

## 針葉樹材のロータリー単板切削 第4報

## アカマツ加熱処理材について

高野 勉<sup>(1)</sup>, 木下敏幸<sup>(2)</sup>

TAKANO, Tsutomu and KINOSHITA, Nobuyuki :

Rotary Veneer Peeling of Softwoods (IV)

Heated Akamatsu wood

**要 旨** : 単板品質の向上を目指して、加熱処理したアカマツ材を用いたロータリー単板切削試験を行い、加熱条件 (50, 70, 90℃ の温・熱水に浸漬) 及び刃口水平方向間隔の条件 (90, 95, 100%) による単板品質の変化を明らかにした。単板品質として面あらさ、裏割れ深さ、裏割れ間隔を測定し、木口面において単板表面と年輪とのなす角 (年輪傾斜角) との関連で単板品質の変化を調べた。その結果、加熱処理によって逆目ばれは抑制されたが、年輪傾斜角の小さい部分で早材部の剥離や年輪界における割れが生じやすくなり、面は粗くなった。特に 70℃ 及び 90℃ の条件ではこの現象が逆目部分で著しく、極端な場合には剥離によって刃詰まりが起き、連続した切削が不可能となった。これらの剥離や割れの発生原因について、熱による木材成分の物性変化及び木材の組織構造の面から考察した。また、70℃ 及び 90℃ の条件では単板面の毛羽立ちや材の変色も観察できた。裏割れは、加熱処理によって深さと間隔が大きく減少したが、70℃ 処理と 90℃ 処理との差は小さかった。加熱処理を行わない場合には、裏割れ深さは順目部分に比べて逆目部分で深く、また、刃口水平方向間隔を狭くすると裏割れが晩材部で止まることが多かったが、加熱処理条件下ではこれらの差異は小さく、一様に浅くなっていた。

## はじめに

針葉樹のような硬い節を持つ材や高比重の材をベニヤレースで切削する場合には、材または節を軟化するための前処理として、煮沸や蒸煮処理がしばしば行われる (例えば江草, 1968; LICKESS, 1957; 森泉, 1990)。加熱処理によって材が柔らかくなり、切削抵抗の減少、単板の裏割れ深さの減少、そして面あらさの軽減が期待でき、また、節の軟化によって刃先の欠けを防ぐ効果もある。しかし、加熱条件によっては、単板面の毛羽立ちや材の変色などが生じることもあり、適切な処理条件を樹種ごとに選択する必要がある。

筆者らは、国産針葉樹材のロータリー単板切削性を明らかにする目的で、すでにスギとアカマツについて実験を行っている (高野, 1991)。その結果、材中の節によって生ずる刃物の欠けが単板面あらさの増加をもたらし、この現象が針葉樹材を単板切削の対象とする場合に大きな問題となることが明らかとなった。これを避けるためには、材を加熱処理することにより節を軟化させることが効果的であるが、前報 (高野, 1991) では、原木品質と単板歩留まりを調べるため供試原木本数が多かったため、すべて

無処理で実験を行った。アカマツについては、スライズ単板で加熱処理による単板品質の向上が報告されており（大平，1963），ロータリー単板についても単板品質の向上が期待できる。しかし，加熱処理したアカマツ材によるロータリー単板切削について，公表された実験結果はこれまでにない。従って，単板品質を低下させずに，しかも節を軟化させる適正加熱処理条件を求める必要がある。一方，スギについては他樹種に比較して早材部の比重が低いため，加熱処理による単板品質の向上が期待できない（天野，1984）。

そこで本研究では，加熱処理したアカマツ材の単板切削試験を行い，処理温度及び刃口条件によるアカマツ単板の品質の変化を調べ，その単板切削性を明らかにすることを目的とした。今回の実験では，単板品質の変化をより詳細に調べるため，切削方向に対する年輪傾斜角にも注目して，面あらさと裏割れ深さ・間隔を測定し，考察することとした。

## 1. 実験方法

実験に使用したベニヤレースは，既報（木下，1989）で使用してきたダブルスピンドル方式の外周駆動装置のない通常型のもので，単板歩出し厚さを3 mm，切削速度を約20 m/minとした。

ナイフは研削盤で20°に研磨した後，手仕上げによってすくい面側に幅約1 mmのベベルをつけて，刃先角を28°とした。刃先とノーズバー先端の距離は，刃口水平方向間隔が単板歩出し厚さに対して100，95，90%となるように変化させた。

供試原木は前報（高野，1991）と同じく長さ2 mの福島県産アカマツで，長さ約90 cmに玉切りした後，本実験に先立ち木口断面がほぼ円形になるまで剥皮をかねてベニヤレースで荒むきした。原木本数（長さ90 cm）は12本で，荒むき後の直径は24~34 cmであった。このうち9本については90，70，50℃の3条件（1条件3本ずつ供試）で温・熱水中に24時間浸漬し，加熱処理を行った。それ以外は，無処理条件として水中に貯木した。各加熱処理条件及び刃口条件について供試した原木（長さ90 cm）はそれぞれ1本である。単板切削試験は，原木を貯木槽から引き上げた後，直ちに行った。

単板はロータリークリッパーで長さ約90 cmに切断し，およそ5枚おきに各条件につき4~6枚を抜きとり，ネット式のベニヤドライヤーで乾燥した後，木口面側の端部を除去し，10（繊維方向）×6~8 cm（接線方向）の測定用試片を採った。そのなかから節や年輪の乱れのないものを各条件につき20~50枚選んで，面あらさ及び裏割れ測定用の試験片とした。

それぞれの試験片について，まず表面の面あらさを測定した。次に，裏面にスタンプインクを塗布して乾燥した後切断し，その木口断面を万能投影機によって20倍に拡大して，裏割れと年輪をトレーシングペーパーに長さ3 cmにわたって写しとり，裏割れ深さ，裏割れ間隔そして年輪傾斜角を測定した。なお，年輪傾斜角は切削方向に対する年輪の角度をいい，単板表面と年輪が平行な場合を0°とし，順目切削の場合をプラス，逆目切削の場合をマイナスとして表した（Fig. 1）。

面あらさは，触針式あらさ計によって基準長さ5 cmのプロフィールカーブを得た後，その山と谷との差の大きいものから5点を選び，それらの平均値で表した。裏割れの程度は，単板厚さに対する裏割れ深さの比，すなわち裏割れ率（%）で表した。

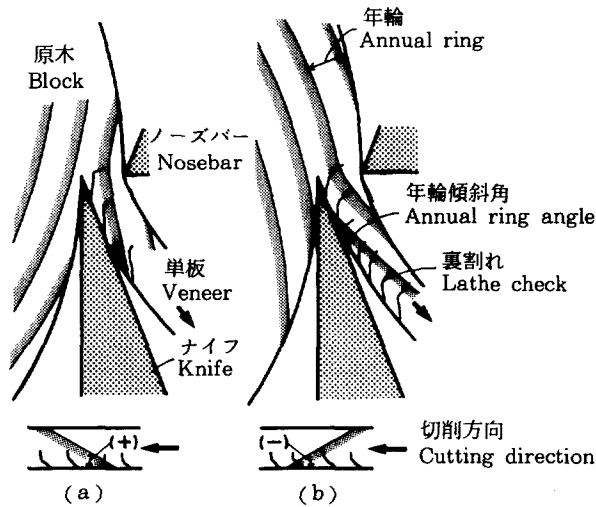


Fig. 1. 単板切削の概略図 (下: 単板木口面)  
 Schematic diagram of veneer peeling (bottom: veneer cross section).  
 (a): 順目切削 Cutting along the annual rings  
 (b): 逆目切削 Cutting against the annual rings

## 2. 結果と考察

### 2.1 面あらしの変化

Fig. 2 に、刃口水平方向間隔及び処理温度による単板面あらしの変化を、年輪傾斜角別に示す。切削方向に対する年輪傾斜角は順目方向と逆目方向に分け、それぞれを平均して表した。後に述べるように、90℃・刃口間隔 100% の条件では、連続した単板が得られなかったため、測定データはない。

順目切削部分では刃口条件による面あらしの変化は小さいが、逆目切削部分では無処理材の場合を除き、刃口間隔が 100% の条件で面あらしが大きくなった。逆目部分の面あらしは順目部分に比較して常に大きく、その変動も大きい。一般に、逆目部分では順目部分に比べて面は粗くなるが (Lutz, 1956)、この変化を年輪傾斜角について詳しくみた場合の一例を、Fig. 3 に示す。順目部分では、年輪傾斜角によらず面あらしはほぼ一定しているが、逆目部分では、年輪傾斜角の増加に従って逆目ばれのため面は粗くなり、面あらしのばらつきも大きくなっている。

一方、処理温度の上昇に伴い、面あらしはやや増加する傾向にあった (Fig. 2)。年輪傾斜角による面あらしの変化について、その結果の一例を Fig. 3 に示す。加熱温度 70℃ と 90℃ の条件で、その傾向に差異はみられなかったため、90℃ 条件については図示していない。順目部分の面あらしはばらつきが大きく、逆目部分では年輪傾斜角が 10° を越える部分の面あらしが、無処理条件と比べて著しく減

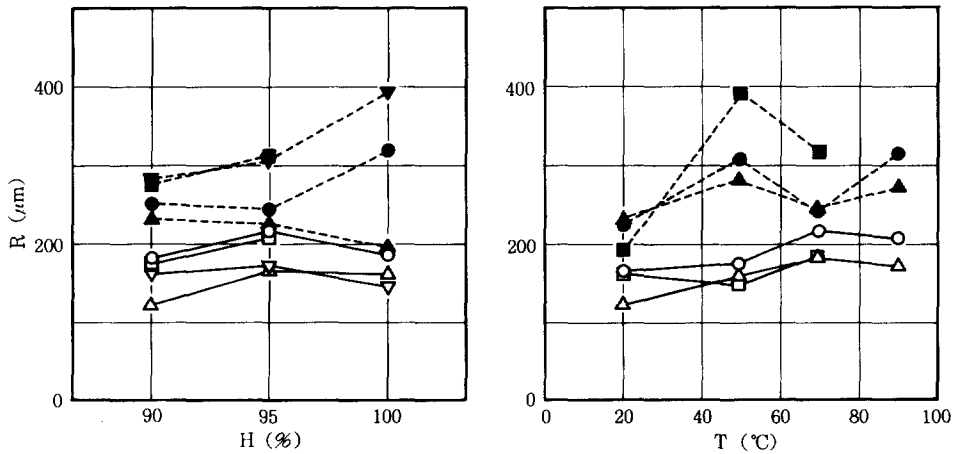


Fig. 2. 刃口水平方向間隔 (H) 及び加熱温度 (T) による面あらし (R) の変化  
The effect of horizontal bar-openings (H) and block temperatures (T) on veneer surface roughness (R).

マーク Legend	T (°C)				H (%)		
	20	50	70	90	90	95	100
順目切削 Cut along the annual rings	-△-	-▽-	-○-	-□-	-△-	-○-	-□-
逆目切削 Cut against the annual rings	-▲-	-▼-	-●-	-■-	-▲-	-●-	-■-

少している。しかし、年輪傾斜角の小さい部分では、逆に無処理条件に比較して面が粗く、このため、順目及び逆目の面あらしの平均値が、処理温度の上昇によって増加したわけである。

実際に単板面を観察したところ、次のようなことが分かった。70°C と 90°C 処理の場合、年輪傾斜角の小さい逆目部分の年輪界（晩材と次の年輪の早材との境界）に沿って材の剥離や割れがしばしばみられ、その付近の早材部が単板表面でえぐり取られていた。特に 90°C 処理の条件では、単板を貫通する大きな剥離や割れがしばしば起こり、刃口間隔が 100% の条件では、刃詰まりのため連続した切削ができず、単板を得ることができなかった。加熱処理による剥離現象については、単板表面側の割れに関連して、2.3 項で詳しく考察する。

また、面あらし測定値には影響しないが、70°C 以上の処理条件では逆目、順目を問わず年輪傾斜角の小さい部分で毛羽立ちがみられた。その程度は 90°C の条件でより大きく、仮道管が束状に単板面からむしり取られたような状態であった。

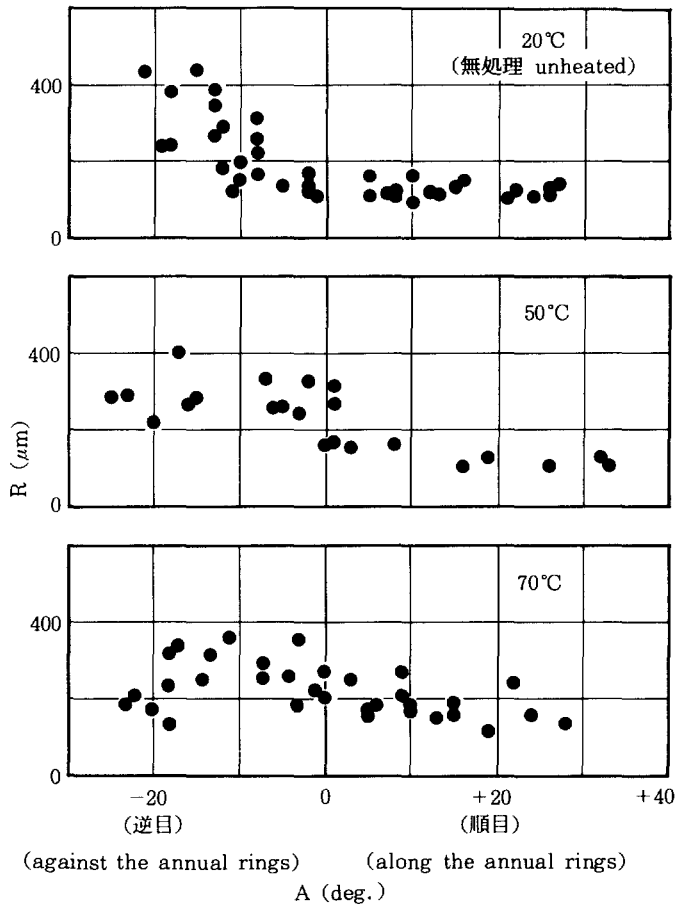


Fig. 3. 年輪傾斜角 (A) による面あらし (R) の変化  
 The effect of annual ring angle (A) on veneer surface roughness (R).  
 刃口水平方向間隔 Horizontal bar-opening : 90%

## 2.2 裏割れ深さ及び裏割れ間隔の変化

Fig. 4 及び Fig. 5 に、刃口水平方向間隔そして処理温度による裏割れ率または裏割れ間隔の変化を示す。刃口間隔の減少または処理温度の上昇に伴って、裏割れ率及び裏割れ間隔は減少した。特に加熱処理の効果は大きく、70°C 処理の裏割れ率は、無処理材を切削したときの値の3割から4割にまで減少した。それに伴い、乾燥後の単板のいわゆる腰が強くなり、あばれも大きくなった。70°C から90°C への裏割れ率の変化は、70°C 以下のそれに比べて小さく、90°C まで加熱するメリットは少ない。また、無処理から50°C への裏割れ率の減少率もあまり大きくないため、最適の処理条件は50°C と70°C の間にあると判断する。

Fig. 6 に、裏割れ深さの変化を年輪傾斜角別に調べた一例を示す。無処理の条件では順目部分で裏割れがやや浅く、年輪傾斜角の増加によってさらに減少する傾向がみられる。これに対して、加熱処理

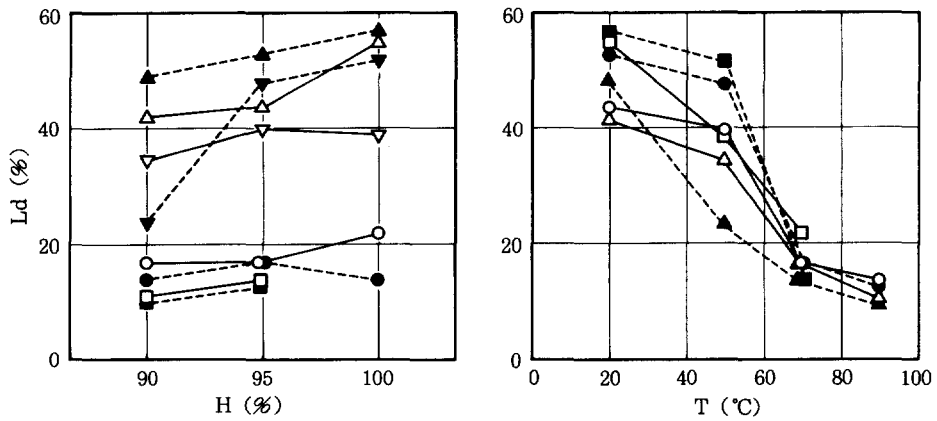


Fig. 4. 刃口水平方向間隔 (H) 及び加熱温度 (T) による裏割れ率 (Ld) の変化  
The effect of horizontal bar-openings (H) and block temperatures (T) on percentage of lathe check depth (Ld).

マーク : Fig. 2 参照 Legend : see Fig. 2

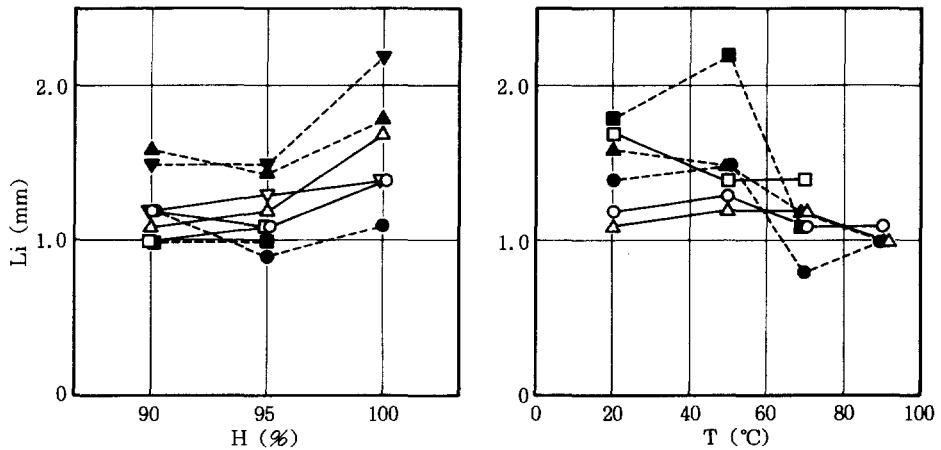


Fig. 5. 刃口水平方向間隔 (H) 及び加熱温度 (T) による裏割れ間隔 (Li) の変化  
The effect of horizontal bar-openings (H) and block temperatures (T) on lathe check interval (Li).

マーク : Fig. 2 参照 Legend : see Fig. 2

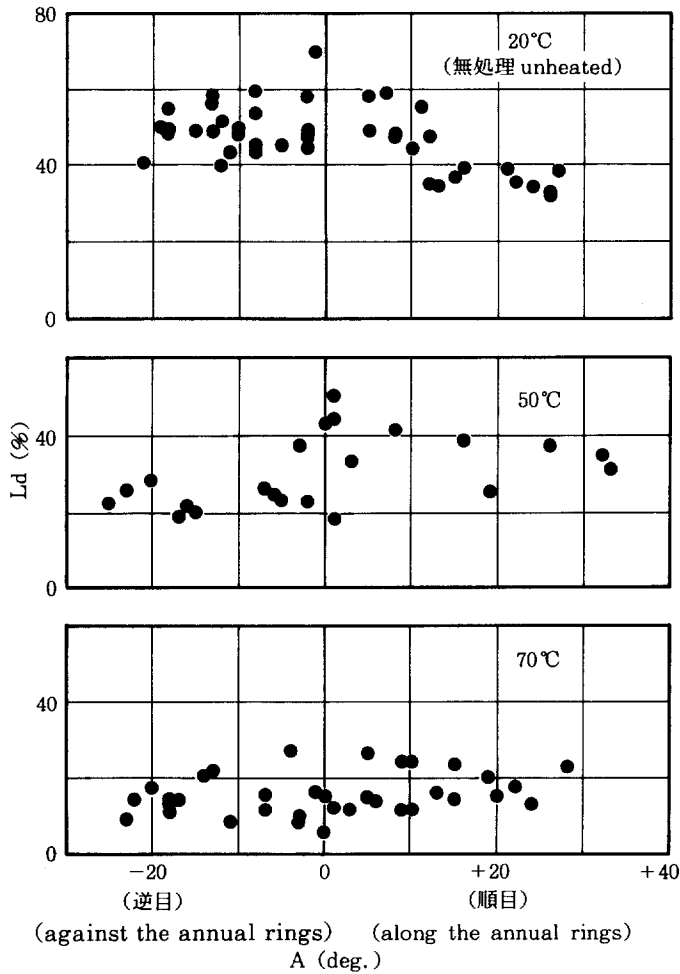


Fig. 6. 年輪傾斜角 (A) による裏割れ率 (Ld) の変化  
 The effect of annual ring angle (A) on percentage of lathe check depth (Ld).  
 刃口水平方向間隔 Horizontal bar-opening : 90%

を行うことにより順目と逆目との間の裏割れ深さの差がなくなり、処理温度の上昇によって一様に裏割れが浅くなっている。面あらしの場合と同様に、70°Cと90°C処理との間に大きな差異はみられなかった。

ところで、裏割れ深さは単板内における晩材部の位置によって影響を受け、裏割れの進行が晩材部付近で止まる傾向がある (CUMMING, 1969 ; LUTZ, 1964 ; 中村, 1984)。この現象を調べるため、Fig. 7 に示すように裏割れごとにその位置における年輪界の単板裏面からの距離を測定した。その結果の例を Fig. 8 に示す。無処理の場合には、年輪界の位置によって裏割れ深さが変化する傾向が明らかである。この傾向は刃口条件によって異なり、刃口を開いた場合には裏割れの先端が年輪界を越える

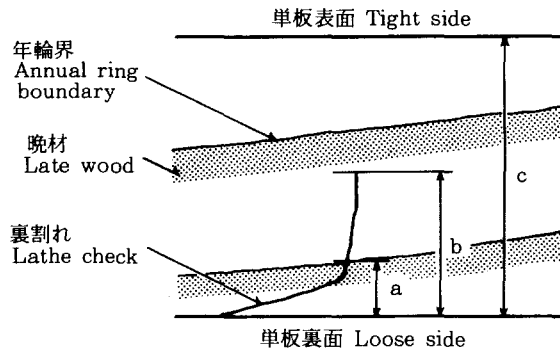


Fig. 7. 単板木口面における年輪界の位置 (a) と裏割れ深さ (b) の測定 (c: 単板厚さ)  
Schematic diagram of veneer cross section showing measuring method of lathe check depth (b) and annual ring boundary position (a) (c: veneer thickness).

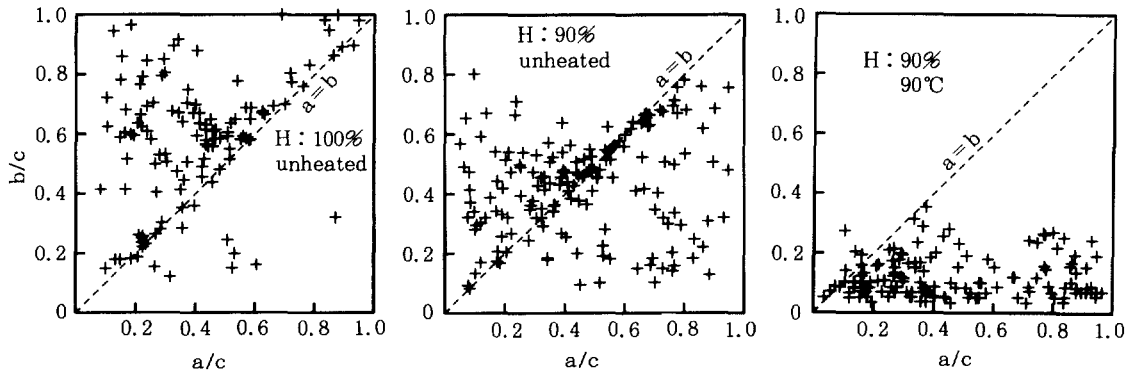


Fig. 8. 単板内の年輪界位置 (a/c) による裏割れ深さ (b/c) の変化 (両者とも単板厚さ (c) に対する比で表す。Fig. 7 参照)

Relationship between lathe check depth (b/c) and annual ring boundary position (a/c). Both were showed as a ratio to veneer thickness (c). Abbreviation as Fig. 7.

順目切削 Cutting along the annual rings

H: 対口水平方向間隔 horizontal bar-opening

ことが多いが、対口を狭くした条件では晩材付近で止まることが多かった。一方、加熱処理を行った場合には、温度の上昇に伴い、晩材位置の影響が少なくなっていった。また、順目切削部分と逆目切削部分との間で、これらの傾向に差はみられなかった。

### 2.3 その他の単板品質変化

木材を加熱処理した場合に変色が起こるが、今回の実験条件でも材の変色が観察された。50℃の条



件では変色が認められなかったが、70℃では材色が淡褐色にやや変化し、90℃の条件では変色がより明らかであった。

単板内の割れのうち裏割れについては、インクを浸透させて観察、測定したが、表側の割れについても明らかに認められる範囲内のものについて観察した。

単板内の割れは、年輪または放射組織に平行な方向に進むことが多いが、表割れは常に裏割れとほぼ直交する方向に伸びていた。単板の表割れは、70℃及び90℃加熱処理条件下において、逆目部分の年輪界でより多く、早材部の剥離を伴うことがしばしば観察できた。Lutzは、Southern pine及びDouglas-firを用い、年輪幅が広く年輪傾斜角が約7°の逆目切削の条件で過度のノーズバーによる圧縮が作用した場合に、年輪界における早材部の剥離が起きやすいことを報告している(Lutz, 1964)。しかし、今回の実験では、2.1項で述べたように、刃口水平方向間隔が100%の条件で加熱処理材を切削した場合に剥離現象が最も激しく、連続した切削ができなかった。一方、90%及び95%の刃口条件では、連続した切削が可能であった。従って、この剥離現象はノーズバーの圧縮によって生じたものではなく、加熱によって早材部が柔らかくなったために、刃先によって早材部が切断されることなく圧縮破壊された結果であり、逆に、適度なノーズバーの圧縮は、この現象を防ぐ効果があると判断する。Fig. 1を見て分かるように、順目切削の場合には、早材部が刃先によって圧縮されても晩材部に押し付けられるため、年輪界に割れを生じることはないが、逆目切削の場合には、逆に早材部が晩材部から引きはがされやすく、年輪界に沿った早材部の剥離が起きやすい。

次に、加熱による木材の物性変化を細胞レベルで考えることにより、年輪界に割れが生じやすい理由を考察してみる。木材は加熱することで軟化するが、軟化する温度は木材を構成する化学成分によって異なっており、飽水条件下ではリグニン及びヘミセルロースは100℃以下で容易に軟化する(GORING, 1963)。また、木材の主要化学成分であるセルロース、ヘミセルロース、そしてリグニンの構成比は、木材の細胞壁を構成する壁層によって異なる。すなわち、細胞間層及びそれに接する1次壁・2次壁外層ではリグニンとヘミセルロースの割合が大きく(PANSHIN, 1964)、ほかの層に比べて加熱処理によって軟化しやすいため、仮道管相互の結合力が弱まることが予想できる。さらに、針葉樹材では仮道管が放射方向に整然と配列しているため、細胞間層も放射方向に連なることとなり、木材が軟化した状態では細胞間層に沿って放射方向に破壊が起きやすくなる(KORAN, 1967)。一方、接線方向ではふつう仮道管が配列することはないが、唯一、年輪界では細胞間層が接線方向に連なっており、同様に軟化された状態では破壊しやすい(KORAN, 1968)。また、早・晩材間における変形挙動の違いのため、早材部が接線方向の力を受けた場合、年輪界近傍の早材部に強いせん断力が作用することが予想できる。このため、加熱処理をした原木を単板切削する場合には、年輪界に割れや早材部の剥離が起きやすくなり、2.1項で述べたように、極端な場合には刃詰まりや年輪界における単板の分離を起こすものと推論する。

もちろん、加熱による物性の変化は樹種によって様々であり(佐藤, 1990)、最適な処理条件もそれに伴って変化する。細胞壁を構成する各壁層の厚さとその化学組成や木材繊維の配列などが変化するならば、適切な加熱条件や切削条件も変化する。アカマツの場合には、加熱温度を70℃以下で、刃口水平方向間隔は100%より狭くすることによって、割れの少ない単板を得ることができる。

## ま と め

加熱処理したアカマツ材を用いてロータリー単板切削試験を行い、実験条件による単板品質の変化を調べた。結果をまとめると次のとおりである。

(1) 加熱処理による面あらしの変化は、切削方向に対する年輪傾斜角によってその傾向が異なっていた。加熱処理をして刃口水平方向間隔の狭い条件で切削すると、逆目ばれを抑制する効果が大きかった。しかし、年輪傾斜角の小さい部分では加熱によって早材部の剥離が起きやすく、逆に面あらしは増加した。

(2) 裏割れは加熱処理によって深さと間隔が大きく減少したが、70℃処理と90℃処理との差は小さかった。また、無処理から50℃への裏割れ深さの減少率もあまり大きくなかった。加熱処理をしない場合には、裏割れ深さは順目部分に比べて逆目部分で深く、また、刃口を狭くすると裏割れが晩材部で止まることが多くなった。

(3) 加熱温度が70℃及び90℃の条件では、単板表面側の割れが多く、年輪界に沿った剥離現象が逆目部分で起きた。極端な場合には刃詰まりや単板の分離によって、連続した切削が不可能であった。また、70℃及び90℃の条件では、単板面の毛羽立ち及び材の変色も観察されるため、加熱温度は70℃以下が望ましい。

以上の結果から総合的に判断すると、アカマツ材のロータリー単板切削は、原木の加熱温度は50℃と70℃の間で、刃口水平方向間隔は95～90%またはそれ以下の条件で行う必要がある。

本研究では、単板品質に及ぼす年輪傾斜角の影響が非常に大きいことを示した。従って、切削条件や原木処理条件などによる単板品質の変化を調べる際には、年輪傾斜角に十分留意する必要があることが明らかになった。

## 引 用 文 献

- 天野良一：スギ間伐材による LVL の製造（第1報）、木材と技術、57、17～20（1984）
- CUMMING, J.D. *et al.* : Rotary veneer cutting characteristics of young-growth redwood, *For. Prod.J.*, **19** (11), 26-30 (1968)
- 江草義正：カリマンタン産13樹種の単板切削、林試研報、218、236～265（1968）
- GORING, I. : Thermal softening of lignin, hemicellulose and cellulose, *Pulp Paper Mag. Can.*, **64** (12), 517-527 (1963)
- 木下敏幸ほか：針葉樹材のロータリー単板切削 第1報、森林総研研報、356、63～86（1989）
- KORAN, Z. : Electron microscopy of radial tracheid surfaces of black spruce separated by tensile failure at various temperatures, *Tappi*, **50** (2), 60-67 (1967)
- KORAN, Z. : Electron microscopy of tangential tracheid surfaces of black spruce produced by tensile failure at various temperatures, *Svensk Papperstidning*, **71** (17), 567-576 (1968)
- LICKESS, C.W. : The merits of steaming Douglas-fir veneer blocks, *For. Prod. J.*, **7** (7), 23 A-25 A (1957)

- LUTZ, J.F. : Effect of wood-structure orientation on smoothness of knife-cut veneers, *ibid*, **6** (11), 464-468 (1956)
- LUTZ, J.F. : How growth rate affects properties of softwood veneer, *ibid*, **14** (3), 97-102 (1964)
- 森泉 周ほか：針葉樹材の単板切削試験(第1報), 林産試場報, **4** (3), 13~21 (1990)
- 中村徳孫ほか：スギ材のロータリー単板切削の問題点, 日林九支研論集, **37**, 229~230 (1984)
- 大平 裕：スライサーによる単板切削の研究, 林試研報, **153**, 41~72 (1963)
- PANSHIN, A.J. *et al.* : Textbook of Wood Technology, McGraw-Hill Book Co., p. 91 (1964)
- 佐藤快信ほか：飽水材の熱による曲げ変形特性の変化率と構造因子との関係, 木材誌, **36** (12) 1027~1034 (1990)
- 高野 勉ほか：針葉樹材のロータリー単板切削 第3報, 森林総研研報, **361**, 17~35 (1991)

## Rotary Veneer Peeling of Softwoods (IV) Heated Akamatsu wood

TAKANO, Tsutomu<sup>(1)</sup> and KINOSHITA, Nobuyuki<sup>(2)</sup>

### Summary

A veneer peeling test was conducted for heated Akamatsu (*Pinus densiflora*) blocks soaked in hot water of 50°C, 70°C and 90°C with a conventional veneer lathe in order to investigate the effect of heating temperatures and horizontal bar-openings, 90%, 95% or 100%, on veneer quality, compared with blocks soaked in cold water. Veneer surface roughness, lathe check depth and lathe check interval were measured, and their changes were examined in relation to the annual ring angle to veneer surface in the veneer cross section.

(1) As block temperature rose, veneer surface roughness varied differently depending on the annual ring angles. The surface of veneer cut against the annual rings was smoother with heated blocks at a narrow bar-opening, while the veneer surface was rough with a small annual ring angle with heated blocks, which caused the separation of earlywood fragments from the veneer surface.

(2) Heating of blocks produced a decrease of lathe check depth and lathe check interval, and their difference between heating conditions of 70°C and 90°C was small. Without the heating of blocks, lathe checks when cutting along the annual rings were shallower than those when cutting against the annual rings, and the tips of lathe checks tended to stop around latewood at a narrow bar-opening with unheated blocks. There is, however, almost no difference in lathe check depth between various annual ring angles with heated blocks.

(3) At the temperatures of 70°C and 90°C, the checks on the tight side of veneer and the veneer separation could be often found along annual ring borders when cutting against the annual rings. When the checks and the separation were severe, continuous peeling was impossible due to the plug-up between the knife and the nosebar or veneer separation along the annual ring border. The reasons for this occurrence of checks and the separation along the annual ring border in heated block peeling were discussed in relation to wood anatomical structure and property changes of wood chemical components by heating. At the heating temperatures of 70°C and 90°C, fuzzy grain and discoloration of the veneer surface were also observed.

---

Received June 20, 1991

(1) (2) Wood Technology Division