

金属短繊維の静電植毛

Electro Statics Planting of Short Length Metal Fiber

野口 裕之*・西田 信貴*・柳 沢 章*・中川 威雄*
Hiroyuki NOGUCHI, Nobutaka NISIDA, Akira YANAGISAWA and Takeo NAKAGAWA

1. はじめに

静電植毛は高分子系の短繊維の植毛に広く普及しているが、これを金属短繊維に適用できる可能性がある。

筆者の一人である中川と鈴木らによって開発されたびり振動切削法で得られる金属短繊維は、真直で長さ精度が高く、かなり細いものも製造できるため静電植毛に適している。また種々の金属を短繊維にすることができ、植毛による新しい特性をもった多孔質体や複合材料を生み出すことも期待できる。本報告では、各種の繊維材種を用いた静電植毛の基本的特性を調査した結果について述べる。

2. 静電植毛の原理

図1において、一對の平行平板電極を設け、下部電極を設置し、その上に微小な物体をのせ、上部電極に高電圧をかける。微小物体が誘導体であれば電界内で分極し、上部電極に近いほうの端面に(-)電荷、遠いほうに(+)電荷を生じる。したがって上端は上方に、下端は下方に吸引力をうけ直立する。この時、下端電荷が下部電極との間に導電により中和すれば、その間の吸引力はなくなり微小物体は上方に飛び上がる。このように微小物体が飛走するには、分極電荷が中和されるに足りるだけの適当な導電性を持たなければならないが一般の短繊維はそのままでは絶縁性が高いので、電極に吸着されたまま動かないかあるいは繊維相互間のからみ合いを生じる。したがって何らかの処理により導電性を与える必要がある。この導電化のための処理を電着処理と呼ぶ。しかし微小物体が金属短繊維のような導体の場合は、下部電極と等電位になり上部電極に吸引されて、物体はただちに飛び立つ。

3. 静電植毛加工方式

静電高圧で繊維を飛翔させ、基材の接着剤面に植毛す

*東京大学生産技術研究所 第2部

る方式として基本的には4方式があり繊維の飛翔の方向により、ダウン法、アップ法、サイド法、アップダウン法に分類され、加工物の形状により適宜選択して用いられている。図2に植毛状態の模式図を示す。静電植毛に似た方法に静電粉末塗装法があるが、大きなちがいは植毛は導電化処理された繊維を分極して飛翔させ接着剤で固定するのに対し静電粉末塗装法は物体をマイナスの電荷に帯電させ基材に静電気で固定させるもので、そのために物体は不導体でなければならない。

4. 実験方法

植毛用高圧電源に(株)メサック製のHv0610(最高出力、60kVマイナス電圧、1mA)を用いた。

実験装置はアクリル製の容器内に電極間距離が可変の平板電極を2枚設けた構造である(図3)。植毛実験は下部電極上に金属短繊維をのせ、マイナスの高電圧を印加し繊維を飛翔させるアップ法で行った。上部電極には接着剤の塗布してあるシートを真空チャックによりセットし、植毛後の試料の脱着の簡略化を計った。

5. 実験結果

各種の植毛条件に対する植毛率(単位面積当たりの植毛された繊維が占める面積割合を表す。繊維重量より算出)の変化を調べた。図4に植毛率の平面モデルと立体モデルを示す。写真1に長さ3mmの青銅繊維、植毛率

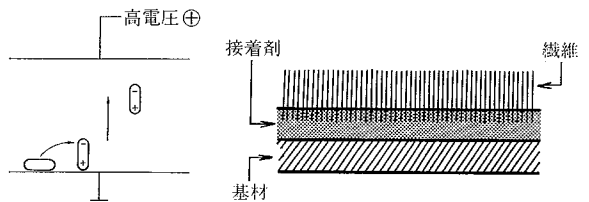


図1 静電植毛の原理

図2 静電植毛状態図

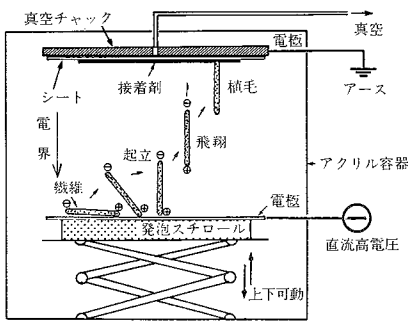
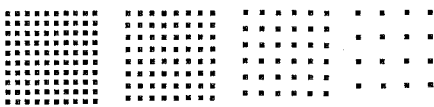
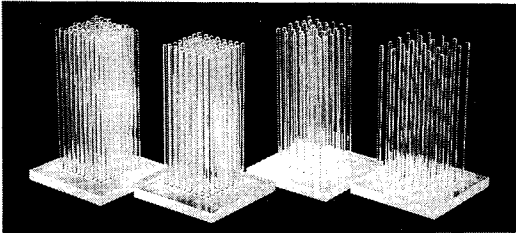


図3 静电植毛実験装置 (アップ法)

平面モデル



植毛率 25% 16% 9% 4%



立体モデル アスペクト比 50

図4 植毛率モデル

8%の植毛状態を示す。

i) 極間距離の影響

まず電極間距離が植毛率におよぼす影響について調査した。

使用繊維は太さ $56\mu\text{m}$ 、長さ3mmの青銅で植毛時間を30秒一定とし植毛電圧を11kV、16.5kV、22kVとして電極間距離を変化させた場合の植毛実験結果を図5に示す。

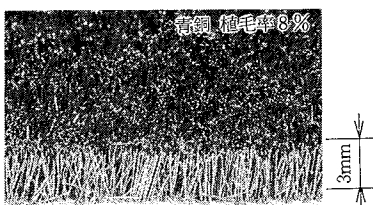


写真1 青銅繊維の植毛状況

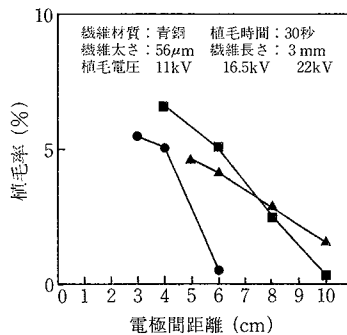


図5 電極間距離が植毛率に及ぼす影響

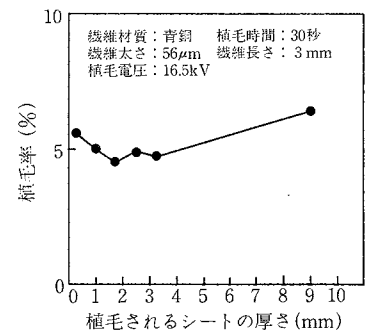


図6 植毛されるシートの基材厚さが植毛率に及ぼす影響

植毛電圧によって植毛率の高低はあるものの、電極間距離が短いほうが高い植毛率を得ている。しかし電極間距離が短いと空気の絶縁破壊により短絡を起こしやすく、装置が停止してしまう。また電極間距離が長すぎても高い電圧を必要とし装置が大がかりになってしまう。それぞれの植毛電圧に対する適切な電極間距離が存在することがわかった。実験では、以後電極間距離が90mmを標準とした。

電極の材質を鉄、ステンレス、アルミニウム、銅と変えて植毛率の測定を行ったが、電極材質による植毛の違いは見られなかった。またアース側にあたる上部電極の面積を変化させた場合は植毛率に差が見られ、面積を極端に小さくした場合は繊維の飛翔が起こらなかった。

植毛されるシートの基材厚さが植毛率におよぼす影響についても調査した。電極間距離を90mm一定とし、発泡スチロールを上部電極にスペーサーとしてはみシート厚さを0.2mmから9mmと変化させた。実験結果を図6に示す。この結果は発泡スチロールが電気力線を透過するものと考えられ、あまり差はなく逆にシートの厚さを厚くすることで接着面が下部電極に接近し、電極間距離が近くなることにより植毛率は上昇する傾向が現れた。

ii) 極間電圧の影響

次に植毛電圧の影響を調べるため電極間距離90mm、植毛時間60秒の条件で植毛実験を行った。繊維は長さ1.8mm、平均繊維径が $65\mu\text{m}$ のびびり振動切削法で製造した純銅繊維を用いた。図7に植毛電圧と植毛率の関係を示す。電圧が16kVで繊維は飛翔をはじめ、以後電圧の増加と共に植毛率は増加し、28kVでピークとなり16%に達した。しかしまた、それ以上電圧を上げると放電現象が起こり、植毛率は逆に低下した。図中の★は短絡による装置の停止を表す。

iii) 植毛時間の影響

さらに植毛時間の影響を調べるため平均繊維径が40

研 究 速 報

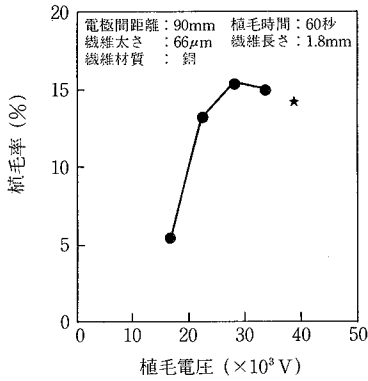


図7 植毛電圧が植毛率に及ぼす影響

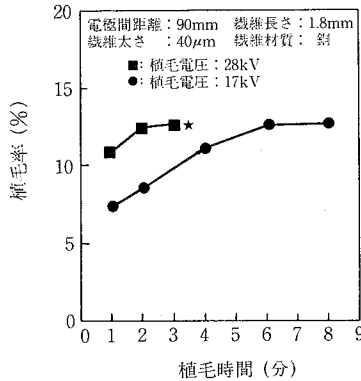


図8 植毛時間が植毛率に及ぼす影響

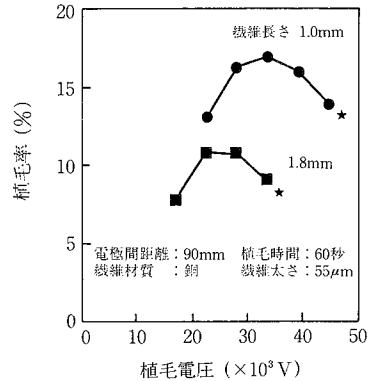


図9 繊維の長さが植毛率に及ぼす影響

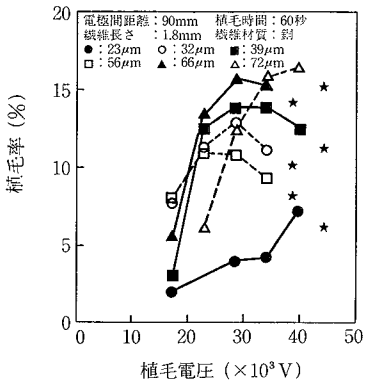


図10 繊維の太さが植毛率に及ぼす影響

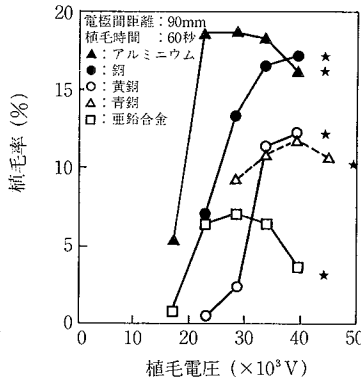


図11 材質の違いが植毛率に及ぼす影響

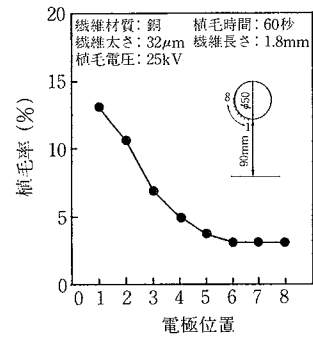


図12 円筒状電極への植毛実験

μmで長さ1.8mmの銅繊維を用い植毛電圧17kVと28kVで植毛実験を行った。図8に植毛時間と植毛率の関係を示す。電圧が17kVと低い場合には短絡が起こらず、6分で植毛率は上限に達した。電圧が28kVと高い場合には3分で植毛率は上限に達したが、それ以上植毛時間を長くすると短絡が生じた。植毛電圧が違って最終的な植毛率に差は見られなかった。

iv) 繊維の違いによる影響

図9に植毛率に及ぼす繊維長さの影響を示す。長さが1.8mmの繊維は比較的低い電圧でも飛翔を始めるが、植毛率は最大でも11%にとどまっている。しかし繊維長が短い1.0mmの繊維では、飛翔に要する電圧も約22kVと高い。しかし植毛率は17%と高いものとなった。

図10に繊維太さと植毛率の関係を示す。供試繊維は長さ1.8mmで、平均繊維径が23μmから72μmである。若干のバラツキはあるものの、繊維径が大きいほど高い植毛率が得られている。しかし、太い繊維では電圧を高くしないと飛翔が起こらず、また電圧を高くすると放電現象

により装置が停止する。したがって植毛可能電圧領域は細い繊維よりも狭くなる。このことより植毛可能な繊維太さの限界が存在する。

図11に繊維材種と植毛率の関係を示す。使用した繊維の直径は、必ずしも一致していないが、アルミニウムのように比重が小さいほうが、低い電圧で高い植毛率を示している。

表1に植毛率におよぼす金属短繊維の条件をまとめた。繊維の長さは長いほど繊維のわずかな傾きによる植毛可能な面積の減少が多く、短い繊維のほうが傾きの影響が少ないため植毛率は高くなる。太さは繊維径が2分の1になると同じ植毛率を得るためには4倍の本数の繊維を植毛しなければならないため、密度は同じでも繊維間の摩擦などの影響が少ない太いもののほうが植毛は高くなる。しかし植毛可能な繊維太さの限界があり、用途に応じて使いわけの必要がある。比重は繊維を重力に逆らい飛翔させるので軽い繊維ほど植毛率が高くなる。表面粗さは下部電極上から繊維が起き上がる時の繊維どうしの

表1 各種植毛条件における植毛率の高低

繊維条件 植毛率	長さ	太さ	比重	表面 粗さ	表面 酸化	曲がり	吸水
高くなる	短い	太い	小	細かい	小	小	小
↓							
低くなる	長い	細い	大	粗い	大	大	大

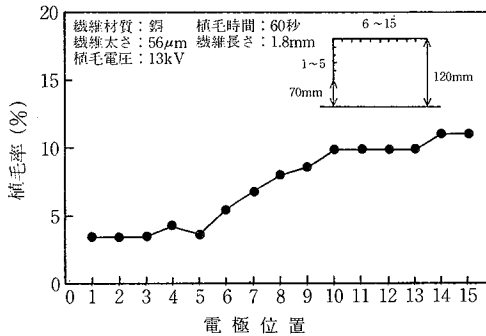


図13 屈曲面への植毛実験

摩擦の影響をうけやすく、繊維の表面が荒い場合は繊維の絡み合いを生じ飛翔しにくいいため植毛率は低下する。繊維表面に酸化による被膜や繊維製造時の切削油などの油膜がある場合は、金属短繊維といえども抵抗値が高い場合には植毛が不可能となる。繊維の真直性は重要で、繊維のわずかな曲がりて植毛率は激減する。繊維の吸水は繊維の酸化に関連し繊維間の摩擦に影響するため、水分は高分子繊維の場合は電着処理に必要な場合があるが、金属短繊維の場合は繊維自体が導体なので、水分は必要としない。

v) 非平面への植毛

曲面への植毛実験を行い植毛率を調査した。円筒状電極への植毛実験結果を図12に示す。下部電極に一番近いところより円筒状電極の真横で8等分し、それぞれの植毛率を求めた。結果は電極間距離の影響と傾きの影響をうけ下部電極に近い物から徐々に植毛率の低下が見られる。電気力線は曲面に対しても垂直に入り込み、また繊維は電気力線にそって飛翔するものと考えられたが、金属短繊維は高分子繊維にくらべ数倍重いため、重力の影響で傾斜面では繊維が斜めに植毛されてしまった。

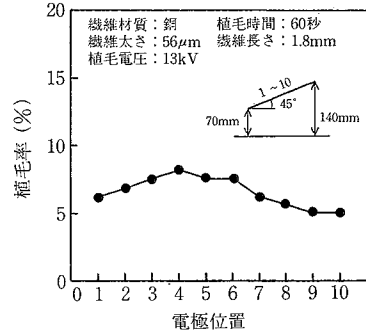


図14 傾斜面への植毛実験

屈曲面への植毛実験結果を図13に示す。L字形に曲げた銅板の内側の幅10mmおきの植毛率を測定した。垂直面の植毛率は電極間距離が近いにもかかわらず3%程度と低く、この垂直部の避雷針効果の影響を受けない部分は10%程度の植毛率となった。

傾斜面への植毛実験結果を図14に示す。下部電極に対し45度の傾斜をもった長さ100mmの電極板に対して幅10mmおきの植毛率を測定した。電極間距離が一番近い部分が最高植毛率が得られると考えられたが電気力線の上面への回り込みのため繊維が電極上面に飛翔してしまい、電極の端から40mmのところ植毛率のピークとなった。

6. おわりに

びびり振動切削法により製造された金属短繊維の静電植毛実験を行い、その静電植毛特性について調査し、その特性を明らかにした。金属短繊維の植毛は高分子繊維に比べ繊維が重いにより高い電圧を必要とし、そのためにオゾンの発生や短絡現象などが起こりやすいが、それぞれの繊維に適した植毛条件の選定により金属短繊維の植毛も良好に行うことができた。

今後は引き続き繊維の長さ、太さの植毛限界を調査すると共に、実際に応用するための研究を進めていきたいと考えている。
(1988年7月18日受理)

参 考 文 献

- 1) 野口, 西田, 柳沢, 中川: 日本複合材料学会昭和63年度研究発表講演会, p. 25