

新商品紹介

プラスチックとの接合性に優れた特殊表面改質鋼板「プラタイト®」

森川 茂保* 上田 大地* 中野 忠** 辻村 太佳夫***

「Pla-Tight®」: surface-modified steel sheet with enhanced adhesion to plastics

Shigeyasu Morikawa, Daichi Ueda, Tadashi Nakano, Takao Tsujimura

1. 緒言

近年、自動車・航空・建築・電子機器業界では、軽量化や設計自由度の向上を目的に多種多様な材料を組み合わせる「マルチマテリアル化」が検討されている¹⁻⁶⁾。例えば、図1に示す自動車に使用される素材比率の推移予測⁷⁾によれば、自動車の軽量化を目的として、2010年には重量の約75%を占めていた普通鋼に代わり、高張力鋼板、あるいはチタン、マグネシウム、アルミニウムおよび炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を含めたプラスチックなどの非鉄鋼材料の使用比率が今後ますます増加す

ると予測されている。

とくに、プラスチックは軽量だけでなく形状の自由度が高く、ガラス繊維や炭素繊維を含有させることで強度アップが可能のため、自動車以外にも多くの分野で適用が拡大している。

ただし、材料の単純な置き換えだけではコストアップや強度不足になる場合が多い。強度・重量・コストをバランスさせるには、安価な鋼板と軽量なプラスチックを複合して使いこなすことが重要であり、その実現には鋼板とプラスチックの異材接合技術が必要となる。

従来から、ボルトやリベットなどによる機械的接合、あるいは接着剤による接合などが行われている。また近年では、レーザー照射や特殊な薬液によるエッチングで金属表面を粗面化処理し、アンカー効果によりプラスチックを直接接合する方法が提案されている⁸⁾。

しかし、機械的接合や接着剤を使用した接合はボルトや接着剤などの副資材が必要であるとともに、穴開け作業、接着剤の塗布作業や硬化待ちといった工程負荷がある。また、溶剤を含む接着剤は環境負荷が大きいという課題もある。一方、金属表面の粗面化処理は、アルミニウムやステンレス鋼での採用事例はあるものの⁹⁾、各種めっき鋼板での実用例はない。

そこで、ボルトや接着剤などの副資材を用いず、加熱・加圧するだけの単純な工程かつ短時間で、鋼板とプラスチックを直接接合することが可能な、プラスチックとの接合性に優れた特殊表面改質鋼板「プラタイト®」を開発した。本報ではプラタイト®に接合可能なプラスチックの種類ならびにプラスチックとの接合体の品質特性につ

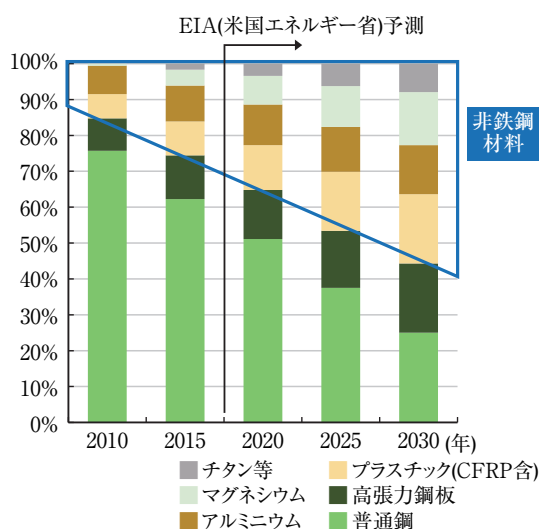


図1 自動車に使用される素材比率の推移予測
Fig.1 Transition prediction of automobile material ratio.

*表面処理研究所 表面処理第二研究チーム
**表面処理研究所 表面処理第二研究チーム サブリーダー
***表面処理研究所 表面処理第二研究チーム チームリーダー

いて紹介する。

2. 製品構成と接合可能なプラスチック

2.1 プラタイト®の製品構成

図2に当社主力製品である高耐食性溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき鋼板「ZAM®」¹⁰⁾をベースに開発したプラタイト®の構成を示す。高耐食性を有するZAM®の表面に、特殊表面改質層を設けている。また、プラタイト®には「プラタイト®G」と「プラタイト®E」の2種類があり、それぞれ接合可能なプラスチックが異なる。



図2 プラタイト®の構成
Fig. 2 Schematic illustration of Pla-Tight®.

2.2 プラタイト®に接合可能なプラスチック

図3にプラスチックの2017年度国内生産量¹¹⁾を示す。全生産量のうち90%以上が熱可塑性プラスチックであることから、プラタイト®は熱可塑性プラスチックとの接合に主眼をおいて設計した。

表1にプラタイト®と直接接合が可能なプラスチックの種類と主な用途¹²⁾を示す。

プラタイト®Gは、自動車・家電部品やコンテナなど、様々な用途で使用されているPP(ポリプロピレン)との接合が可能である。一方、プラタイト®Eは、汎用プラスチックであるEPS(発泡スチロール)やABS(アクリロニトリル-ブタジエンスチレン共重合体)、ならびにスーパーエンジニアリングプラスチックであるPPS(ポリプロピレンサルファイド)などと接合が可能である。

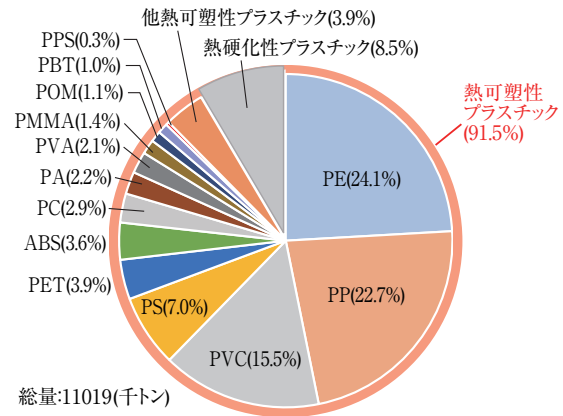
これら2種類のプラタイト®により、図3に示す国内で生産される熱可塑性プラスチックの大半と接合可能である。

3. 品質特性

プラタイト®とプラスチックの接合体の品質特性について紹介する。

3.1 接合体の作製方法

プラタイト®には、板厚0.6mmのZAM®をベースとし



凡例

PE	: ポリエチレン
PP	: ポリプロピレン
PVC	: ポリ塩化ビニル
PS	: ポリスチレン (EPS:発泡スチロール含む)
PET	: ポリエチレンテレフタレート
ABS	: アクリロニトリル-ブタジエンスチレン共重合体
PC	: ポリカーボネート
PA	: ポリアミド
PVA	: ポリビニルアルコール
PMMA	: ポリメチルメタクリレート (アクリル)
POM	: ポリアセタール
PBT	: ポリブチレンテレフタレート
PPS	: ポリフェニレンサルファイド
他熱可塑性プラスチック	: TPE(ポリエステルエラストマー), PTFE(ポリテトラフルオロエチレン)など
熱硬化性プラスチック	: エポキシ、フェノールなど

図3 プラスチックの2017年度国内生産量
Fig. 3 Annual plastic production in Japan (2017).

表1 プラタイト®と接合可能なプラスチック種と主な用途
Table 1 List of plastics and typical applications joinable to Pla-Tight®.

プラタイト®	プラスチック	主な用途
プラタイト®G	PP	自動車部品, 家電部品, コンテナ, パレット, 医療器具, 日用品
プラタイト®E	PVC	サッシ, 床材, 壁紙, ビニルレザー, ホース, 電線被覆
	EPS	建材(断熱材), 容器, 緩衝材, 畳の芯, 土木(盛土)
	PET	絶縁材料, 各種透明包装・容器
	ABS	OA機器, 自動車部品(内外装品), 建築部材(室内用), 電気製品(エアコン, 冷蔵庫)
	PMMA	透明カバー, 照明器具, 化粧パネル
	PC	電子部品ハウジング(携帯電話他), 自動車ヘッドランプレンズ, 透明屋根材
	PBT	自動車部品(アンダーガード, フロントパネル, 電装部品など), 電気部品
	PPS	自動車電装部品, 電子部品, 住設・OA・精密機器
	TPE	加硫ゴム代替(ウエザーストリップ, 各種ブーツ), 各種パッキン, 滑り止め

たプラタイト®G, プラタイト®Eをそれぞれ用いた。接合させるプラスチックとして、プラタイト®GにはPPを、プラタイト®EにはPPSをそれぞれ使用した。なお、いずれのプラスチックともGF(ガラス繊維)を含有している。

プラタイト®とプラスチックとの接合には射出接合法を採用した。図4に示すように、射出成形用金型内にプラタイト®を配置し、熔融したプラスチックを表2に示す条件で射出成形すると同時にプラタイト®に押し付け、その状態で金型温度まで冷却させてから取り出すことで、図5に示すISO19095-2Bに準じた形状の、プラ

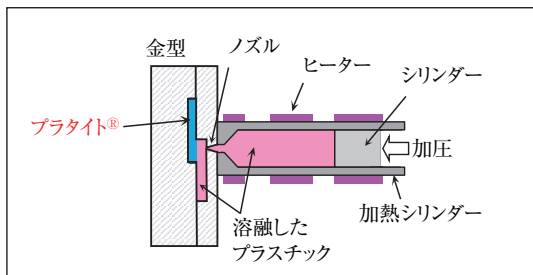


図4 射出接合法の例
Fig. 4 Injection joining method.

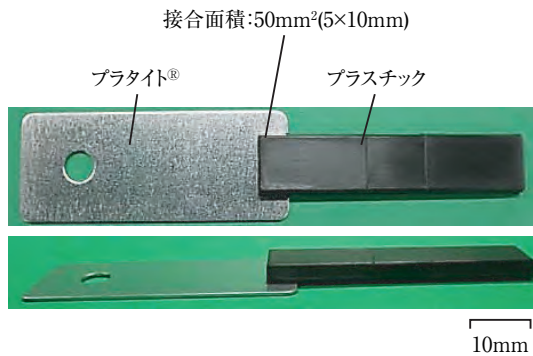


図5 せん断強度測定用試験片(ISO 19095-2B)
Fig. 5 Specimen for shearing test (ISO 19095-2B).

表2 射出接合条件
Table 2 Conditions of injection joining.

プラタイトの種類	適用プラスチック				射出接合条件		
	プラスチック種	メーカー	品番	強化繊維	射出温度(°C)	保圧(MPa)	金型温度(°C)
プラタイト®G	PP	株式会社 プライムポリマー	R350G	GF:30%	250	50	120
プラタイト®E	PPS	ポリプラスチック 株式会社	1150MF1	GF:40%	310	50	160

イト®とプラスチックとの接合体を作製した。また、比較材として、あらかじめ射出成形しておいたGF含有のPP, PPSをそれぞれ、表3に示す接着剤、ならびに接合方法でZAM®と接着させ、図5と同じ形状の接合体を作製した。作製した接合体の明細を表4に示す。

表3 供試接着剤ならびに接合方法
Table 3 Adhesives and conditions of bonding.

プラスチック	接着剤種	組成	備考
PP用	A	合成ゴム(SBR)系接着剤	金属, ゴム, 石材, 各種プラスチックが接合可能
PPS用	B	弾力性シリコーン変性エポキシ系接着剤	金属, ゴム, 石材, 各種プラスチックが接合可能 (PP接着不可)
接合方法		荷重: 0.02MPa, 養生時間: 72時間(室温)	

表4 接合体の明細
Table 4 Details of joints.

No.	略号	基材	接合したプラスチック	接合方法
①	プラタイト®G/PP接合体	プラタイト®G (ZAM®ベース)	PP	射出接合(表2)
②	接着剤A/PP接合体	ZAM®		接着剤(表3)
③	プラタイト®E/PPS接合体	プラタイト®E (ZAM®ベース)	PPS	射出接合(表2)
④	接着剤B/PPS接合体	ZAM®		接着剤(表3)

3.2 引張りせん断強度

作製した接合体についてISO19095-3に準じた引張せん断接合強度を測定した。

図6にせん断強度測定結果を示す。プラタイト®G/PP接合体およびプラタイト®E/PPS接合体のせん断強度は約15MPaであるのに対し、接着剤A/PP接合体および

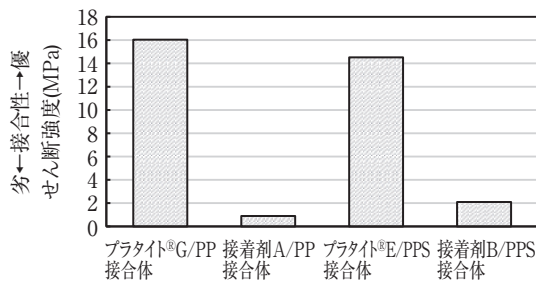


図6 接合体のせん断強度測定結果
Fig. 6 Shear strength measurement results of joints.

接着剤B/PPS接合体では1～2 MPa程度である。このことから、プラタイト®はプラスチックと優れた接合性を有することがわかる。

3.3 接合耐久性

プラタイト®/プラスチック接合体の耐久性を評価するため、表4に示した接合体を表5に示す耐久試験にそれぞれ供した後、前述と同様の方法で引張せん断強度を測定した。

表5 耐久試験条件
Table 5 Durability testing.

No.	耐久試験名	試験条件	試験時間・サイクル
1)	耐熱試験	80℃一定	8, 17, 25, 33(日)
2)	高温高湿試験 (ISO 19095-4)	85℃, 85%RH	24, 48, 168, 336, 672, 1200, 1600, 2000(時間)
3)	サーマルショック 試験(ISO 19095-4)	←-40℃×1時間→120℃×1時間→ 1サイクル	10, 50, 100, 200, 500, 1000(サイクル)

1) 耐熱性

図7に耐熱試験後のせん断強度を示す。いずれのプラタイト®との接合体も接着剤との接合体に比べ、試験初期から高いせん断強度を有しており、試験時間30日を越えてもせん断強度は低下しなかった。なお、接着剤B/PPS接合体では、試験後にせん断強度が高くなる傾向がみられた。これは、高温環境下で接着剤層の架橋が促進され、強度が増加したためと推察される。

2) 耐高温高湿性

図8に高温高湿試験後のせん断強度を示す。すべての接合体で、試験時間の経過にともない徐々にせん断強度が低下する傾向がみられたが、初期強度の高いプラタイト®の接合体は2000時間後でも接着剤の接合体に比べ、高いせん断強度を保っていた。

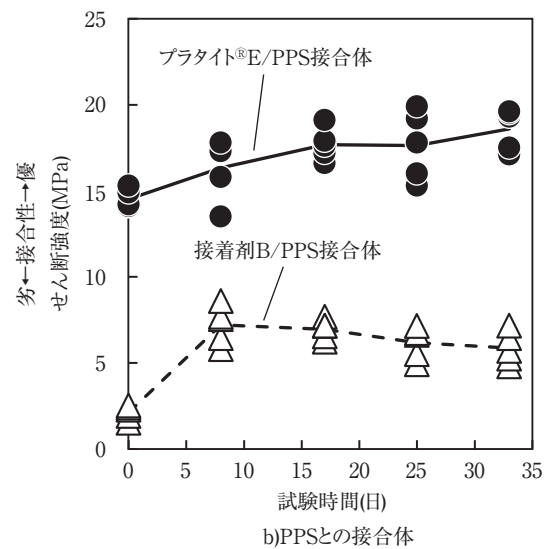
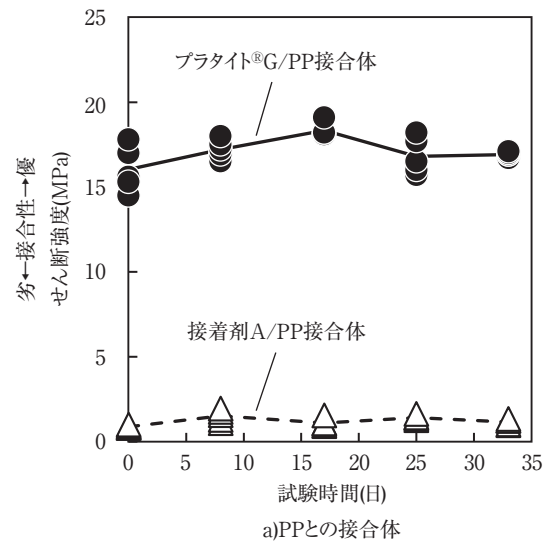


図7 耐熱試験後のせん断強度(n=5)
Fig. 7 Lap shear strength of the joints after heat test at 80°C (n=5).

3) 耐サーマルショック性

鋼板とプラスチックのように熱膨張率(鋼板の熱膨張率:約 $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, PPの熱膨張率:約 $110 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)の大きく異なる材料を直接接合した接合体が加熱・冷却されると、材料間に歪が生じて接合強度が低下する可能性がある。そこで、短時間で-40℃と120℃雰囲気交互に曝し、急激な温度変化により加速劣化させるサーマルショック試験後のせん断強度を測定した。

図9にサーマルショック試験後のせん断強度を示す。すべての接合体で、試験時間の経過にともない徐々にせん断強度が低下する傾向がみられた。とくに接着剤A/PP接合体では200サイクル後、接着剤B/PPS接合体では1000サイクル後にプラスチックが外れている接合体があった。それに対してプラタイト®G/PP接合体、プラ

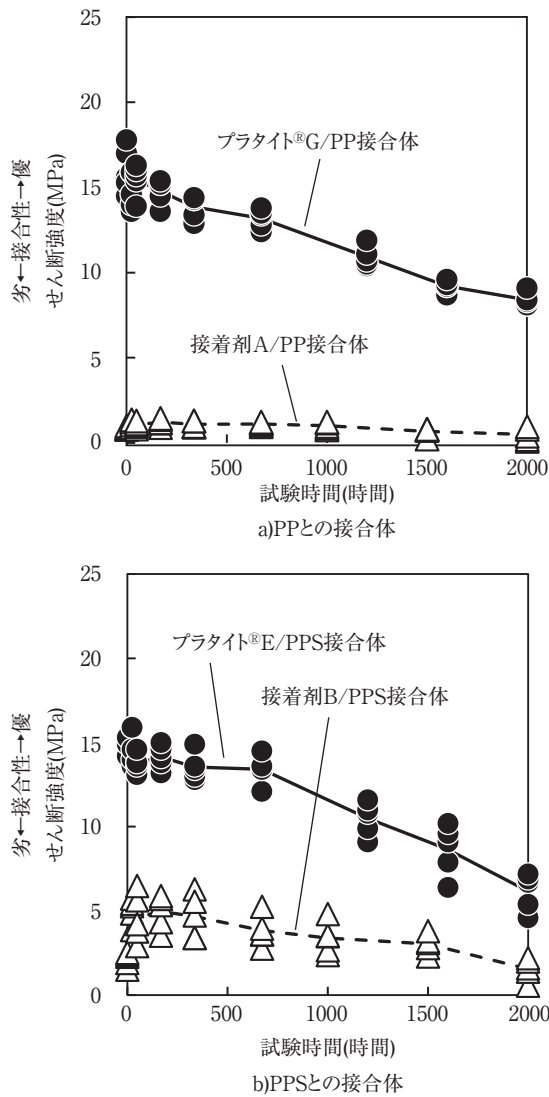


図8 高温高湿試験後のせん断強度(n=5)
Fig. 8 Lap shear strength of the joints after high-temperature high-humidity durability test (n=5).

タイト®E/PPS接合体ともに、1000サイクル後でも接着剤との接合体の初期強度より高いせん断強度を有していた。

以上の結果から、いずれの接合体とも耐久試験により徐々にせん断強度が低下する傾向はあるものの、接着剤による接合体と比較して、プラタイト®を用いた接合体は初期強度が高く、耐久試験後もせん断強度を保持している。このことから、プラタイト®とプラスチックとの接合体は優れた接合耐久性を有することがわかる。

4. 接合方法例

3章では、プラタイト®とプラスチックの接合に射出

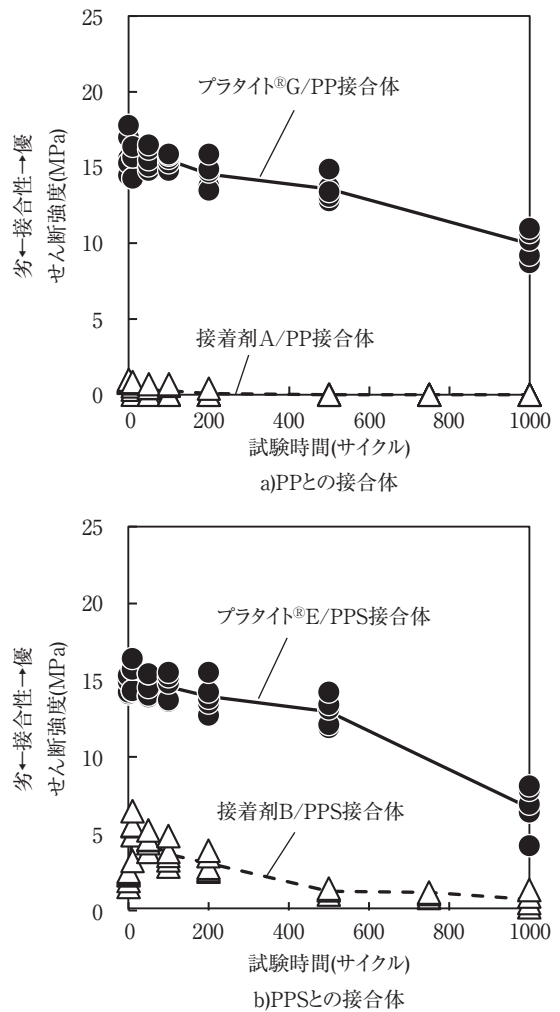


図9 サーマルショック試験後のせん断強度(n=5)
Fig. 9 Lap shear strength of the joints after thermal shock durability test (n=5).

接合法を用いた。プラタイト®とプラスチックの接合は、射出接合法以外でも、①加熱、②加圧・密着、③保持・冷却という比較的簡便かつ短時間の工程で可能である。これら一連の工程を実現するための、いくつかの実用的な接合方法について以下に紹介する。図10にプラタイト®とプラスチックの接合方法例を示す。

A: 熱圧着接合法 (図10)

プラタイト®をホットプレートやIH(高周波誘導加熱)などで加熱し、プラタイト®にプラスチック成形部品を押し付けながら冷却することで、プラタイト®とプラスチックを接合することができる。なお、プラスチックを押し付ける工程は手作業でも可能なため、加熱設備のみでも簡便に接合することができる。

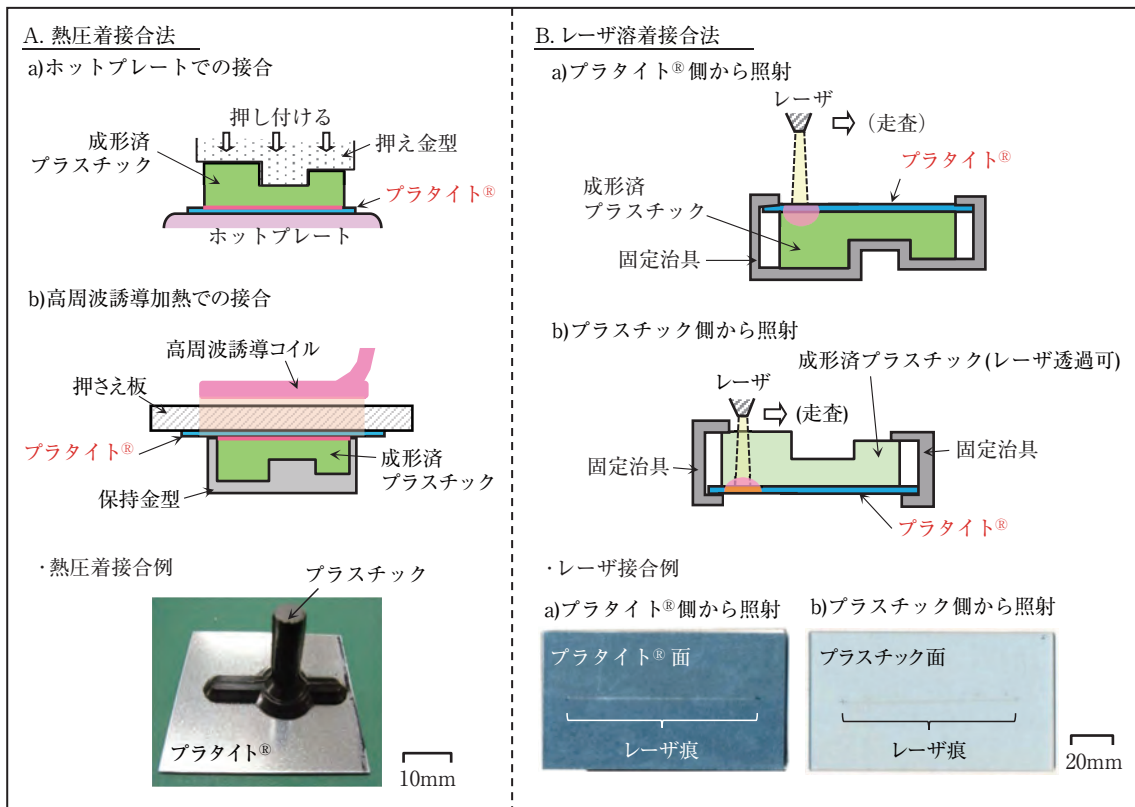


図10 プラタイト®とプラスチックの接合方法例
Fig.10 Typical methods of jointing plastic to Pla-Tight®.

B;レーザー溶着接合法(図10)

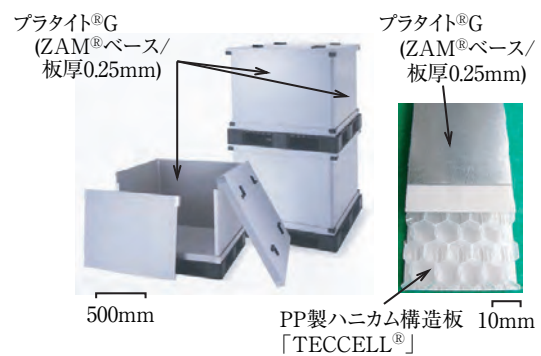
プラタイト®とプラスチックを接触させ、治具で固定した状態で、レーザー照射による加熱を行い接合する方法である。プラタイト®に直接レーザーを照射して接合界面を加熱する方法だけでなく、レーザーが透過可能なプラスチックであれば、プラスチック側から照射して加熱する方法も可能である。また、レーザーは出力と焦点を制御することで、加熱温度とその範囲を調整することができるため、熱影響範囲を小さくすることで、熱歪による変形を抑制することができる。

C:射出接合法(図4)

プラタイト®を金型内に配置し、熔融状態のプラスチックを押し付け(射出)、冷却後に取り出すことで、プラタイト®にプラスチックを直接接合することができる。接合に必要な加熱は熔融したプラスチックから得られ、加圧はプラスチックを射出する圧力を利用する。プラスチック部品の成形と同時に接合ができることから、別工程で部品を接合する手間が省け、工程省略が可能となる。なお、本法ではプラスチック部品生産に用いる一般的な射出成形機を使用することができる。

5. 用途例

図11にプラタイト®の適用例を示す。従来、PP製のハニカム構造板にアルミニウム板を接着剤で貼付けした大型物流ボックスが使用されていた。しかし、接着剤の管理や塗布工程が大きな負荷であることや、アルミニウム



「TECCELL®」は、岐阜プラスチック工業(株)の登録商標です。

図11 プラタイト®の適用例(岐阜プラスチック工業製CPボックス)
Fig.11 Typical application of Pla-Tight®. [CP box (cargo container) made by Gifu Plastic Industry Co., Ltd.]

板では運搬時の強い当て疵には耐えられない場合があった。そこで、アルミニウム板に替えZAM®ベースのプラタイト®Gを熱圧着することで、接着剤が不要となり、それにとまう工程負荷・環境負荷の削減が可能となった。さらに、ZAM®ベースのプラタイト®Gが高い強度を有することから、運搬時の当て疵に強い大型物流ボックスとなり、ユーザーから高評価を得ている。

6. 結 言

プラスチックとの接合性に優れた特殊表面改質鋼板「プラタイト®」は、以下の特徴を有する。

- ・国内で生産される多くの熱可塑性プラスチックと直接接合が可能である。
- ・ボルト、リベットや接着剤等の副資材が不要である。
- ・プラスチックと①加熱、②加圧・密着、③保持・冷却するのみで接合可能である。
- ・プラタイト®とプラスチックとの接合体は、一般的な接着剤による接合体と比較して、優れた接合性・接合耐久性を有している。

以上のことから、鋼板とプラスチックとの接合に接着剤やボルト止めを実施している用途に、プラタイト®を適用することで、省資材や接着剤塗布・ボルトの下穴開けなどの工程省略ができ、コストダウンや生産性の向上が期待できる。また、接着剤による接合からの切替であれば、環境負荷低減にも寄与可能である。

プラタイト®はZAM®のみならず、ステンレスやZAM®以外の各種めっき鋼板も原板として適用可能であるため、様々な分野での鋼材とプラスチックとのマルチマテリアル化の要求に大きく貢献できるものと考えられる。

参考文献

- 1) C. Sato : *NIKKEI MONOZUKURI*, 2 (2016), 71.
- 2) 塩崎範康 : 接着の技術, 32 (2013), 18.
- 3) R. Yoshizaki, M. Yamamoto : *The TRC Journal*, (2016), 1.
- 4) E. Oogusu : *MGSSI Report*, (2014), 1.
- 5) M. Oonishi, T. Karuishi : *FUJITSU*, 64 (2013), 274.
- 6) 異種材料接合, 日経BP社, 東京, (2014), 8.
- 7) 自動車用素材の動向, 三井住友銀行コーポレート・アドバイザー本部, (2017) 6
- 8) M. Itabashi : *Hyomenngijutu*, 66 (2015), 23.
- 9) 異種材料接合, 日経BP社, 東京, (2014), 25.
- 10) 高耐食性溶融Zn-6%Al-3%Mg合金めっき鋼板「ZAM®」
(<http://www.zam.biz/>)
- 11) 日本プラスチック工業連盟, プラスチック原材料生産実績
(http://www.jpif.gr.jp/3toukei/conts/getsuji/2017/2017_genryou_c.htm)
- 12) 日本プラスチック工業連盟, 主なプラスチックの特性と用途
(http://www.jpif.gr.jp/2hello/conts/youto_c.htm)