

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20360331

研究課題名(和文) 塑性加工の手法による木材のニヤネットシェイプ成形技術開発

研究課題名(英文) Development of molding technology by technique of plasticity processing of wood

研究代表者

高倉 章雄 (TAKAKURA NORIO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：40163183

研究成果の概要(和文)：低環境負荷・循環型材料である木材のみを素材とした塑性加工の手法による複雑形状製品の成形技術の開発を行った。密閉金型を用い、木材の水分を保持した状態で加熱・圧縮することによって、木材は良好な流動性を示し、金型内に充填後、固形化した成形体が得られることを明らかにした。得られた成形体の密度は約 1.35g/cm^3 、ビッカース硬さ約 20Hv を示した。また、木材のみの射出成形による加工が可能であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The development of the molding technology by the technique of the plasticity processing of the wood which was low environmental load and recycling materials was carried out. The wood including the water showed good fluidity by compressing it with heating in a sealing up die. And the wood filled it in a die, and the product which solidified was provided. The density and the Vickers hardness of products were approximately 1.35 g/cm^3 and about 20Hv. In addition, possibility of the processing by the injection molding for wood was shown.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2008年度 | 2,900,000 | 870,000 | 3,770,000 |
| 2009年度 | 4,600,000 | 1,380,000 | 5,980,000 |
| 2010年度 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 10,000,000 | 3,000,000 | 13,000,000 |

研究分野：塑性工学

科研費の分科・細目：材料工学 ・ 材料加工・処理

キーワード：材料加工・処理、塑性加工、環境材料、バイオマス、廃棄物再資源化

1. 研究開始当初の背景

鉱物や化石燃料等の埋蔵資源は年々減少し、枯渇の危機が近づいている。また、これらを原料とする材料や製品はその使用・廃棄段階において、今日の深刻な環境問題(CO₂、有毒ガスの発生、処分場等)の一因となっている。

一方、樹木は光合成によって二酸化炭素

を固定化しつつ成長し、また廃棄段階では最終的に二酸化炭素と水に分解する。また、樹木の光合成は若木の段階で特に活発であり、老木になると光合成が衰えることが知られている。したがって、樹木は計画的な伐採と植林を行えば、森林資源・環境を保全しつつ再生産が可能な資源であり、将来、循環型低環境負荷材料としてますます

す需要度が増すと考えられる。しかし、樹木が木材として使用できる寸法に成長するには長い年月を要するという「生産性の問題」や、金属材料のように任意の形状に加工（変形加工）しにくいといった「加工性の問題」を抱えている。これらの問題点を改善する方法として、木材を単板・チップ・ファイバー状などの小さな要素に細分化して、これを接着・再構成する技術開発が進んでおり、これらの木質材料は、エンジニアウッドと呼ばれ建材などの用途に幅広く使用されている。しかし、これらの材料は固形化の際に石油系の接着剤を使用しているため、廃棄の際の環境汚染およびリサイクル性の問題が依然として残ったままである。

2. 研究の目的

申請者らは、これまでに接着剤等を一切使用せずに木材粉末のみを適切な条件下（木材粉末の水分量、温度、成形圧力）で圧粉成形を行うことによって、木材の構成物質であるリグニンが接着剤の役割を果たし良好な固形化成形品の製造が可能であることを明らかにしてきた。また、押し出し加工実験においては、木材粉末が良好な流動性を示すこと、および、この流動性を利用したホットプレス加工により複雑な形状製品（密度、硬さともほぼ均一）を成形できることを明らかにしてきた。

この木材粉末のみの成形において、コンテナ内の木材粉末は、粉末自体が軟化して良好な流動性を示し、金型内に充填され、その後固形化される。このことは、コンテナ内にブロック状の木材を直接挿入すれば、コンテナ内の木材は破壊（粉砕）されて粉末と同様の流動性を有し、金型に充填した後に再固形化するものと考えられる。すなわち、ブロック状の木材の塑性加工（鍛造、押し出し加工、射出成形等）による大変形加工が可能であることを示唆している。

そこで、本研究では、木材の成形加工における加工条件、すなわち軟化および破壊（粉砕）状態、そして、その後の流動・固形化のメカニズムを解明すると共に、木材の塑性加工の手法による複雑形状製品の成形技術を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実験材料

本研究では実験材料としてバルク状態のスギ材を用いた。木材は異方性を有するため杉材バルクは加圧方向に対して繊維方向

が垂直になるものと、平行になるものの2種類に切り出した。

(2) 実験装置および方法

流動性・固形化評価に使用した成形金型を図1に示す。

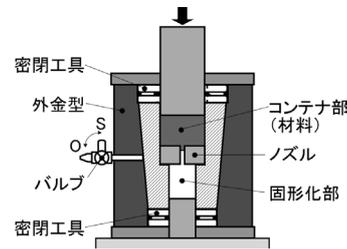


図1 流動性・固形化評装置の概略

実験手順は、まず、水分量を調整した木材バルクをコンテナ部に入れ、バルブを閉栓し、密閉状態にして金型を加熱する。金型が所定の成形温度に達してから、ポンチ圧力の負荷を行い、所定の成形圧力に達した時点でバルブを開栓し金型内の蒸気を排水する。その後、ポンチ位置を保ったまま金型を冷却し、固形化部の成形体を取り出す。

この成形過程において、素材がノズル部を流動する際の流動挙動および得られた成形体の密度、硬さ、耐水性を調査した。

なお、複雑形状製品としては、図2に示すカップ形状の金型を図1の外金型内に設置して成形を行った。



図2 カップ形状製品の金型の概略

4. 研究成果

(1) 木材の流動性・固形化の評価

図1に示す装置を使用して、成形温度を、室温～180℃に変化させた場合のポンチ面圧—ストロークの挙動を図3示す。成形条件は、成形圧力 130MPa、含水率 50%、ノズル径 10mm、ノズル長さ 20mmである。

図3に示すように、室温では、ストロークが小さい時点でポンチ圧力が 120MPa に達し、素材はノズル部を流動しない。一方、その他の温度では、ポンチ圧力がほぼ一定の状態ですトロークが進行し、素材がノズル部を流動する。また、成形温度が高い条件程、低いポンチ圧力でストロークが進行し、流動性が良くなる。なお、成形温度が 145℃以上の条件では、素材が固形化部に充填し、固形化した成形体を得られた。

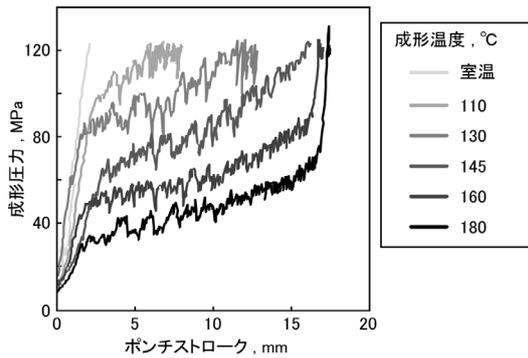


図3 ポンチ面圧に対する温度の影響

図4に、成形体の密度と成形温度の関係を示す。成形温度145°C以上の条件において密度約1.35g/cm³の成形体を得られた。また、金型へ挿入する木材の繊維方向の違いによる影響はほとんど見られなかった。なお、成形温度が200°C以上では、熱分解によるひび割れ・破損が生じた。

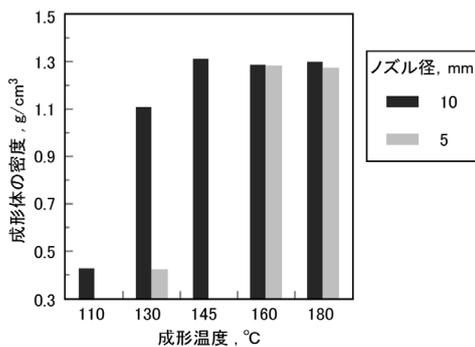


図4 成形体の密度と成形温度の関係

図5に、ノズル径を2、5、10mmに変化させた場合のポンチ面圧-ストロークの挙動を示す。成形条件は、成形温度180°C、成形圧力130MPa、水分量50%、ノズル長さ20mmである。図に示すように、ノズル径が小さくなるほど、素材がノズルを流動するポンチ面圧は大きくなる。なお、ノズル長さ(10、20mm)の違いによるポンチ面圧-スト

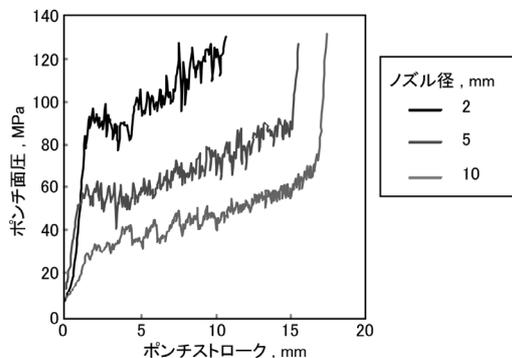


図5 ポンチ面圧に対するノズル径の影響

ローク挙動および成形体の密度、形状への影響はほとんど見られなかった。

図6に、素材の水分量を変化させた場合のポンチ面圧-ストロークの挙動を示す。成形条件は、成形温180°C、成形圧力130MPa、ノズル径10mm、ノズル長さ20mmである。

ポンチ面圧は、素材の水分量が多いほど小さくなる。しかし、水分量が32%以上になると素材が流動する面圧はほぼ等しくなる。なお、水分量16%以上の条件では、十分に固形化した成形体を得られたが、7%では十分に固形化しなかった。

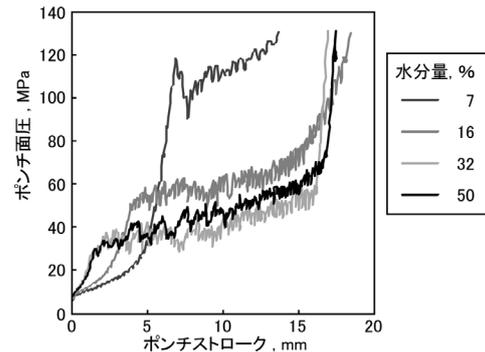


図6 ポンチ面圧に対する水分量の影響

成形体の形状固定性評価に一例として、成形圧力130MPa、成形温度180°C、水分量50%、ノズル径5mmの加工条件での成形体に対して、30分間の射出試験を行った結果を図7に示す。図に示すように、成形体の煮沸前後での形状変化がほとんど見られず、成形体は良好な耐水性および形状固定性を有していることが確かめられた。なお、この成形体の密度は1.3g/cm³、および平均ビッカース硬さは約20Hvであった。



図7 成形体の煮沸試験

(2) 複雑形状製品の成形

図2に示したカップ形状の金型を使用して、ノズル径を2、5、10mmに変化させて成形を行った。成形品例を図8に示す。また、成形過程におけるポンチ面圧-ストロークの挙動を図9に示す。成形条件は、成形温度180°C、成形圧力200MPa、水分量40%である。なお、図には水分量を気乾状態(素材を大気中で乾燥)にした素材結果も示している。

図に示すように、いずれのノズル径においても金型の隅々まで素材が良好に充填し

た成形品が得られた。なお、ポンチ面圧はノズル径が小さいほど大きくなる。一方、素材の水分量が少ない（気乾状態）では、金型に素材が充填しなかった。



図 8 カップ形状の成形品例

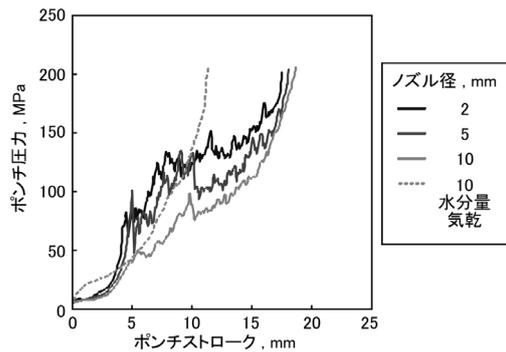


図 9 カップ形状成形におけるポンチ面圧とストロークの関係

図 10 に、ノズル径 2mm の成形条件において、成形圧力 200MPa に達するまでのストローク 5mm 毎の成形体の様子を示す。ストローク 5mm においてノズルからバイオマスが射出を開始しており、10mm において素材が成形金型の軸部、土台部に充填し、次にカップ部へ流動され、15mm においてカップ部の先端付近まで充填され、17mm までストロークが進行したところで、成形圧力が 200MPa に達し、素材は金型内に完全に充填した。



図 10 素材の金型への充填の様子

図 11 に、成形温度 180℃、成形圧力 200MPa、水分量 40%、ノズル径 2mm の条件で得られた成形体の 24 時間浸水後の写真を示す。図に示すように、成形体は 24 時間の浸水においてもほとんど形状変化が見られず良好な耐水性と形状固定性が確認できた。

また、アルキメデスの原理を利用して求めた成形体の密度は 1.35g/cm³、また、平均ビッカース硬さは、18.6Hv であった。なお、

軸部のビッカース硬さは土台部や容器部に比べてやや低い値であった。



図 11 24 時間浸水後の成形体の様子

(3)まとめ

密閉金型を用いて、木材のみを適切な成形条件（水分量、成形温度、成形圧力等）で加工することによって、木材は良好な流動性を示し、金型内の隅々に充填後、高密度に固形化した複雑形状の成形品が得られることが明らかとなった。得られた成形体は、24 時間の浸水に対する耐水性を有し、また、密度は約 1.35g/cm³、ビッカース硬さ約 20Hv を示した。この以上ことから、木材のみの塑性加工による複雑形状製品の製造が可能であること、ならびに射出成形による木材の加工が可能であることが明らかにされた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 9 件）

- ① 松浦規夫、成田昌示、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、未利用バイオマスの高密度固形体の成形、第 61 回塑性加工連合講演会講演論文集、査読無、2010、147-148.
- ② 成田昌示、野田昌吾、松浦規夫、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、バイオマスの射出成形による複雑形状容器の成形、第 61 回塑性加工連合講演会講演論文集、査読無、2010、145-146.
- ③ 成田昌示、松浦規夫、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、未利用バイオマスのホットプレス成形-流動性と形状固定性-、平成 22 年度塑性加工春季講演会講演論文集、査読無、2010、309-310.
- ④ 成田昌示、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、密閉金型を用いた木材のホットプレス成形-流動性と形状固定性-、第 60 回塑性加工連合講演会講演論文集、査読無、2009、217-218.
- ⑤ 大畑剛、成田昌示、畑中伸夫、飯塚高志、高倉章雄、密閉金型を用いた木材のホットプレス成形-固形化に対する背圧の影響-、第 60 回塑性加工連合講演会講演論文集、査読無、2009、309-310.

- ⑥ 倉松竜平、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、金山公三、木材バルクのホットプレスによる複雑形状容器の成形、塑性と加工、査読有、50-581, 2009、545-549.
- ⑦ 倉松竜平、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、金山公三、木材粉末のホットプレスによる複雑形状容器の成形、塑性と加工、査読有、50-580、2009、26-30.
- ⑧ 大畑剛、成田昌示、畑中伸夫、飯塚高志、高倉章雄、密閉金型を用いた木材のホットプレス成形—流動性に対する加工条件の影響—、平成 21 年度塑性加工春季講演会講演論文集、査読無、2009、51-52.
- ⑨ 大畑剛、成田昌示、菊永啓、飯塚高志、畑中伸夫、高倉章雄、密閉金型を用いた木材のホットプレス成形、第 59 回塑性加工連合講演会講演論文集、査読無、2008、43-44.

[学会発表] (計 1 件)

- ① Norio MATSUURA, Masashi NARITA, Tsunehisa MIKI, Kozo KANAYAMA and Norio TAKAKURA, Attempt on Improving Property of Highly-densified Biomass Resources for Renewable Energy, The 3rd International Forum on Systems and Mechatronics, 査読有, 2010-9-8, Singapore.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称：植物の加工方法

発明者：高倉章雄、飯塚高志、倉松竜平

権利者：京都工芸繊維大学

種類：特許

番号：特願 2009-519231

出願年月日：2009 年 9 月 24 日

国内外の別：国際 PCT/JP2008/060260

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高倉 章雄 (TAKAKURA NORIO)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・教授

研究者番号：40163183

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

飯塚 高志 (IIZUKA TAKASHI)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・

准教授

研究者番号：60335312