUN 7
A	1220	580・550	切刃A	RUN 8	C	1220	580・550	切刃A	RUN 8
A	1220	600・550	切刃A	RUN 9	C	1220	600・550	切刃A	RUN 9
B	1180	560・550	切刃B	RUN 1	D	1180	560・550	切刃B	RUN 1
B	1180	580・550	切刃B	RUN 2	D	1180	580・550	切刃B	RUN 2
B	1180	600・500	切刃B	RUN 3	D	1180	600・500	切刃B	RUN 3
B	1200	560・550	切刃B	RUN 4	D	1200	560・550	切刃B	RUN 4
B	1200	580・550	切刃B	RUN 5	D	1200	580・550	切刃B	RUN 5
B	1200	600・550	切刃B	RUN 6	D	1200	600・550	切刃B	RUN 6
B	1220	560・550	切刃B	RUN 7	D	1220	560・550	切刃B	RUN 7
B	1220	580・550	切刃B	RUN 8	D	1220	580・550	切刃B	RUN 8
B	1220	600・550	切刃B	RUN 9	D	1220	600・550	切刃B	RUN 9

母材の熱処理条件としては9種類、すなわち、焼入温度3水準(1180、1200、1220)それぞれに焼戻し温度3水準(560、580、600)である。切刃の表記は、たとえば、焼入・焼戻しを行い更に500でガス軟窒化を行ったもので焼入温度1200、焼戻し温度580のものについては“切刃BのRUN5”とする。

供試材は、昨年同様軟材のために仕上がり表面にヒゲが発生しやすく、工業材料としての用途拡大が期待されているスギを用いた。諸元は、平均値として比重0.36、含水率7.5%、平均年輪幅3.7mm、切削面が柾目であった。

2-2 実験条件

実験を行う条件を表2に示す。切削は試作した切刃を替刃式ルータービット(兼房(株)製)に取り付けて行った。用いた実験機はNCルーター(MC

表2 切削条件

主軸回転数	18000rpm
切刃外径	10.0mm
切刃枚数	1枚
送り速度	1000mm/min
半径方向切込量	2.0mm
軸方向切込量	2.0mm

22-1型、(株)菊川鉄工所製)である。

3 実験結果及び考察

3-1 刃先の磨耗減量

各種切刃を用いてスギ材を切削したときの刃先の磨耗減量を表面粗さ計(ホームタリサーフS6、テラホブソン(株)製)を用いて計測した。1928m切削後の先端より15mm以内の平均磨耗減量について図2に示す。切刃別の硬度及びシャルピー衝撃値を図3、4に示す。

切刃Aを用いた切削の場合、いずれの熱処理条

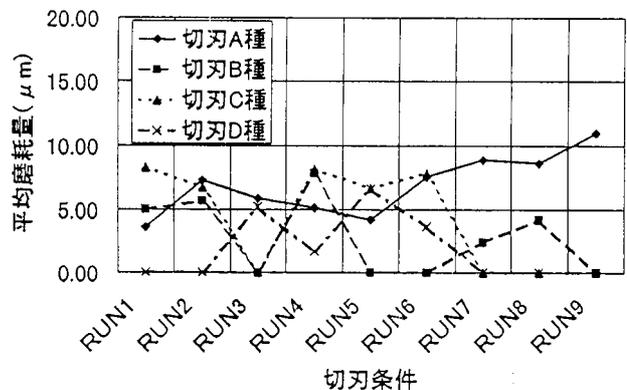


図2 1928m 切削後の切刃先端から15mm以内の平均磨耗量

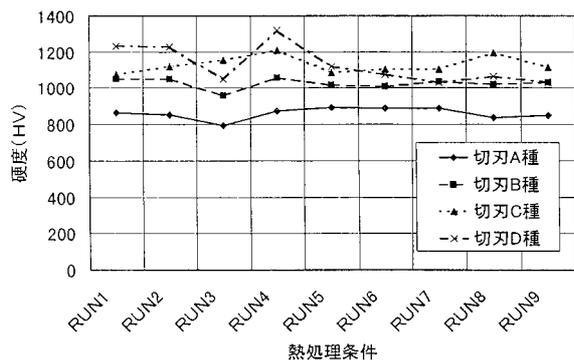


図3 切刃別の熱処理条件と硬度の関係

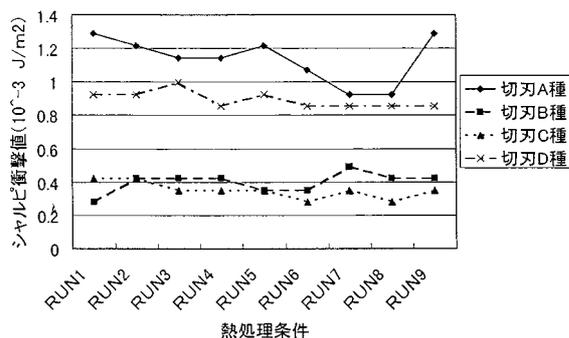


図4 切刃別の熱処理条件とシャルピー衝撃値の関係
 条件においても切刃の磨耗減量が認められる。条件の中ではRUN5の場合がもっとも磨耗減量が少ない。これは切刃Aの中では、もっとも硬度が高く、シャルピー衝撃値も大きいためと考えられる。

切刃Bにおいては、RUN3、5、6、9において切削終了後の磨耗減量が見られない。いずれの条件も、切刃について表面硬度やシャルピー衝撃値に顕著な相違が認められない。これは、表面にある硬いが脆い窒化層を支える母材の高速工具鋼に対して、靱性に富む様に熱処理を行ったため長寿命化につながったものと考えられる。RUN3、6、9の結果より、高い焼入温度で母材硬度を上昇させるより、焼戻し温度を高め(600)に設定して母材のねばさを向上させるほうが切刃の長寿命化につながる。また、RUN5、6の結果からは、同じ焼入れ温度のRUN4が切刃B中の最大磨耗減量を示していることから、同じくねばさを重視する母材の熱処理が必要と考えられる。

切刃Cにおいては、RUN3、7、8、9の切刃が切削終了後に刃先の磨耗減量が認められない。図4より、切刃Cは切刃Bよりシャルピーの衝撃値が全般的に小さいことから深くまで窒化により硬くて脆くなっているため、衝撃に弱いことが予想される。ここで、母材の焼入温度が高いRUN7、8、9で刃先の脱落が見られないのは、窒化層と母材との硬度差が少なくなったためと考える。RUN3においては、窒化処理が深部まで及び、硬度が母材に比べてHV1200程度と著しく上昇して十分に硬化したためと考えられる。

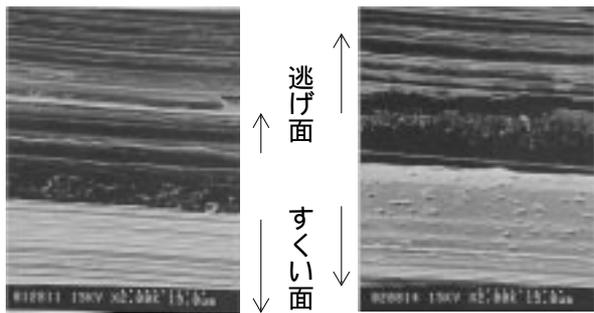
切刃Dにおいては、RUN1、2、7、8、9においては切削終了後に刃先の磨耗減量が認められなかった。これは、表面にHV1300近傍の非常に固いCrN皮膜を形成する場合RUN1、2のように焼入温度を低めに設定してねばさを重視する処理にするか、RUN7、8、9のように母材硬度を上げて表面と内部の硬度差を少なくするのが必要と考える。

3 - 2 刃先形状の変化

母材の熱処理条件におけるRUN4においてはいずれの場合も磨耗減量したが、その磨耗減量メカニズムについて検討を行う。切削距離と切刃の形状変化の写真を刃先A、B、C、Dに対して図5、6、7、8に示す。また、切刃毎の刃先の変化を図9に示す。

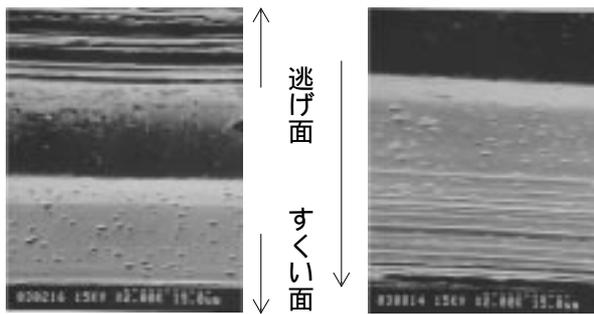
切刃Aにおいては、図5中でみられるように切削距離の増大とともにすくい面、逃げ面ともに大きく後退していく。一方、切刃B,Cにおいては、すくい面の若干の摩滅と逃げ面の脱落が認められる。切刃Dにおいては逃げ面の脱落による後退が見られる。

切削距離と平均磨耗減量の関係を図10に示す。各切刃の刃先後退のメカニズムとしては、図3に



未切削

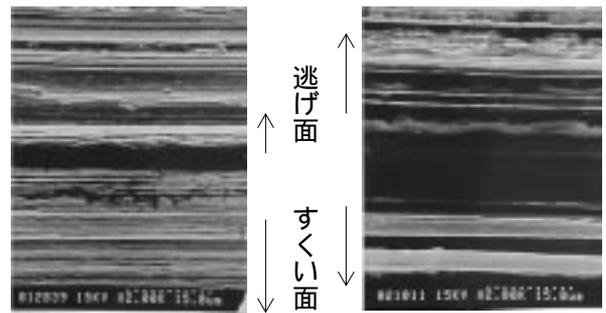
373m 切削後



1057m 切削後

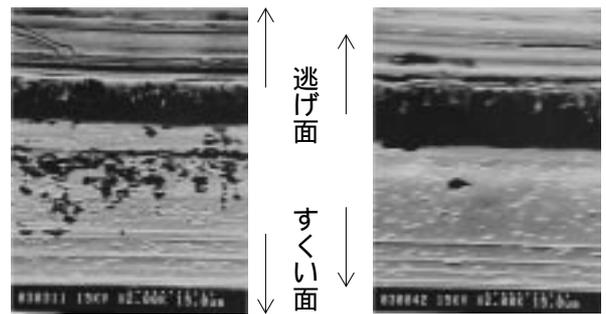
1928m 切削後

図5 切刃A種の切削距離と刃先の形状変化の関係



未切削

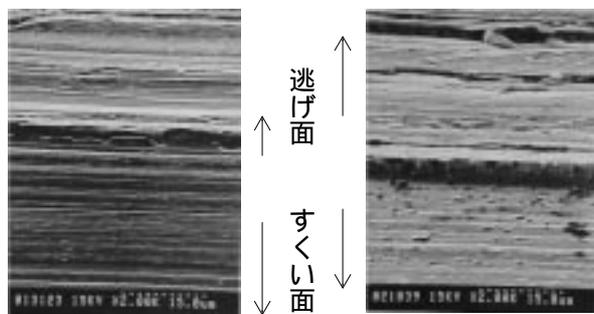
373m 切削後



1057m 切削後

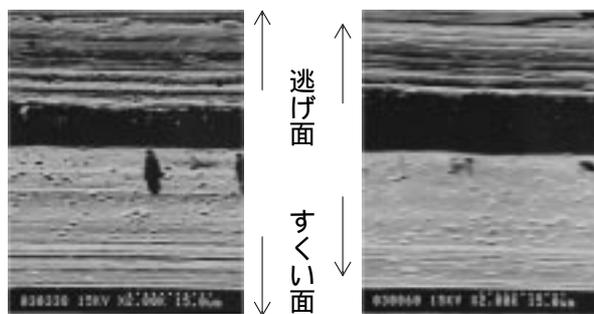
1928m 切削後

図6 切刃B種の切削距離と刃先の形状変化の関係



未切削

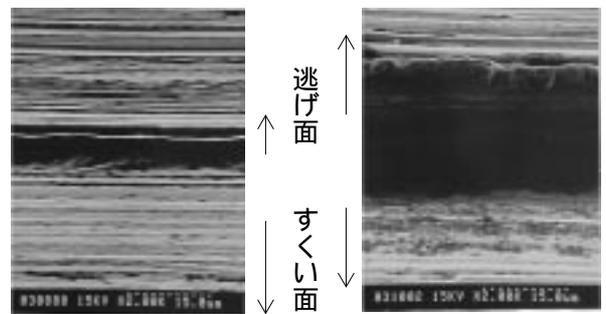
373m 切削後



1057m 切削後

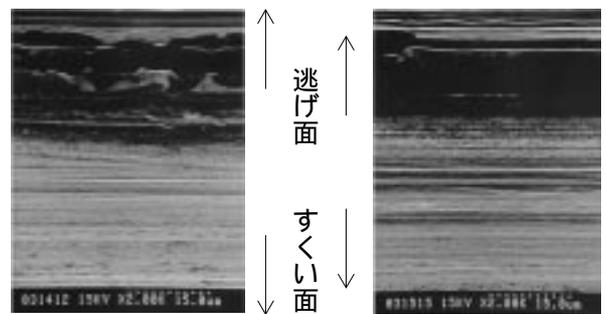
1928m 切削後

図7 切刃C種の切削距離と刃先の形状変化の関係



未切削

373m 切削後



1057m 切削後

1928m 切削後

図8 切刃D種の切削距離と刃先の形状変化の関係

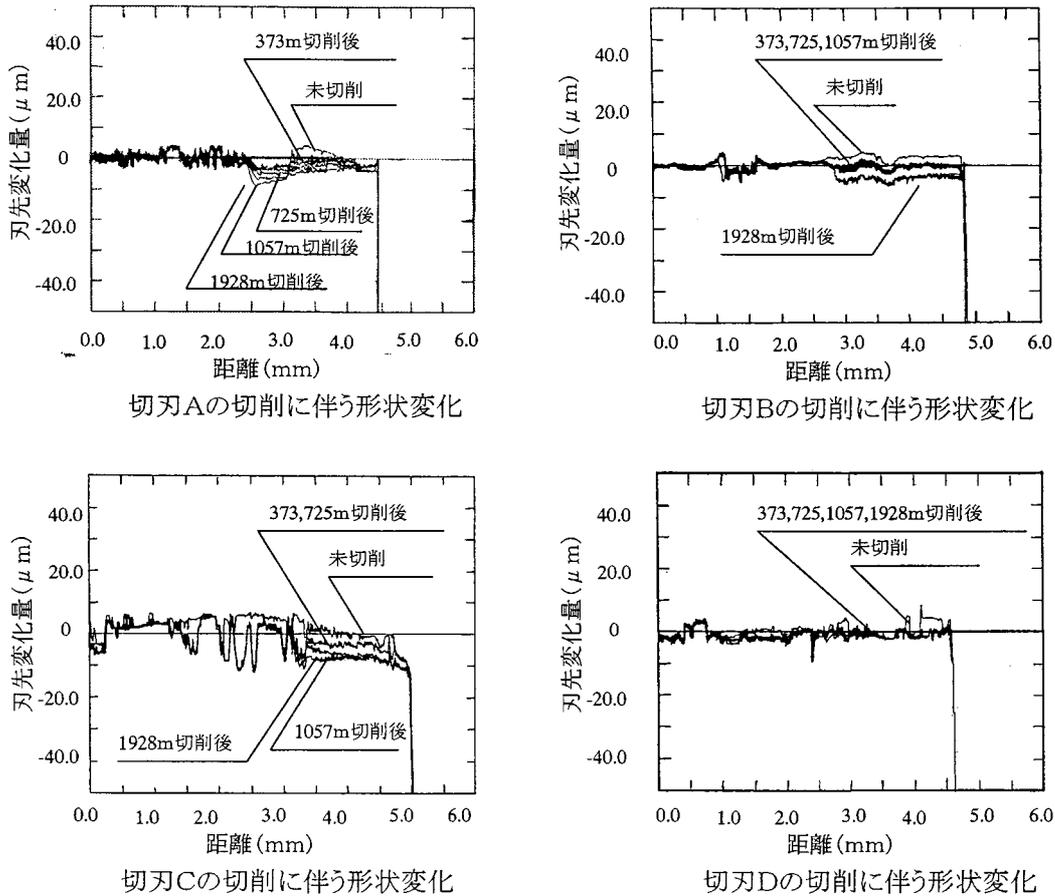


図9 切削に伴う切刃形状の変化 (RUN 4)

見られる表面硬度 (HV) が1000程度以下であれば、切削距離の増大とともに平均磨耗減量は線形的に増大し、刃先がある程度鈍化した状態になると平均磨耗減量は小さくなる。

一方、切刃 B,C の場合、表面硬度 (HV) が1000から1200の間であり図6、7からも観察されるように表面の摩滅による刃先後退は小さいと考えられる。ここで、母材のねばさが低下すると刃先後

退は切刃の振動等に起因すると考えられる脱落等により段階的に進行することになる。

切刃 D では切刃の表面硬度 (HV) が1300近傍であるため、図8にみられるように表面の摩滅による刃先後退は全くみられない。したがって、刃先の後退は切刃 B、C と同様に、母材のねばさが低下すると刃先後退は切刃の振動等に起因すると考えられる脱落等により段階的に進行することになる。

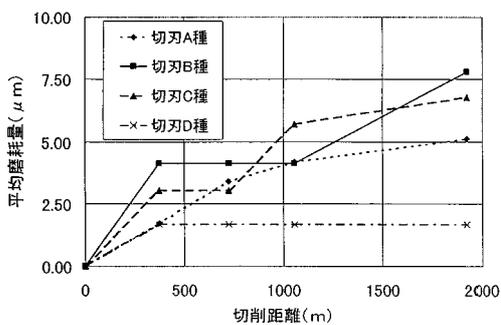


図10 切刃別の切削距離と刃先から15mm以内の平均磨耗量の関係

4 結 言

切刃母材に高速度工具鋼 (SKH51) を選び、切刃の熱処理条件を検討することにより、表面処理を施した工具でスギ材を切削した場合の切刃の長寿命化について検討した。以下に得られた結論をまとめる。

- (1) 切刃 A (焼入・焼戻しだけを行ったもの) を用いた切削の場合、いずれの熱処理条件においても、硬度 (HV) は800から900近傍、シャルピー衝撃値 (10^{-3}J/m^2) が0.9から1.3の間にあり、切削初期からの切刃磨耗減量が認められる。今回適用した条件の中では RUN 5 (焼入温度1200、焼戻し温度580・550) の場合がもっとも磨耗減量が少ない。
- (2) 切刃 B (焼入・焼戻しを行い更に500 でガス軟窒化を行ったもの) においては RUN 3 (焼入温度1180、焼戻し温度600・550)、5 (焼入温度1200、焼戻し温度580・550)、6 (焼入温度1200、焼戻し温度600・550)、9 (焼入温度1220、焼戻し温度600・550) において切削終了後の磨耗減量が見られない。
- (3) 切刃 B の結果より、硬度 (HV1000から1100近傍) の層を表面近傍に作製した場合、焼入れ温度で母材硬度を上昇させるより、焼戻し温度を高め (600) に設定して母材のねばさ向上させるほうが切刃の長寿命化につながる。
- (4) 切刃 C においては、RUN 3 (焼入温度1180、焼戻し温度600・550)、7 (焼入温度1220、焼戻し温度560・550)、8 (焼入温度1220、焼戻し温度580・550)、9 (焼入温度1220、焼戻し温度600・550) の切刃が切削終了後に刃先の磨耗減量が認められない。
- (5) 切刃 C の結果より、母材の硬度を上昇させ窒化層と母材との硬度差が少なくさせる、もしくは、切刃全体の硬度を母材に比べて HV1200 程度と著しく上昇して十分に硬化されれば切刃の長寿命化につながる。
- (6) 切刃 D においては、RUN 1 (焼入温度1180、焼戻し温度560・550)、2 (焼入温度1180、焼戻し温度580・550)、7 (焼入温度1220、焼戻し温度560・550)、8 (焼入温度1220、焼戻し温度580・550)、9 (焼入温度1220、焼戻し温度600・550) においては切削終了後に刃先の磨耗減量が認められなかった。
- (7) 切刃 D の結果より、硬度 (HV1000から1200近傍) の層を表面より作製した場合、焼入温度を低めに設定してねばさを重視する処理にするか、母材硬度を上げて表面と内部の硬度差を少なくするのが切刃の長寿命化につながる。
- (8) 切刃の刃先後退のメカニズムとしては、表面硬度 (HV) が1000程度以下であれば、切削距離の増大とともに平均磨耗減量は線形的に増大し、刃先がある程度鈍化した状態になると平均磨耗減量は小さくなる。表面硬度 (HV) が1000から1300であれば表面の摩滅による刃先後退は小さいが、母材のねばさが低下すると刃先後退は切刃の振動等に起因すると考えられる脱落等により段階的に進行することになる。

(参考文献)

- 1) 坂之上悦典他、第50回日本木材学会大会研究発表要旨集、p.158 (2000)
- 2) 盛田貴雄他、第49回日本木材学会大会研究発表要旨集、p.146 (1999)
- 3) 加藤忠太郎他、木材学会誌、Vol.36、No.8、p.615-623 (1990)