

プレコート材のせん断加工

神奈川大学 機械工学科

助手 笹田 昌弘

(平成 12 年度奨励研究助成 AF-2000023)

キーワード：せん断加工，プレコート材，被覆

1. 緒言

プレコート材とは、金属板素材の段階で、塗膜や高分子薄膜が素材表面に被覆された板材であり、耐候性、耐食性、潤滑性などに優れている。主な用途としては、建築内外装材や家電用品の筐体があり、各種機械・電気部品素材にも使われつつある¹⁾。プレコート材は広幅の板材であるのでこれを製品化するには分離加工が必要であり、生産性の観点からせん断加工が多用される。しかし、せん断加工による切り口面には素材金属が露呈し、この部分の耐食性などの機能は低下する。せん断切り口面を塗膜で覆うことができれば、総合的にみて機能は向上し素材としての使用価値は増すと考えられる。

これまでにも、プレコート材のせん断加工に伴う、せん断荷重、切り口面積構成割合への加工条件の影響は報告されている²⁾。本研究では切り口面の全面被覆を目的とし、クリアランス、加工温度及びダイス刃形状の被覆率への影響を明らかにする。

2. プレコート材

本研究では、厚さ 1mm のアルミ板に片面もしくは両面プレコート処理したプレコート材を用いた。アルミ板は A1100P-0 である。また、樹脂膜にはポリエステル系樹脂を用い、厚さが 10, 20, 40, 60 μm の 4 種類を対象とした。ポリエステル系樹脂のガラス転移点は 70 $^{\circ}\text{C}$ である。樹脂膜厚さ 20 μm の場合のプレコート材の構成模式図を図 1 に示す。

3. 丸み付きダイスを用いたせん断加工

3.1 実験方法及び評価方法

パンチ及びダイスの刃先は鋭利を原則とするが、丸みをつけることで樹脂が切断されにくくなり、加工時の材料の変形に追従し易くなることが考えられる。また、加工温度を高くすることで、樹脂は伸びやすくなり、材料の変形に追従しやすくなることも考えられる。そこで本実験では、加工温度及びダイス刃形状をそれぞれ変え実験を行った。実験に用いた平行複刃型せん断金型主要部を図 2 に示す。ダイス間隔は 20mm 一定とし、パンチ幅を変えてクリアランスを設定した。実験条件を表 1 に示

す。加工にはモータ駆動プレス(速度 0.05~0.5mm/s)を用いた。本実験では角丸み(R)を 0, 0.2, 0.8 としたダイスを使用した。

実験ではプレコート材を試験機に設置し、材料及び工具全体をヒーターで加熱し、所定の温度とした後せん断する。片面のみをプレコート処理された材料を用いる場合には、プレコート処理された面をダイス側になるように設置した。また、せん断加工時にはひずみゲージ型荷重計と渦電流型変位計を用いてせん断荷重と変位を計測する。実験後、金属顕微鏡による切り口面画像データに、コンピュータ上で 2 値化画像処理を施すことで被覆された樹脂部分と金属部分の面積を求めることで被覆率を求めた。

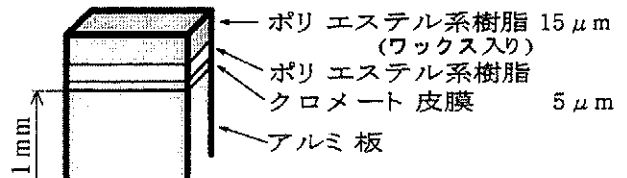


図 1 プレコート材の構成模式図 (膜厚 20 μm)

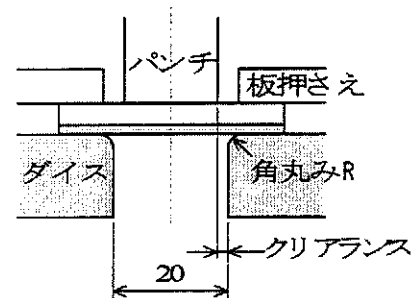


図 2 平行複刃形せん断金型主要部

表 1 実験条件

せん断方式	平行複刃型せん断
クリアランス (%)	3, 5, 10
潤滑	なし
ダイス刃形状	
角丸み付き R (mm)	0, 0.2, 0.8

3.2 角丸み付きダイスを用いた実験結果及び考察

被覆率に及ぼすダイス刃形状と温度の影響を図3に示す。なお、被覆されているのはだれ部と平滑面のみで、破断面及びバリは被覆されにくい。このことより、被覆率はバリを除去した後の断面積に対する被覆の割合を求めた。ダイス刃の角丸み(R)を大きくすることで被覆率が大きく向上することがわかる。また、加熱にともない被覆率が向上することもわかる。そこで、ダイス刃角丸み(R)を0.8とした場合の実験を行った。この際、平滑面を増加させるためクリアランスを3%と5%の2種類に設定した。実験後の加工面を金属顕微鏡により観察した結果を図4に示す。実験により得られた被覆率と温度の関係を図5に示す。ダイス刃角丸みを大きくし、クリアランスを小さくすることで被覆率が大きく向上することがわかる。クリアランスを3%にすることで被覆率は90%になる。

被覆状況を模式的に図6に示す。角丸みが小さいダイスを使用し室温でせん断を行う場合は、樹脂が加工に追従できず、うろこ状に残る[図4(a)]。加工温度を上昇させてせん断を行うと、うろこ状の樹脂が伸びて均一に被覆される[図4(b)]。しかし加工温度を上昇させても、

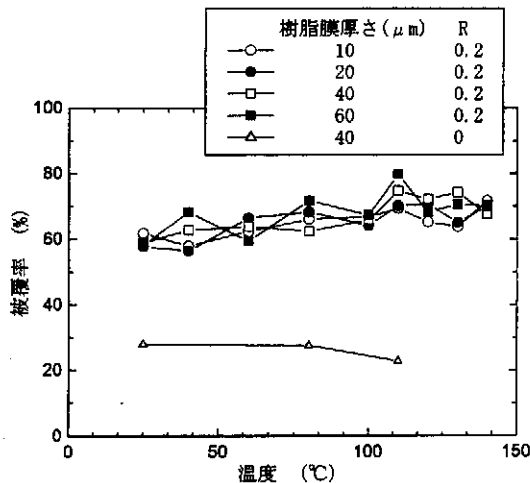


図3 塗膜厚さ及び加工温度の被覆率への影響 (片面プレコート, クリアランス10%)

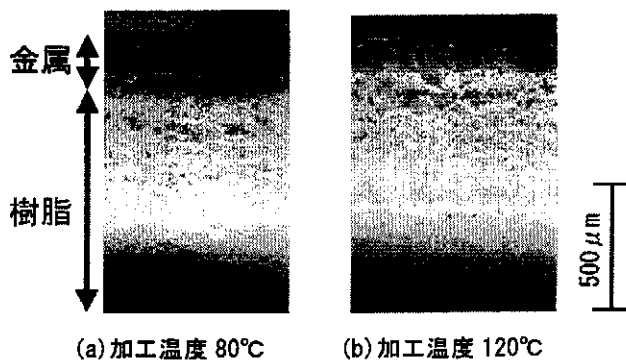


図4 加工面の被覆状況 (A1100P-0, 片面プレコート, R=0.8, Cl 3%, 樹脂膜厚さ 20 μm, 加工速度 0.05mm/s)

平滑面が短いため切り口面全体を被覆することができない。一方、ダイス刃の角丸みを大きくし、クリアランスを小さくすることで平滑面は長くなるが、室温では樹脂が伸びず平滑面全体を被覆することはできない[図4(c)]。そこで、加工温度を上昇させることにより樹脂を伸びやすい状態にし、せん断を行うことにより平滑面全体を被覆することが可能である[4(d)]。

3.3 被覆のメカニズム

被覆のメカニズムを明らかにするため、せん断途中のプレコート材を側面より観察した。図7に半せん断の模式図、図8に半せん断製品の断面図の一例を示す。まずダイス角丸み R=0 の場合はクリアランス、温度に関係なく樹脂が切断される。ダイス角丸みが R=0.2 の場合では、樹脂がせん断面に追従していることがわかる。加工温度を上昇させてせん断を行うことで、樹脂はよりよく追従する。これはダイスの角丸みにより、加熱によって軟化した樹脂が、せん断面に押し込まれたためと考えられる。また、ダイス刃先部に樹脂が残存していることより、樹脂を介したせん断が行われ、材料の繊維分断を伴わない

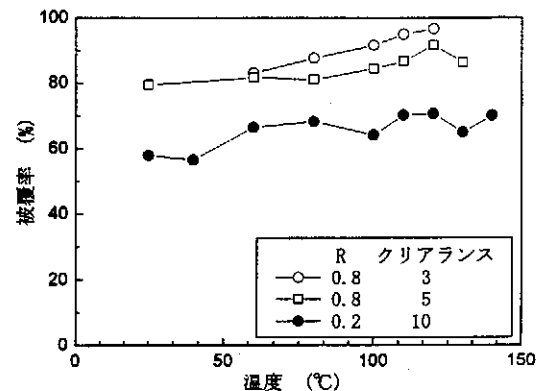


図5 ダイス刃先丸み及びクリアランスの被覆率への影響

(片面プレコート, 樹脂膜厚さ 20 μm)

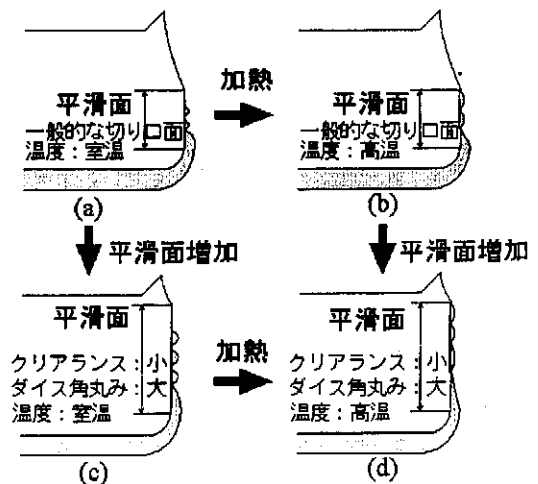


図6 樹脂の被覆状況

塑性変形が起きていると考えられる。これに反し、角丸み $R=0$ では、表面の樹脂が切れていることから、繊維分断を伴う一般のせん断に類似すると考えられる。

4. 面取り付きダイスによる実験

4.1 実験方法

面取り付きダイスを用いることで、傾斜面部への樹脂の流入が丸み付きダイスを用いる場合よりも容易になると考えられる。そこで面取り付きダイスを用いて、樹脂膜 $60\mu\text{m}$ の両面プレコートを対象に実験を行った。本実験では、パンチ速度の影響も考えるため、加工にはモータ駆動プレス(速度 $0.05\sim 0.5\text{mm/s}$)、機械プレス(速度 $100\sim 280\text{mm/s}$)を用いた。丸み付きダイスを使用した実験

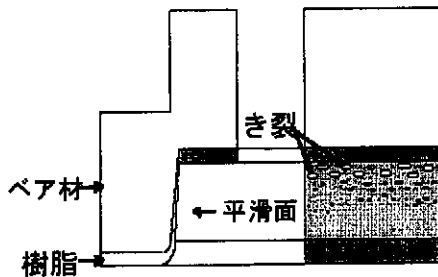
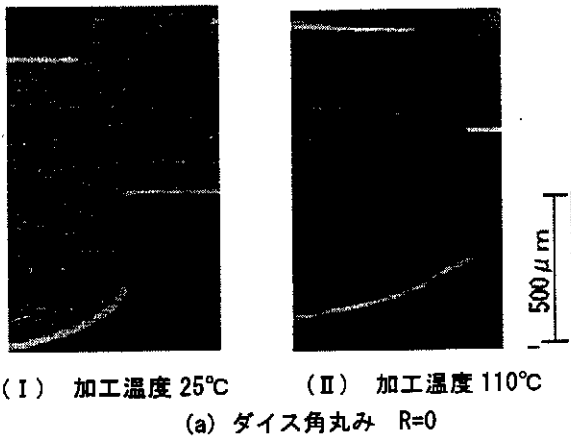
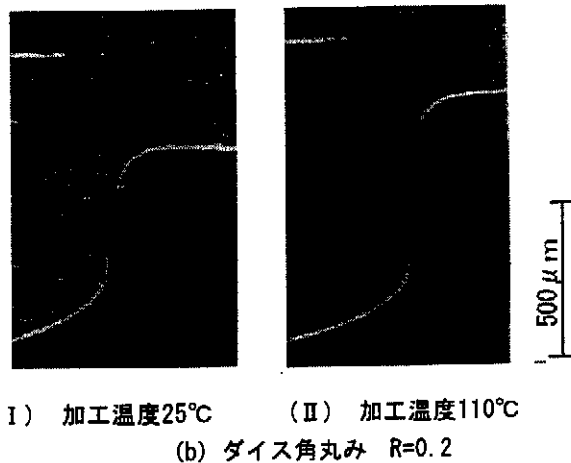


図7 半せん断図(概略図)



(I) 加工温度 25°C (II) 加工温度 110°C
(a) ダイス角丸み $R=0$



(I) 加工温度 25°C (II) 加工温度 110°C
(b) ダイス角丸み $R=0.2$

図8 せん断加工の樹脂追従過程
($\text{Cl}:10\%$, 加工温度 110°C , 膜厚 $40\mu\text{m}$)

と同様な試験機を使用し、ダイス刃先形状のみを変更し実験を行った。クリアランスの設定方法及び加熱方法についても、丸み付きダイスを使用した場合の実験と同様な方法である。本実験で使用した面取り付きダイス形状の概略を図9に示す。本実験で用いた面取り付きダイスの面取り角(θ)は、 $5, 15, 30^{\circ}$ とした。また、面取り幅(W)を 0.1 及び 0.2mm とした。

4.2 結果及び考察

加工速度の被覆率への影響を明らかにするため加工速度を変え実験を行った。加工面の観察結果を図10に示す。加工速度を大きくすることで、せん断面の被覆される領域が大きくなることがわかる。しかしながら、 280mm/s まで加工速度を速くすると、樹脂が加工に追従することが困難となりうろこ状に残っていることがわかる。一方、加工速度を 150mm/s とすると、うろこ状の樹脂も見られなくなるがわかる。また、加工後の製品にはバリの発生が見られたが、面取り付きダイスを用いた加工の場合にはバリの一部も被覆されていた。

面取り付きダイスの面取り幅(W)の被覆率への影響を調べた。面取り幅(W)の被覆率への影響を図11に示す。面取り付きダイスでは、破断面及びバリの一部も被覆されたため被覆率はバリも考慮に入れた被覆率である。面取り角が 5° の場合、面取り幅が大きくなることに伴い、被覆率も向上することがわかる。一方、面取り角が 15° の場合では、面取り幅が大きくなっても、被覆率の変化はほとんどみられない。

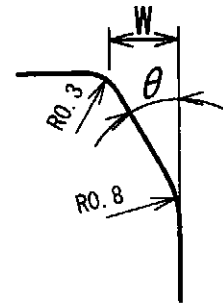
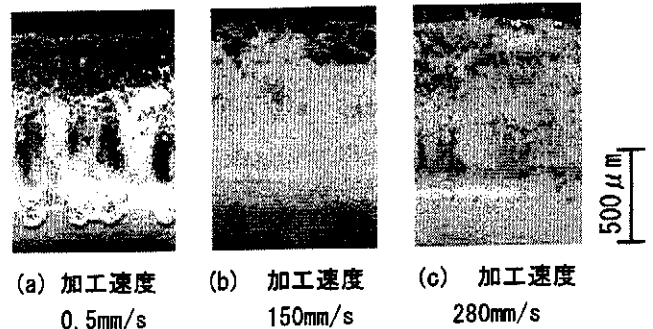


図9 面取り付きダイス形状

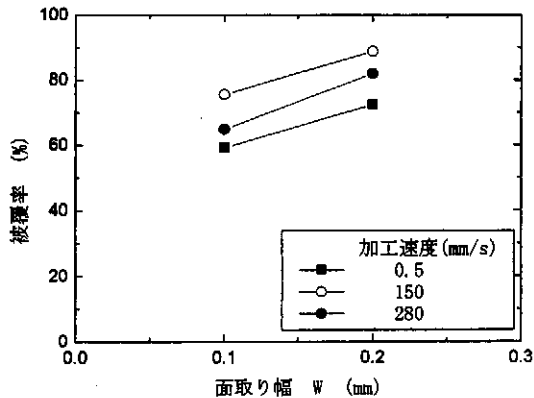


(a) 加工速度 0.5mm/s (b) 加工速度 150mm/s (c) 加工速度 280mm/s

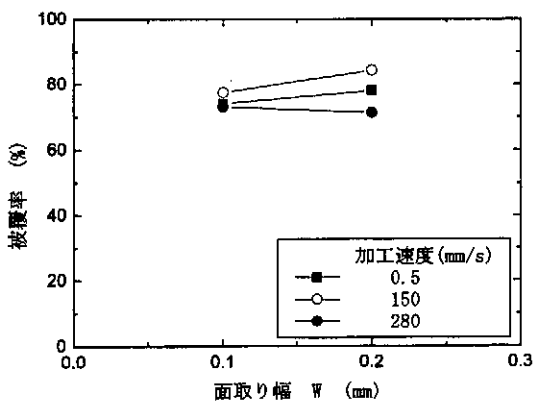
図10 加工速度の被覆率への影響
(両面プレコート, 膜厚 $60\mu\text{m}$, $\text{Cl}3\%$, 加工温度 120°C , 面取り幅 0.2mm , 面取り角 5°)

面取り角を変え加工を行った場合のせん断面の観察結果を図12に示す。実験により得られた被覆率と面取り角度の関係を図13に示す。面取り角を大きくすることで、加工後のせん断面の樹脂は、うろこ状になることがわかる。一方、面取り角(θ)を小さくすることで被覆率が向上することがわかる。

以上より、面取り付きダイスを使用し、適切な面取り角 θ 、加工速度を選択することで、全面被覆に近い状態を実現できることがわかる。丸み付きダイスでは丸みが大きいと樹脂が破断されにくく被覆率は向上するが、被



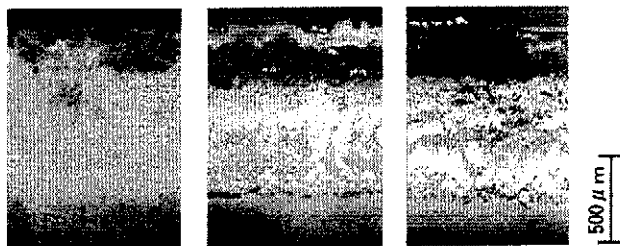
(a) 面取り角 5°



(b) 面取り角 15°

図11 面取り幅(W)の被覆率への影響

(両面プレコート、膜厚 20 μ m, 加工温度 120°C, C13%)



(a) $\theta=5^\circ$ (b) $\theta=15^\circ$ (c) $\theta=30^\circ$

図12 面取り角の被覆率への影響

(両面プレコート、膜厚 60 μ m, C13%, 加工温度 120°C, 面取り幅 0.2mm, 加工速度 150mm/s)

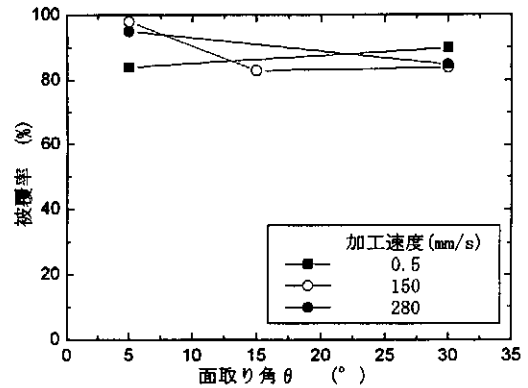


図13 面取り角の被覆率に及ぼす影響

(両面プレコート、樹脂膜厚 60 μ m, 加工温度 120°C)

覆されるのはだれと平滑面に限られる。また、バリの増大とバリ部分には被覆されない問題があった。しかし、面取り付きダイスを用いると、破断面及びバリの一部も被覆できた。

5. 結論

- 1) 角丸みをつけたダイスによるプレコート材のせん断面では、だれ面、平滑面の樹脂被覆が可能である。平滑面を被覆した樹脂は、だれ面の樹脂が引き込まれたものと考えられる。
- 2) 角丸みをつけたダイスによるプレコート材のせん断加工では、樹脂を介してせん断が行われる。
- 3) 面取り付きダイスの使用と適切な温度、クリアランス設定で、ほぼ全面を樹脂被覆できる。

参考文献

- 1) 町田輝史：プレコートメタルの技術と将来性，プレス技術，Vol. 33, No. 10(1995)，日刊工業新聞社，P18.
- 2) プレコート・表面処理アルミニウム板材の成形性データブック，研究部会報告書 No. 37(2000)，軽金属学会，p. 140~p. 147

本研究成果の公表状況

- 1) 笹田昌弘，山添勝芳，青木勇：平成 13 年塑加春講論，(2001)

謝辞

本研究の実施にあたり財団法人天田金属加工機械技術振興財団の奨励研究助成を賜りましたことを付記し、謝意を表します。

本研究は、(社)軽金属学会「プレコート材・表面処理のプレス加工技術研究部会」の共同研究に端を発するもので、同委員会(主査・大澤泰明法政大教授)に謝意を表す。

