

ファイバレーザーによる金型補修事業から 超微細肉盛り溶接および接合の マルチマテリアル化への展開を目指して

(株)カスタム 大上 仁士*

当社は1994年に樹脂成形のための量産金型用亜鉛合金〔「ZAPREC」神岡鋳業(株)製造〕を普及させるために設立された。ZAPRECは初代ハイブリッド車のバンパーをはじめ自動車、OA機器、家電、日用品など多くの分野で採用されてきた。

その後、2006年のYAGレーザー溶接機の導入を機に、金型の肉盛り補修事業を主たる事業とし、現在に至る。事業開始からこれまでに県内外約400社より延べ15万件の金型および金型部品の補修溶接の実績があり、現在はファイバレーザー溶接機を含めて計6台のレーザー溶接機を主要設備として同事業に取り組んでいる(図1、図2)。当社では、プラスチック、ダイカスト用金型が受注の8割を占め、さまざまな材質、寸法、形状、品質の顧客要求に対応することによ

り、技術・ノウハウの蓄積や人材育成に反映させてきた。

本稿では、これまでの補修肉盛り溶接事業と金型肉盛り溶接の事例を紹介するとともに、当社の固有技術を高度化し、それを横展開するビジネスモデルを構築するために2022年発足した新規事業である「微細肉盛り・接合溶接」、「異種金属接合」および「研究開発サービス」の取組みを紹介する。

補修肉盛り溶接事業

1. 金型および関連部品の補修事例

当社では、ファイバレーザーを熱源として顕微鏡下での手動による補修肉盛り溶接を行っていることから、肉盛り補修対象は余盛り高さが数mm以下程度である。金型補修では、プラスチック射出成形金型、プレ

*Hitoshi Okami：代表取締役社長
〒939-2745 富山県富山市婦中町広田4520
TEL(076)465-3582



図1 新工場の外観(2022年2月竣工)

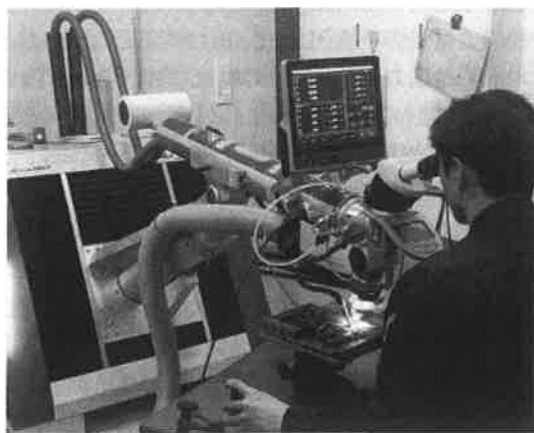


図2 ファイバレーザー溶接作業の風景

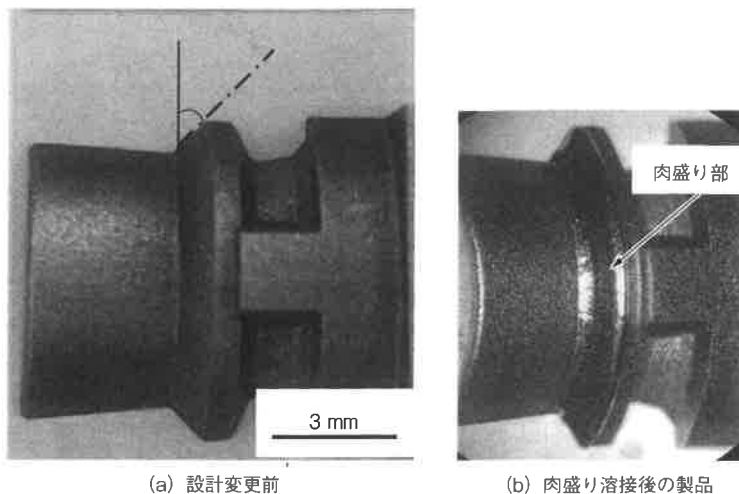


図3
設計変更によるテーパ部肉盛り

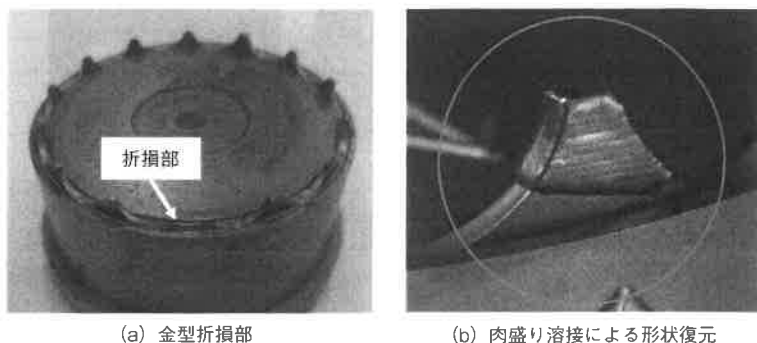


図4
金型折損部の肉盛り溶接による
復元事例

ス金型、ダイカスト金型、鍛造金型および鍛造金型など多岐に及ぶ金型に対応している。金型サイズも2~3 mmの微小金型部品から重量2 t前後の金型までさまざまである。

客先からの補修溶接依頼の目的はおおむね3つに分類される傾向がある。すなわち、①設計変更・寸法修正、②放電加工や切削加工などにおける過剰な加工の補修、③経年劣化や使用環境による劣化・破損の修復などである。

具体的な事例を以下に述べる。図3は、部品の設計変更により同図(a)のテーパ部に肉盛り溶接を行い形状修正した事例である。図4は、金型の突起部の折損した箇所を肉盛り溶接により形状を復元した事例である。図5は、アルミダイカスト用金型についてアルミ溶湯による溶損箇所の補修のために肉盛り溶接した事例である。

図6は、自動車部品であるバルブボディ（自動変速機の油圧コントロール）の金型 [同図(a)全景] の

肉盛り溶接事例である。本金型は、アルミダイカスト用金型で複雑形状が集積している。起伏に富み鋳抜きピンが通る穴形状が縦横無数に空いている。図中の矢印の箇所をレーザーで補修肉盛り溶接した事例である。

図中の溶接箇所(b)は深穴の内壁肉盛り、 $\phi 8$ mm、 $Z=10$ mm、近傍の壁高さは20 mmである。(c)は15×18 mmの壁面全面肉盛り、向かいの壁との間隔は5 mmとなっている。(d)、(e)、(f)はスライド横穴の内径全周肉盛りを示す。

図7は狭小ピッチのコネクター金型成形部の角潰れ肉盛り補修溶接である。

2. 特殊溶接材料を活用した肉盛り溶接事例

アルミダイカストでは700℃前後のアルミ溶湯が金型へ高速、高圧で射出される。金型の損耗は激しく、湯口付近などの特定の箇所では形状の溶損が深刻である。アルミダイカスト用金型材料としてよく使用されるSKD61やマルエージング鋼は、補修溶接用材料としても利用されるが、耐溶損性にはやや劣る。そこで、

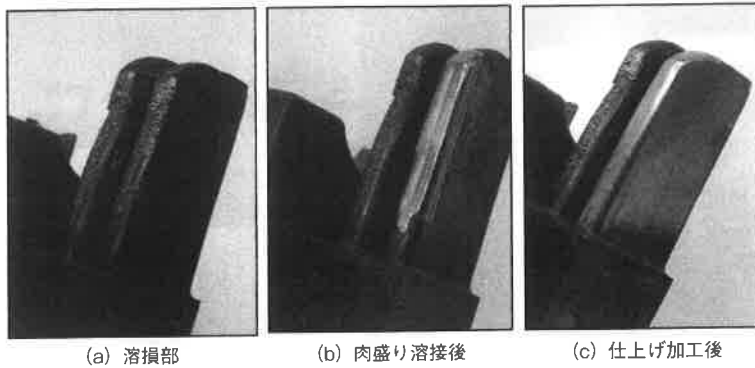


図5
アルミダイカスト用金型の溶損部の
補修肉盛り溶接の事例

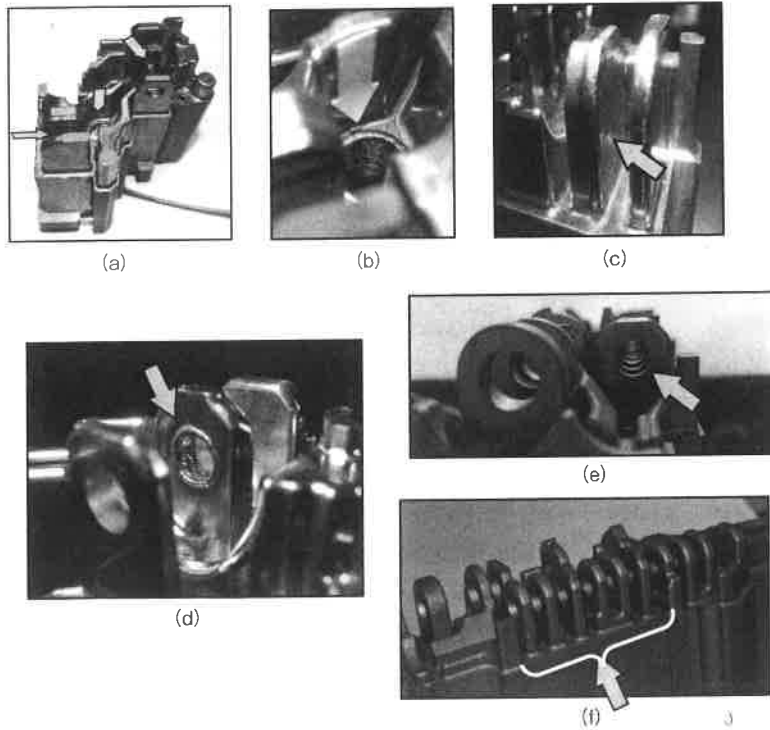


図6
バルブボディ中子部品の肉盛り溶接
事例(図中の矢印が肉盛り溶接箇所)

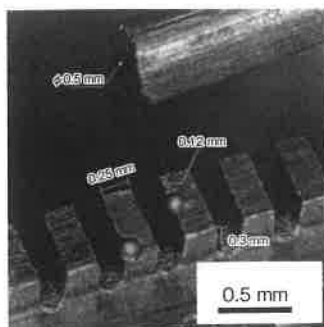


図7 コネクター用金型の肉盛り
溶接事例

耐溶湯アルミ浸食性に優れたタングステン(W)に着目し、Wを重量比60%含有する鋼材(硬さ53 HRC・Fe、Ni合金)を溶接棒として肉盛り溶接を行い、溶湯アルミによる溶損テストを行った。

図8に、アルミダイカスト用金型についてマルエージング鋼、SKD61および60%W含有鋼を肉盛り溶接した鑄抜きピンの耐溶湯アルミ浸食性試験の結果を示す。浸食試験は溶湯温度720℃、ピン回転速度2,000 min⁻¹、浸漬時間60 minとした。同図(b)マルエージング鋼の場合はピン先端が激しく浸食され、ほ

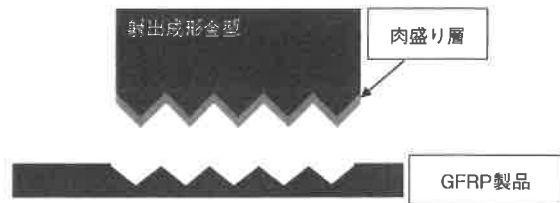


(a) 鋳抜きピンの肉盛り溶接工程

図8
アルミダイカスト用金型鋳抜きピンの肉盛り溶接部の耐アルミ溶損性評価



(b) マルエージング鋼肉盛りピン (浸漬試験後) (c) SKD61肉盛りピン (浸漬試験後) (d) 60%W含有鋼肉盛りピン (浸漬試験後)



(a) 硬化肉盛りした金型のイメージ

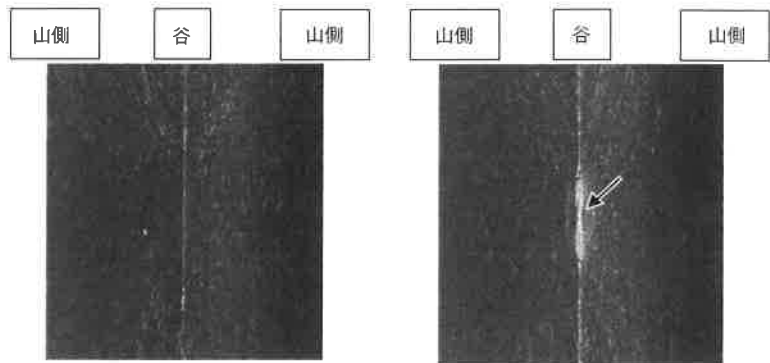


図9
繊維強化プラスチック用射出成形金型の表面硬化肉盛りの事例

(b) 高硬度肉盛り材料 (62 ~ 65 HRC)

(c) ステンレス合金製肉盛り材料 (SUS420J2系 : 53 HRC)

は消失した。同図(c)SKD61 の場合は表面全体が浸食され、先端部のエッジは形状が保たれていない。一方、同図(d)60 % W 含有鋼の場合は、変色はあるものの、肉盛り部に浸食の影響はほとんど認められなかった。

ガラス繊維強化プラスチック (GFRP) の射出成形では、強化材であるガラス繊維が金型の摩耗を促進するため、金型表面の耐摩耗性改善のニーズがある。図

9にプラスチック射出成形金型の耐摩耗性を改善する目的で、2種類の硬化肉盛り材料を肉盛りした後の製品外観を比較した結果を示す。これらの硬化肉盛りされた金型を使用して試作した製品 (材質: 液晶ポリエステル樹脂、GF35 %含有) の底部分である「谷」の形状を比較したものを同図(b)および(c)に示す。

(b)の高硬度肉盛り材料SKH58相当 (硬さ62 ~ 65 HRC) の場合、20万ショットの成形後でも製品の

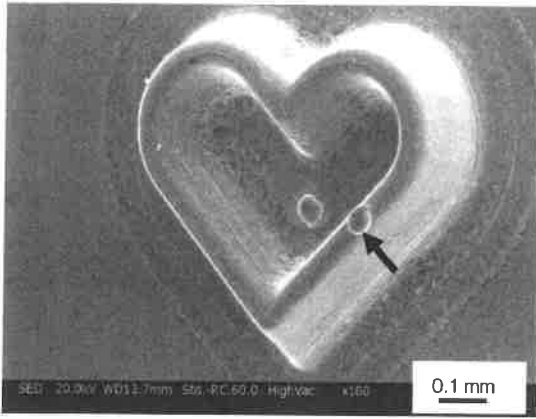


図10 宝飾品刻印用金型微小部の補修肉盛り溶接の事例

谷部分に相当する箇所が明瞭に観察できるのに対して、硬さが低いがよく使用される SUS420J2 系の肉盛り材料 (53 HRC) の場合は、15 万ショットの時点で谷の一部が不明瞭で所定の寸法が得られなかった。この事例では、その後射出成形機のゲート口周辺に対しても硬化肉盛り溶接を施すことになった。

新規事業への取組み

1. 微細溶接および肉盛り溶接への挑戦

最近の製品の小型化ニーズにより、金型業界においてもより微細な溶接や補修肉盛りの要求が高くなる傾向にある。そこで、当社では従来に比べて、より微細な溶接や肉盛り技術の開発に取り組んでいる。レーザー設備の光学系や溶接用治具装置の改善を行い、従来の肉盛り溶接ビードの約 1/3 のサイズまで安定して溶接加工ができるようになった。以下にその事例を紹介する。

図 10 は、宝飾品の刻印用金型の打痕跡修正のため、0.05 mm 幅での補修肉盛り溶接した事例である。また、図 11 にコネクター用金型のコアピンの補修肉盛り溶接の試作品の事例を示す。同図(c)の A のエッジへの肉盛り溶接部の幅は約 0.05 mm である。B の肉盛り溶接ビードは従来手法で肉盛りしたビード外観を示し、幅は約 0.18 mm であった。

次に微小溶接の事例を紹介する。図 12 は SK 材製のシムテープの溶接継ぎ手の事例である。突合せ継ぎ手溶接を行い、ルート間隔は設けず、溶接棒も不使用で行った。裏波も確認され、ビード幅は 0.08 mm であった。図 13 は SUS304 ステンレス線 ($\phi 0.03$ mm) の突合せ溶接の事例である。溶接棒は不使用で、溶接部は溶融部が母材を巻き込み、 $\phi 0.05$ mm ほどになった。

2. 異種金属溶接への挑戦

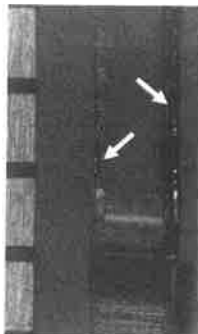
金型やその関連部品に対して、より微細な肉盛り溶接のニーズが高まっていることは述べたが、同時に強いニーズがある技術として溶接・接合のマルチマテリ



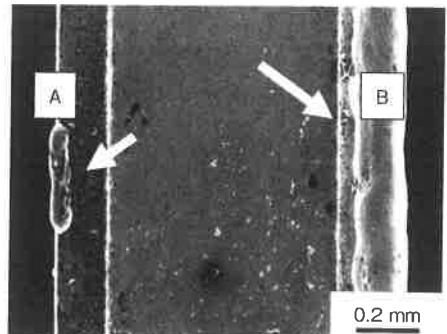
図12 シムテープの微細溶接の事例
(材質：SK 材、板厚：0.03 mm)



(a) コネクターコアピン全体写真



(b) 肉盛り部拡大写真



(c) 電子顕微鏡写真

図11 コネクターコアピンの補修微細肉盛り溶接の事例

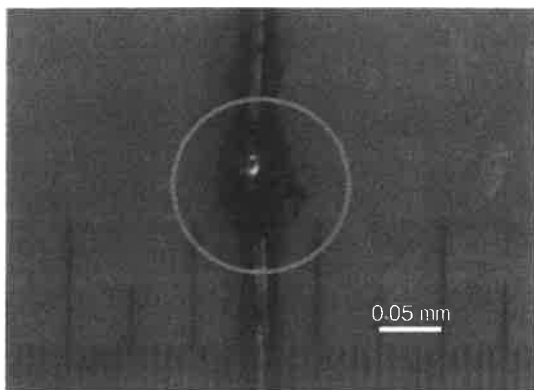


図 13 ステンレス細線の実合せ溶接継ぎ手の事例
(材質：SUS304、線径：0.03 mm)

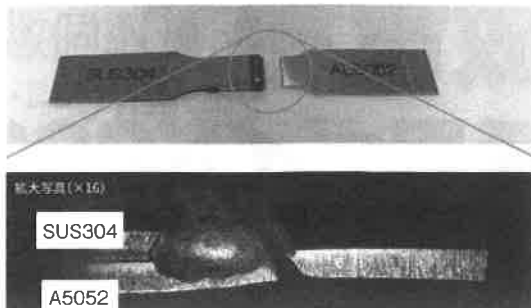


図 14 SUS304 と A5052 アルミ合金板の重ねすみ肉溶接継ぎ手の引張試験後の試験片

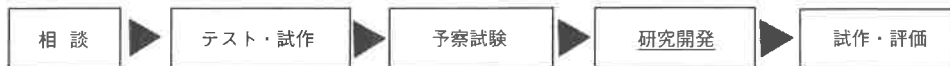


図 15 受託研究開発サービスのイメージ

アル化が挙げられる。当社に寄せられる相談のうち、自動車や医療機器、エレクトロニクス、ケミカル関係が半数以上を占める。ニーズの高い金属の組合せは、ステンレス鋼とアルミ合金、チタンとその合金とステンレス鋼、チタンとアルミ合金および純銅とアルミ合金などである。

SUS304 ステンレス鋼板と A5052 アルミ合金板の重ねすみ肉溶接の開発事例を紹介する。図 14 に重ねすみ肉溶接継ぎ手の引張試験後の継ぎ手外観を示す。重ね継ぎ手の下側がアルミ合金である。破断位置は、すみ肉溶接部と母材アルミ合金との境界付近の HAZ 部（熱影響部）であった。

3. 受託研究開発への挑戦

最近、当社ではこれまでに述べてきた事案の相談が急増している。「〇〇と〇〇を接合したい」、「既存の部品は SUS 製で溶接されているが、アルミニウムに変更したい」など月平均 3 件ほどの問合せがある。まずはテスト加工を行うが、今までは一度のテストで判断されるケースもあった。しかし、加工条件は 1 つではないため、幾度となく試みを繰り返し成功する例もある。

これまでと異なり、加工難度の高い相談が増える中、確実に受注に結びつけるためには、相談時に客先への提案を積極的に行い、客先と協働して解決に結びつけ

るサービスの提供を行う必要がある。そこで、2022 年に新たに研究開発受託の事業を立ち上げた。

図 15 に当社がイメージする受託研究開発サービスの業務の流れを示す。テスト・試作に始まり、必要であれば外部研究機関と連携し課題の解決に寄与するサービスである。また、研究開発サービスのみではなく、当社固有技術の高度化を図るとともに、客先や社会的ニーズ、課題などに対応する体制の構築と自社開発技術の積極的な発信・公開を予定している。

☆

大手企業の研究開発の委託先は、系列グループ内部が大半を占めると言われる。系列外への委託は例外的で、一般には検査や分析といった定型業務のみを工業試験場、大学、民間企業が対応してきた。外部への技術開発委託は海外では新たな形のビジネスとして定着しつつあるが、情報の流出を嫌う企業、実現の可能性が不明なまま交わされる請負契約のリスクなど課題も多い。今後はそれらの問題に対応するシステムを構築し、将来のモノづくりに貢献したい。

