

ノコ歯の放電被覆

山口 喜 弥 太⁽¹⁾

I ま え が き

国内の木材需要増大にともない多量の南洋材が輸入されるようになった。

これらのなかには含有成分その他の関係できわめて被削性の悪い材が多く、一般に使用されているノコ鋼ではひき材が困難であるところから切削寿命の延長策として、ノコ歯先の硬化方法について種々検討がおこなわれてきた。すなわち、ノコ身材質はそのまま歯端のみを硬化させて切削性能を増進させる方法で、これには熱処理による方法、鋳造合金の溶着による方法、メッキによる方法、合金の付歯による方法などがある。

一方、最近金属の加工面で重視されている放電加工法は、開発されてまだ日も浅いが、超硬材料の孔あけ加工などにはかなりの成果をあげているものもあり、その他の利用面でもきわめて将来性が認められている。

この放電加工法の一つである表面被覆法¹⁾は耐摩耗性、耐蝕性、耐熱性にすぐれているところから金属工業、土木、農機具などに応用されている。

この放電被覆とは火花放電によって母材の表面に被覆材料を溶着するもので原理は Fig. 1 に示すごとく直流電源により充電されるコンデンサーは母材（負極）および被覆材料（陽極）とともに放電回路を作っており、陽極をバイブレーターで振動させてこの回路を開閉する。

つまり被覆材料と母材が離れているときはコンデンサーが充電され、両極の間隔が小さくなり、その電圧に相当する放電間隙に達すると火花が飛び、放電点の周囲は溶融の状態となる。さらに陽極が母材に近づきショートした状態になると、両極の溶融部分が融合して合金を作り、ふたたび両極がはなれはじめると陽極の一部は母材の方にのこり、表面に合金による硬化層を作る。

また火花が飛ぶと放電点の周辺は変態点以上に加熱され、放電完了後急冷されるはずであるから焼入れによる硬化機構も加味される。

筆者が以前この被覆法によるノコ歯硬化の実験²⁾を若干ころみたがここ数年で放電被覆器の性能も向上しているところから再度ノコ歯への適用性を検討した。現場作業での検討もあって、十分な測定条件の設定でなかった点もあるが実用的には参考になるものと思われるので報告する。

なお本試験にあたってご指導をいただいた鈴木製材研究室長、青山、田所の両技官に厚く謝意を表す。また試験実施にあたって放電被覆器貸与の便宜をいただいたスタンレー電気株式会社島山利秋氏、工場設備および材料を提供していただいた東和木材株式会社工場長井上哲男氏、直接試験にご協力いただいた手島忠彦氏、保坂喜市氏、松井喜義氏、大山孫四郎氏、栗田 力氏、東和木材作業員の方々に深く感謝の意を表す。

(1) 木材部加工科製材研究室主任研究官

II 試 験 方 法

2.1 供 試 ノ コ

ノコ幅：125mm，ノコ厚：0.9mm，材質：SKS 5，腰入量：水平盤上より 10cm の高さにおけるたるみの最大矢高が 0.42，背盛量：長さ 90cm に対する最大矢高が 0.75mm，歯型要素：Table 1 に示す。

2.2 放電被覆の方法

2.2.1 被 覆 材 料

この試験に用いた被覆材料と表示成分を Table 2 に示す。

2.2.2 被覆器と操作条件

放電被覆器は Photo. 1 に示す STANLEY-JAPAX, DEPOSITRON 730 を用いその操作条件は次のようにした。

のようにした。

入力：200V，出力：20V，ギャップ：1～2 mm，被覆電流：3～4 A

2.3 被覆ノコ歯の測定

2.3.1 被覆面のアラサ

1 辺を 10mm とする正方形を 40 秒間で放電被覆した各被覆材料別の標本を 3～5 個作成して，仕上がり良好と思われる 1 個を選定し，TALOR-HOBSON 会社の PALISU RF, TL 型触針アラサ計で被覆面のアラサを記録した。アラサの表示は最大の山と谷の差で示し，測定長は 5 mm とした。またこのときの記録倍率は縦 1,000 倍，横 20 倍とした。

2.3.2 被覆面のカタサ

被覆面のカタサは明石製作所製 MVK-C 型式の微小硬度計で測定し，測定数 5～10 個

Table 1. 歯 型 要 素
Shape of saw tooth for experimental test.

ピ ッ チ Spacing	(mm)	32
歯 喉 角 Hook angle	(度)	26
歯 端 角 Tooth angle	(度)	44
歯 背 角 Clearance angle	(度)	20
歯 高 Depth of gullet	(mm)	10
アサリ逃げ角 Side clearance angle (度)	歯 喉 側 Face	8
	歯 背 側 Back	17
アサリの出 Amount of set	(mm)	0.41～0.47
アサリ幅の標準偏差 Standard deviation of kerf	(mm)	0.03～0.06

Table 2. 被覆材料とその成分
Depositing materials and their components.

被 覆 材 料 Material	成 分 Components			
	W	Co	C	
Stellite No. 1	12	Ba 1	2.5	三 菱
MA 101	—	6	1.0	〃
Elox	—	—	—	外 国 品，成分不明
6 BO 555	—	—	—	東和冶金，〃
JSE 3 D	70～80	15～25	4～6	STANLEY
JSE 3 A	83～89	5～ 8	5～6	〃
JEC 4 A	—	—	—	JAPAX，成分不明

の平均値を求めビッカースカタサで示した。

2.3.3 再アサリ出しの難易

再アサリ出し時による欠損歯の数、研摩および初回切削による欠損歯数によって判定した。また欠損状態およびひき材による摩耗の状態は NIKON, SMZ 型実体顕微鏡により歯背面から観察した。

2.4 実用試験の方法

2.4.1 ひき材条件

製材機：富士製作所製 4.2 in 自動

送材車式帯ノコ盤、

ノコ速度：2,438m/min

送材速度：15.7m/min

樹 種：マンガンシノロ，含水率：50～70%，アカマツ，含水率：20～25%

ひき材試験材の寸法：マンガンシノロ，4,000×200×5 mm，アカマツ，4,000×210×5 mm

2.4.2 測定項目

1) アサリ幅の減少経過

ひき材の進行とともにアサリが摩耗していくので、一定材長または一定時間ひき材後に 1/100 マイクロメーターで測定し、平均値 (mm) を求めた。

2) 正味ひき材電流

ノコ機械電流計におけるひき材時電流値と空転時電流値 (Amp.) との差をとった。

3) ひき材能力

ひき材時電流、ひき曲り、ひき肌などからみて実用上可能と判定されるひき材長 (m) およびひき材面積 (m²) を判定した。

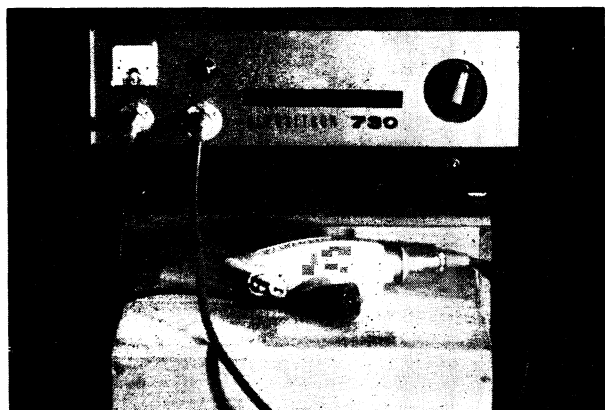


Photo. 1 放電被覆器
Electroarc depositing equipment.

III 試験結果

3.1 放電被覆の方法

3.1.1 被覆材料の形状と接触法

被覆材料には丸、四角、長四角などの棒状のものがあるが、このまま用いると被覆面があるのとくに丸棒は Fig. 2 に示すように被覆材料の先端を GC 砥石で 1.5～2.5mm になるよう楔形に削り取る。パイプレーターは 60 度前後に傾斜させ、被覆材料の先端長稜角を軽くノコ歯被覆面に接触させて施行すると、被覆面の観察が容易である。また、被覆材料がノコ歯の稜線部分 (歯喉面、歯背面、歯先) から離脱するとこの部分があるのので、ノコ歯の稜線部分の被覆はノコ面に被覆材料が直角になるようにして施行する。したがって被覆材料を傾斜、直角を混用することにより効果的な被覆作業ができ被覆面もあれずに良好であった。

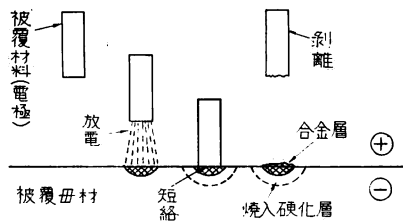
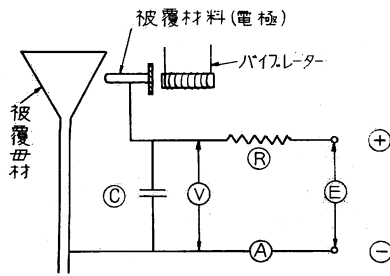


Fig. 1 回路と被覆硬化のメカニズム
Electric circuit and depositing mechanism.

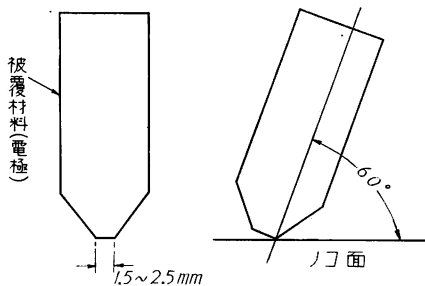


Fig. 2 被覆材料の接触形式
Contact method of depositing material.

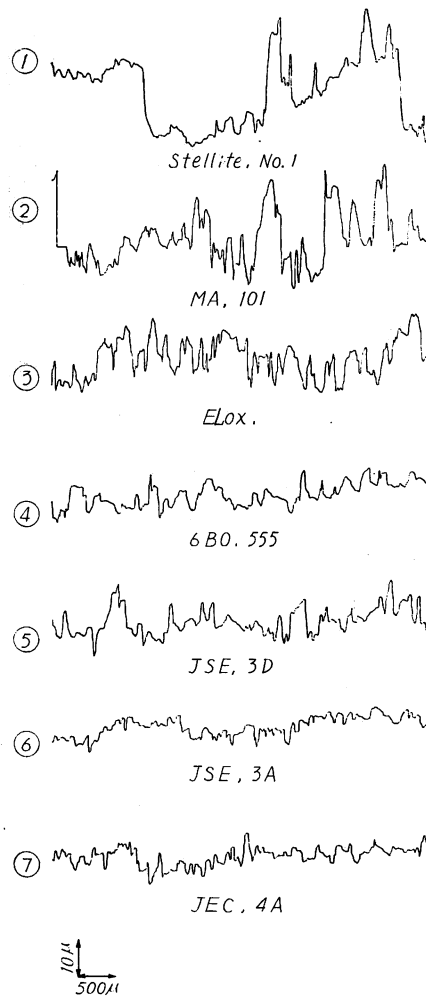


Fig. 3 放電被覆面アラサ
Roughness of deposited surface.

3.1.2 歯背面被覆と側面被覆

1) 歯背面被覆

この作業工程は、アサリ出し作業後研摩してからアサリ歯背面に放電被覆して、さらに歯喉面のみ軽く刃づけ研摩を施して使用する。

アサリ歯背面の被覆は1歯あたり5秒前後で、被覆作業も比較的容易である。しかし、この被覆歯が摩耗し、再アサリ出し時まで歯喉側からだけ研摩するため歯型がくずれるので、再アサリ出し時には歯型の調整研摩が必要となる。

したがって、従来のノコ歯研摩時間に比し30分前後多く研摩時間を必要とすることと、アサリ出し作業ごとに放電被覆を施さねばならない不便さがある。

2) ノコ歯側面被覆

歯部側面に被覆加工を施したものは、歯背面に被覆したものより目立仕上げの煩雑さがなく歯型をくず



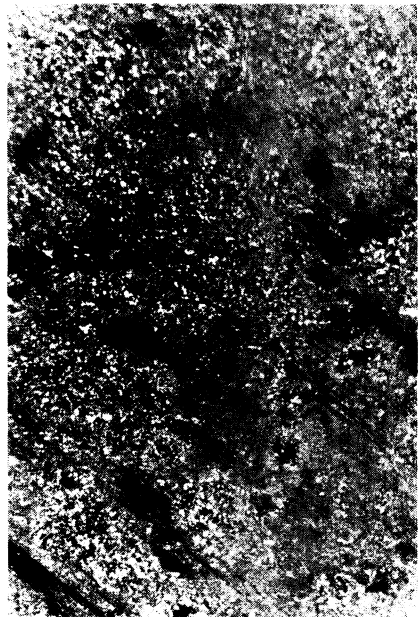
Stellite No. 1



MA 101



Elox



6 BO 555

Photo. 2 放電被覆加工面 ×30

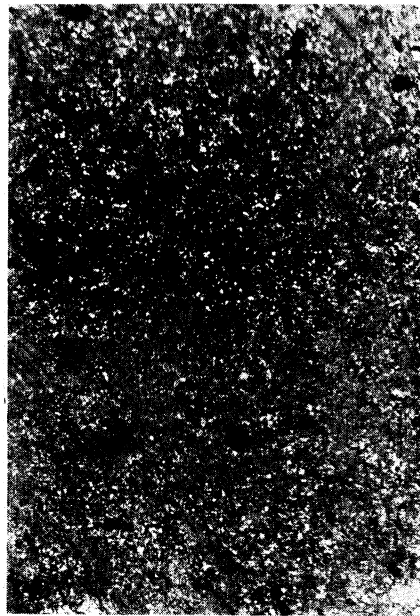
Deposited surface.

さないことと、従来の研摩時間より数分多く要する程度であること、被覆加工面が消耗するまで数回のアサリ出しができる等の利点がある。

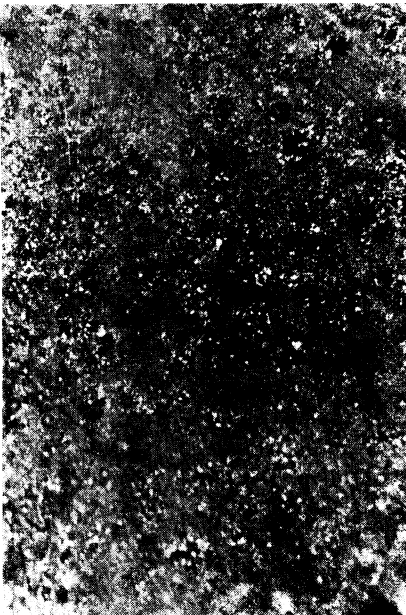
その反面被覆加工が歯部両側面にわたるため、初回の被覆時間が被覆面積にもよるが1歯あたり約30秒前後で比較的長いことと、次回からのアサリ出し時に亀裂はいりやすい等の欠点をもっている。



JSE 3 D



JEC 4 A



JSE 3 A

Photo. 2 (つづき)

3.1.3 被覆材料と加工性

Photo. 2 は 1 辺を 10mm とする正方形を 40 秒間で放電被覆した面で Fig. 3 はその面アラサを示したものである。これによれば JSE 3 A, JEC 4 A は被覆速度も速くきれいに進行するが, Stellite No. 1, MA 101 は粒状に溶着し, 凹凸が大きく被覆作業が滑らかにすすまなかった。

Stellite は電流量をかえてもほぼ同じ傾向を示し, JSE 3 D が若干あれもよりのほか JSE 3 A, JEC 4 A, 6 BO 等の被覆面が良好であったことから被覆材料の成分によるものと思われた。また, これに消費した被覆量も Stellite が多く, JSE 3 A, JEC 4 A が少なかった。

Table 3 はこれらの面アラサとカタサならびに被覆材料の消費量を示した。

3.2 放電被覆ノコの実用性

3.2.1 アサリ幅の減少

Fig. 4 は異なる被覆材料をノコ歯側面に被覆してアカマツ材をひき材し, アサリ幅の減少量を比較したものである。これによれば JSE 3 A, JEC 4 A, JSE 3 D が他の材料に比較してアサリ幅の摩耗量が小さい。

また Fig. 5 は側面被覆歯を再度アサリ出してマンガンノコをひき材し, 被覆材料別のアサリ幅減少

Table 3. 放電被覆面のアラサとカタサ
Roughness, hardness and amount of deposit on deposited surface.

項目 被覆材料	Item Material	アラサ Roughness μ	カタサ Hardness Hv	被覆量 Amount deposited mg
Stellite, No. 1		30	840	8
MA 101		31	1,000	10
Elox		16	1,310	6
6 BO 555		12	920	6
JSE 3 D		16	740	4
JSE 3 A		10	1,430	4
JEC 4 A		10	1,510	3

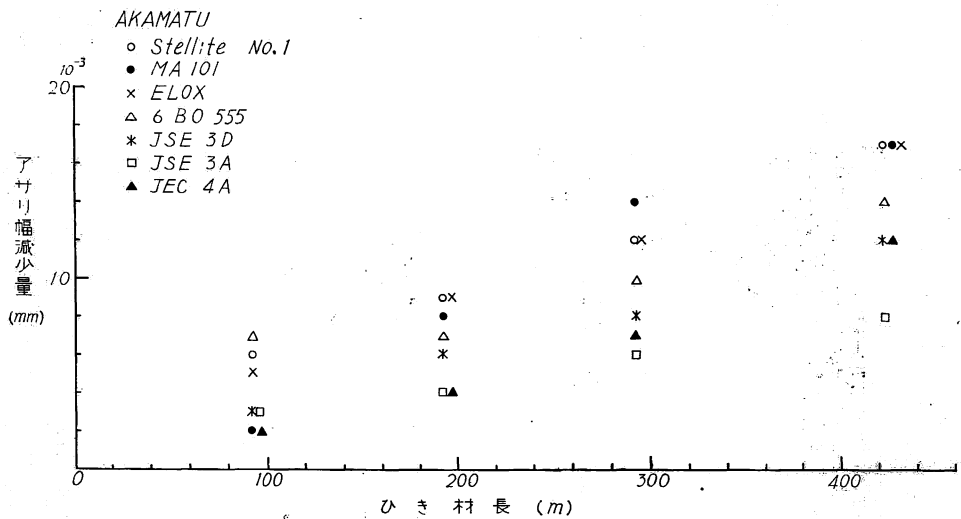


Fig. 4 ひき材による被覆材料とアサリ幅の減少
Relation between decrease of kerf and total length of timber saw.

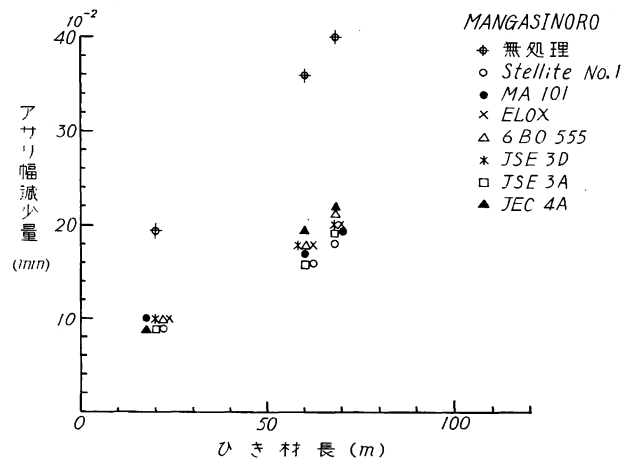
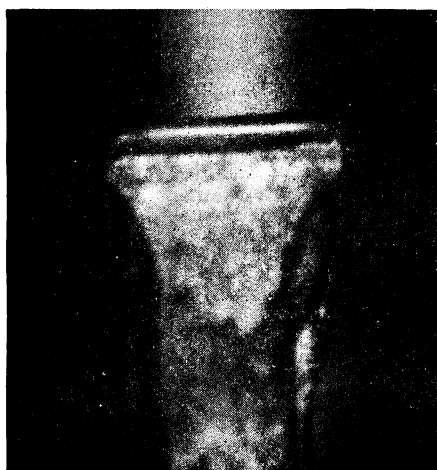
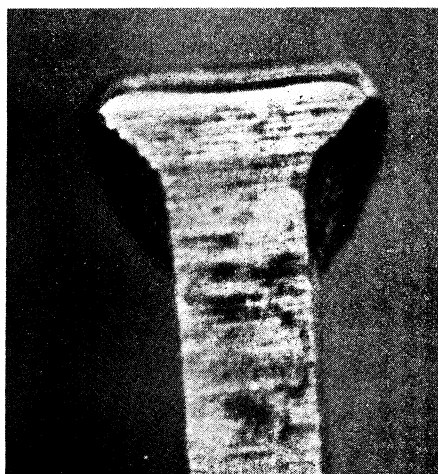


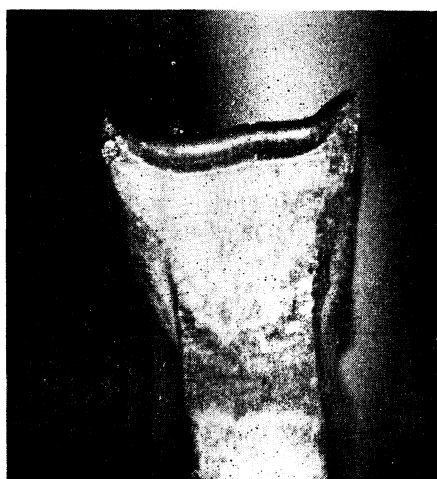
Fig. 5 ひき材による被覆材料とアサリ幅の減少
Relation between decrease of kerf and total length of timber saw.



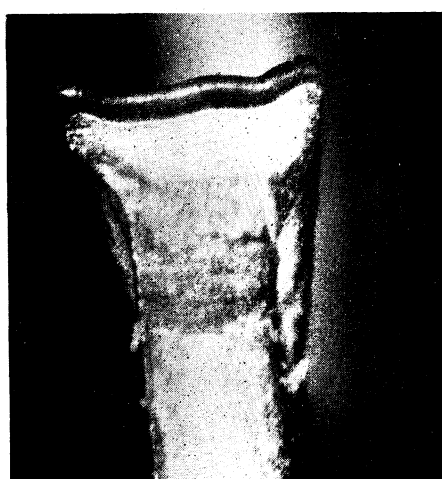
(1) 無 処 理 歯
Untreated tooth.



(2) 歯 背 被 覆 歯
Deposited on back of tooth.



(3) 側 面 被 覆 歯
Dopsited on both sides of tooth.



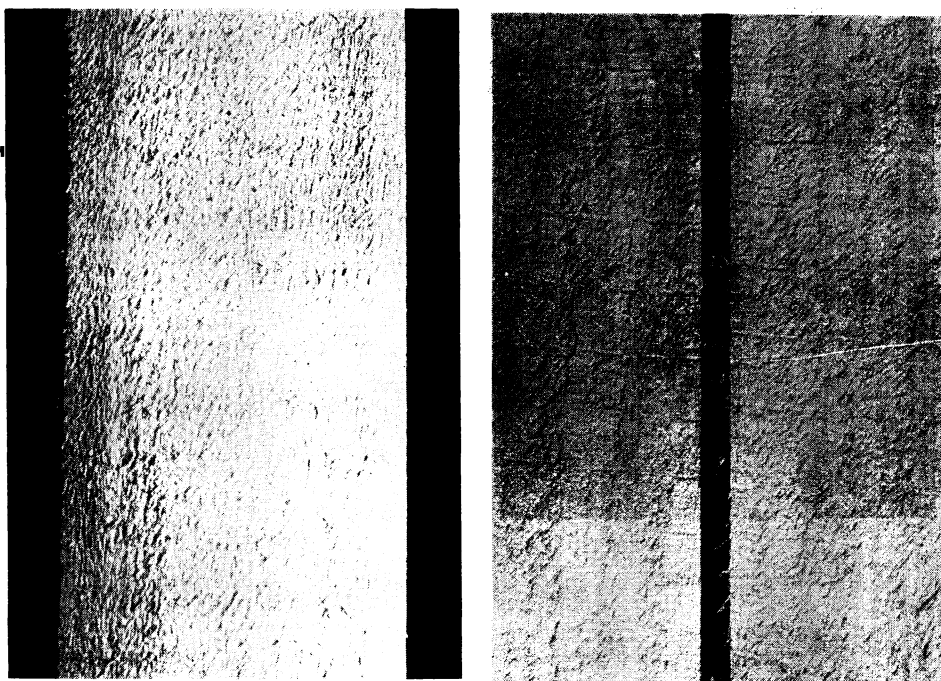
(4) 側 面 被 覆 歯
Deposited on both sides of tooth.

Photo. 3 ノコ歯の摩耗形状 ×16
Wear of saw tooth.

量を比較したものである。これによれば、無処理の標本歯は極端な摩耗を示しているが被覆材料による差異は明りょうでなかった。これは再アサリ出し時に生ずる損傷歯等が影響しているものと思われる。これらのことから、アカマツのような切削抵抗の小さいひき材には硬度の高い被覆材料が効果をあげるが、マンガシノロのような切削抵抗の大きい場合は再アサリ出し時の微小割れ等の影響が大きくなるように思われた。

3.2.2 摩耗歯の形状とひき肌

Photo. 3 はひき材によって摩耗したノコ歯を歯背面から撮影したもので、(1)は無処理歯、(2)は歯背面に放電被覆したもの、(3)(4)は側面に放電被覆を施したものである。これによれば、無処理歯と歯背面に放電被覆を施した歯はアサリの両切先が丸く摩耗するが、側面に被覆を施した歯は両切先より



(1) 歯背被覆ひき肌
Sawn surface by tooth
deposited on back.

(2) 側面被覆ひき肌
Sawn surface by tooth
deposited on sides.

Photo. 4 ひき肌
Sawn surface.

前縁が後退する特徴を示す。これはノコ歯先の被覆による部分的な硬度差によることが明らかである。

また、マンガンノコ材を 60m ひき材したときのひき肌を、歯背に被覆を施したノコ歯と側面に被覆したノコ歯について比較すると Photo. 4 のようになる。同図 (1) は前者の例でひき面全体が起毛し、さらにそれが押しつけられたような状態を示している。同図 (2) は後者の例でひき面には針でひっかいたような毛羽立ちがみられる。なおこのようなひき肌を示すまでのアサリ減少量は、前者で 0.23mm、後者で 0.16~0.19 mm であった。

3.2.3 側面被覆歯の再アサリ出し

ノコ歯両側面に放電被覆を施し、再度アサリ出し加工をすると、ノコ歯の材質の異なることから当然亀裂破損等が予想される。

Photo. 5 の (1) は無処理歯、(2) は側面被覆を施した歯をスエージにより押し広げた状態を歯背から撮影したもので、被覆した歯の側面がかなりあれている。同図 (3) はさらにセーパー加工により側面をそろえ、研磨仕上げ終了の歯であるが左方に亀裂がみられる。

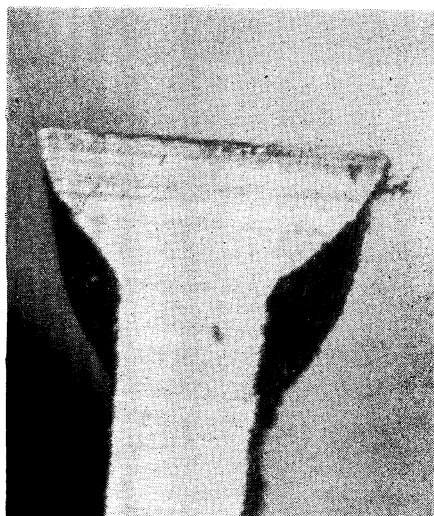
これらの欠損状態をアサリ出しからひき材終了までの経過についてみると、初回切削終了時までの損傷は全歯の 8% であった。このうち、アサり出し作業中の不注意によると考えられるもの 1%、研磨時に欠落したもの 1%、初期切削によって欠落したもの 6% で、その後のひき材終了まで欠損歯は生じなかった。したがって、側面被覆したノコ歯を再アサり出しすると、6~8% 程度の損傷歯の発生はさけられないものと思われた。またこれらの損傷は JSE 3A, JEC 4A を被覆した場合に他より若干多くなるような



(1) 無処理歯のスエージ加工
Untreated tooth.



(2) 側面被覆歯のスエージ加工
Deposited on both sides of tooth.



(3) 側面被覆歯の再アサリ
Deposited on both side of tooth.

Photo. 5 再アサリ出しの歯の形状 ×20
Shape of tooth after reswaging.

Table 4. アサリのバラツキ
Deviation of kerf at first and second swaging.

項目 Item	アサリ幅標準偏差 Standard deviation of kerf (mm)	
	初回アサリ First set	再アサリ Second set
被覆材料 Material		
Stellite No. 1	0.03	0.05
MA 101	0.04	0.08
Elox	0.06	0.09
6 BO 555	0.04	0.08
JSE 3 D	0.03	0.06
JSE 3 A	0.04	0.05
JEC 4 A	0.04	0.09

傾向を示した。

Table 4 は初回アサリ出し作業後ノコ歯側面に放電被覆を施し、刃づけ研磨をしたものと再アサリ出し後刃づけ研磨したものとのアサリのバラツキを比較したもので、後者のほうがバラツキが大きい。

3.3 工場における試験

この試験は生産工場の実作業についておこなわれたものである。すなわち、大割機から出た厚さ 10.6 cm のカブールの原板を 2～3 枚重ねて板びきする工程で、普通ノコと側面放電被覆ノコ（被覆材料：JSE 3A）のアサリ幅減少の状況を比較した。

使用機械は 45 in ワンマン自動送材車式帯ノコ盤でモーター 40 IP、ノコ速度 2,154 m/min、ノコ幅 150mm、厚さ 1.06mm で歯型要素は Table 5 に示す。

また、ノコ歯の摩耗にともなう帯ノコ盤所要電流の増加を付設の電流計によって測定した。

Fig. 6 はアサリ幅減少量とひき材面積との関係を示す。これによれば、両方のノコのひき材前のアサリ幅が平均 2.42 mm でまったく同じであったが、無処理ノコ 1 回目のひき材終了時の測定で 2.33 mm に減少し、このときまでのひき材量は 108m^2 であった。

放電被覆ノコのアサリがこの程度になった時点は、ひき材 4 回目終了の測定時で、ひき材量は 318m^2 であったので、この時点で比較すれば放電被覆ノコは無処理ノコに比し約 2.9 倍多くひき材したことになる。両方のノコ歯が再研磨の域に達した時点で比較すると、放電被覆ノコが 1.8 倍多くひき材しているので、無処理ノコに比し 1.8 倍前後の耐用性を有するものと思われた。また、このときの総切削長を各回数ごとのひき幅別での平均送材速度で算出し合計すると、無処理ノコで $158 \times 10^3\text{m}$ 、放電被覆ノコで $238 \times 10^3\text{m}$ であった。

Fig. 7 はこのときの正味電流値（ひき材時電流値－空転電流値）を示したものである。

Table 5. 歯型要素
Shape of saw tooth for sawmill test.

ピッチ Spacing	(mm)	38
歯喉角 Hook angle	(度)	26
歯端角 Tooth angle	(度)	44
歯背角 Clearance angle	(度)	20
歯高 Depth of gullet	(mm)	11
アサリ逃げ角 Side clearance angle (度)	歯喉側 Face	9
	歯背側 Back	18
アサリの出 Amount of set	(mm)	0.68
アサリ幅の標準偏差 Standard deviation of kerf	(mm)	0.04

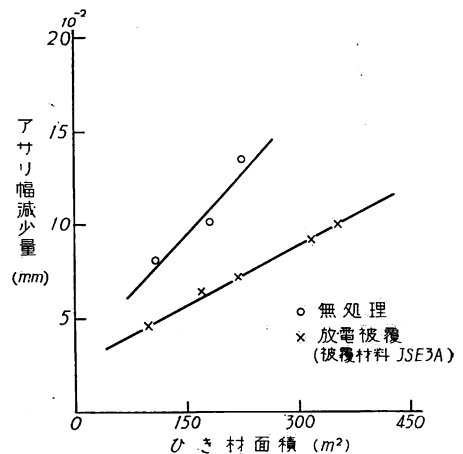


Fig. 6 アサリ幅減少量とひき材面積との関係

Relation between decrease of kerf width and sawn area.

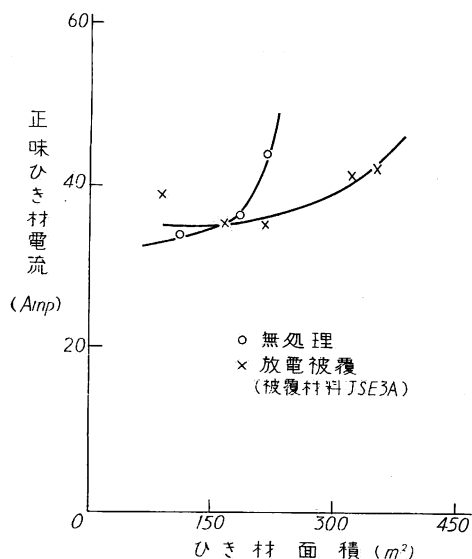


Fig. 7 正味ひき材電流とひき材面積との関係

Relation between cutting current and sawn area.

多少のバラツキはあるが無処理ノコが急に増加するのに対し、放電被覆ノコはゆるやかに増加し、後者のほうが切味の持続することを示している。

Fig. 8 は1本のノコの各歯に異なる被覆材料を交替的に放電被覆し、ひき材によるアサリ幅の減少経過を検討したものである。

これによれば、JSE 3D が被覆作業の不手ぎわによるものか大きく摩耗しているほかは、前述の被覆材料の検討で得られた傾向とほぼ同じである。

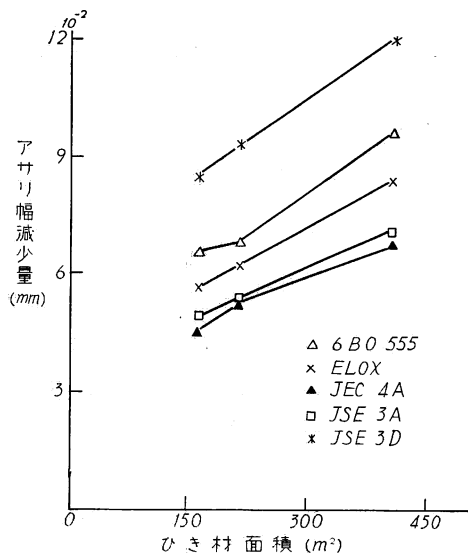


Fig. 8 被覆材料別アサリ幅減少量とひき材面積との関係

Relation between decrease of kerf width and sawn area.

IV 要 約

放電被覆加工法のノコ歯への適用性を目立仕上げ作業、ひき材によるアサリの摩耗などの面から検討した。

4.1 放電被覆の方法

被覆材料の放電接触面は楔形に削り、パイプレターを60度前後傾斜させて被覆し、ノコ歯の稜線部分は被覆面に直角に使用することにより良好な被覆面が得られた。

また被覆材料 JSE 3A, JEC 4A は被覆速度も速く被覆面もきれいであるが、Stellite No. 1, MA 101 は粒状に溶着し、被覆作業の進行も滑らかでなく、被覆材料の消費量も前者が少なく、後者が多かった。

歯背面被覆と歯側面被覆を比較すると、前者が1歯あたり5秒前後で被覆作業も容易である。しかし刃づけ研摩は変則になるので、再アサリ出し作業ごとに歯型の調整研摩が必要なことと、そのつど被覆を施す不便さがある。

後者は歯部両側面にわたるため初回の被覆時間は、被覆面積にもよるが1歯あたり約30秒ぐらい要する。しかし、被覆面が消耗するまで数回のアサリ出し作業ができる等、前者より目立仕上げの煩雑が少な

い。

4.2 放電被覆ノコの実用性

異なる被覆材料をノコ歯側面に交番的に被覆し、アカマツ材をひき材してアサリ幅の減少量を比較すると、被覆材料 JSE 3 A, JEC 4 A が他の材料に比し摩耗が少なかった。このような被覆形式のノコ歯を再アサリ出してマンガシノコ材をひき材したところ、無処理の標本歯は極端な摩耗を示したが被覆材料による差異は明りょうでなかった。

また、歯背被覆と歯側面被覆ノコのひき材による摩耗歯を歯背面から観察すると、前者はアサリの切先が丸く摩耗するが後者は両切先より前縁が後退する特徴を示す。このことは歯部の硬度差によることが明らかである。さらにこのような摩耗歯によるひき肌をみると、前者はひき面全体が起毛し、さらにそれが押しつけられたような状態を示し、後者はひき面を針でひっかいたような毛羽立ちを生ずる。

一般にはこのようなひき肌になる前にノコ替えをするが、ひき曲りを生ずるまでひき材すると、前者は限度で後者はなお若干のひき材が可能である。

4.3 工場実験

カブール材のひき材による無処理ノコと、被覆ノコのアサリ摩耗量が同量になった時点でのひき材量は、前者が 108m^2 、後者が 318m^2 で後者が 2.9 倍のひき材量を示したが、両方のノコ歯が再研磨の域に達した時点の比較では後者が前者の 1.8 倍の耐用性があることがわかった。

また、カブール材のひき材による被覆材料の耐摩耗性の比較は、被覆材料の検討で得られた結果とほぼ同傾向であった。

以上の結果から、被覆材料は JSE 3 A, JEC 4 A が適当で、ノコ歯の被覆面での検討はひき材および目立仕上げの観点から、ノコ歯側面に被覆したほうが良好と考えられた。工場実験において無処理ノコに対し、被覆ノコはカブールひき材で 1.8 倍の耐用性を示したが、カブール以上のひきにくい材に対してはより以上の効果が期待できると思われる。

なお、今後放電被覆法のノコ歯への応用普及には、ノコ専用の廉価な放電被覆器の開発がなされなければならない。

文 献

- 1) 六碓賢亮：放電表面硬化について、最新の放電加工（放電加工技術研究会編），pp. 39～44，丸善，（1955）
- 2) 山口喜弥太：帯鋸の歯先硬化法，木材工業，6，2，pp. 10～13，（1960）

Electroarc Depositing of Hard Metal on Saw Tooth.

Kiyata YAMAGUCHI

(Résumé)

On this report electroarc depositing of hard metal was applied to the band saw. Seven materials shown in Table 2 were tested. The depositing principle and method are indicated in Fig. 1.

The deposited surfaces of JSE 3A and JEC 4A were smooth and depositing operations were rather easy. But Stellite No. 1 and MA 101 gave rough surfaces and were a little difficult to deposit. The influences of depositing places were studied too. Depositing on back of saw tooth took only 5 seconds per tooth and was easy in operation, but depositing had to be done after each resharpening. Depositing on both sides of tooth took 30 seconds per tooth, and depositing after resharpening was not necessary. The results of sawing AKAMATSU (*Pinus densiflora*) and Manggasinoro are shown in Figs. 4 and 5. Wear of deposited teeth was far less than on untreated teeth. Sawing test of Kapur was carried out in a sawmill. The results are shown in Figs. 6, 7, and 8, and the deposited saw cut 1.8 times more area of wood than the untreated saw did.