



パンチ工業株式会社

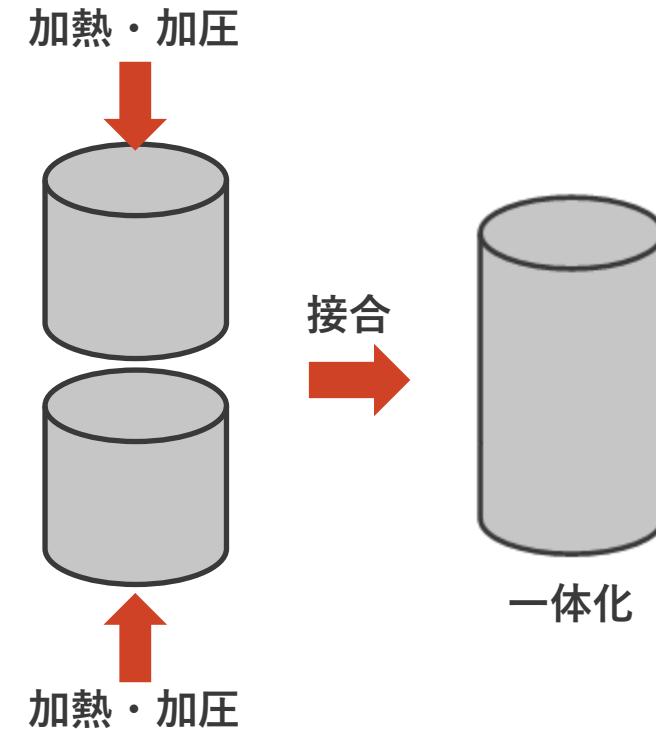
P-Bas(接合技術)について

2022年12月23日
新技術推進PJ

1. P-Basとは

P-Bas (ピーバス)

- ▶ パンチ工業で、研究・開発している接合技術
- ▶ 2つ以上の金属材料に熱と圧力を加えることで、金属材料を一体化できる。
- ▶ 温度・圧力・時間を最適化することで、接合していないものと比較して90%以上の接合強度を得ることができる。
- ▶ 接合後に、焼なまし処理をおこなうことで、接合後も生材と同様に加工できる。
- ▶ P-Bas … Punch - Bonding and Sintering

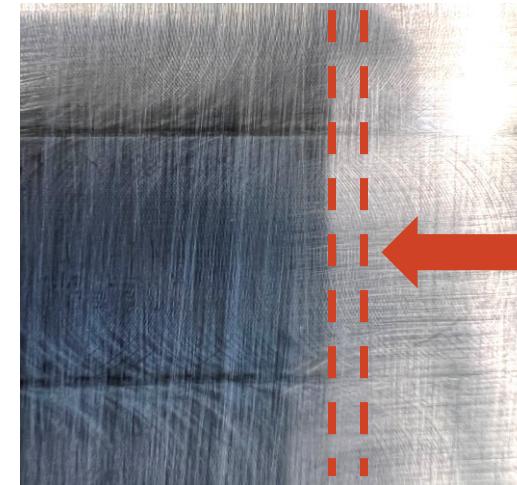


1. P-Basとは

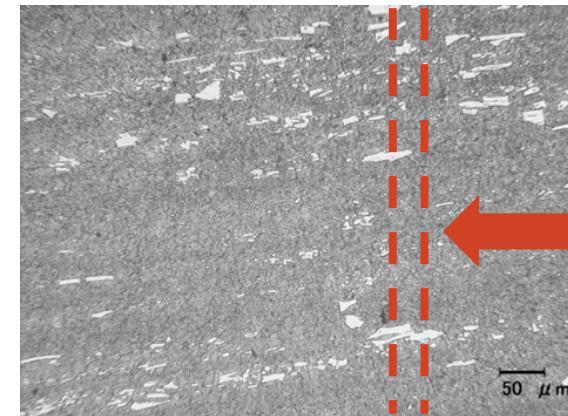
つなぎ目のない接合

- ▶ 金属を溶かすことなく、一体化できる。
- ▶ 接合部分は、接合したつなぎ目がない。
- ▶ 接合部分を拡大して観察しても、つなぎ目は確認できない。

接合品



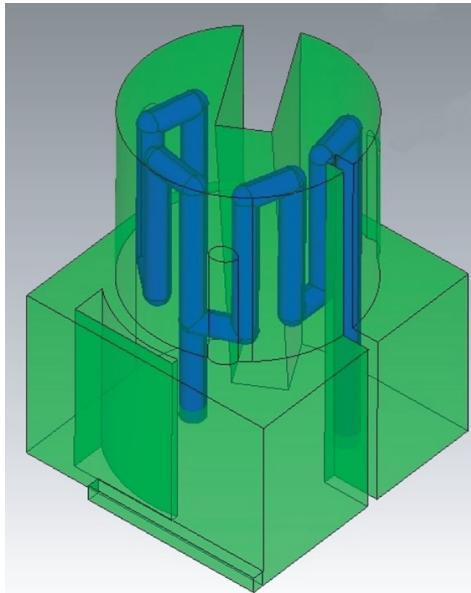
拡大図



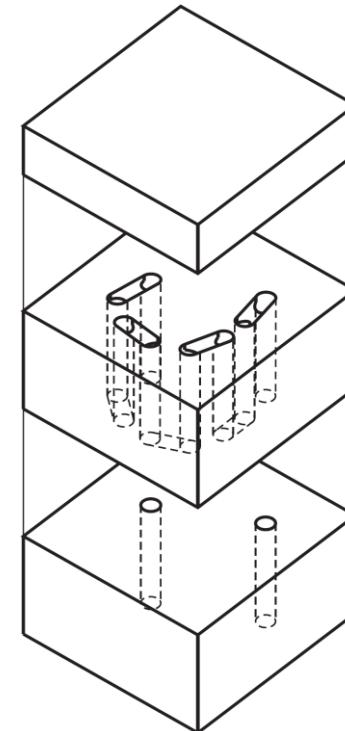
1. P-Basとは

理想的な水管の金型部品

- ▶ 接合技術を用いることで、今まで金属3Dプリンターでしか、作製できなかった水管付きの金型部品を作製できる。
- ▶ 穴や溝を加工した、分割部品を接合後に、外側を加工する。



水管が配置された部品



分割した部品



2. 金属3Dプリンタとの比較

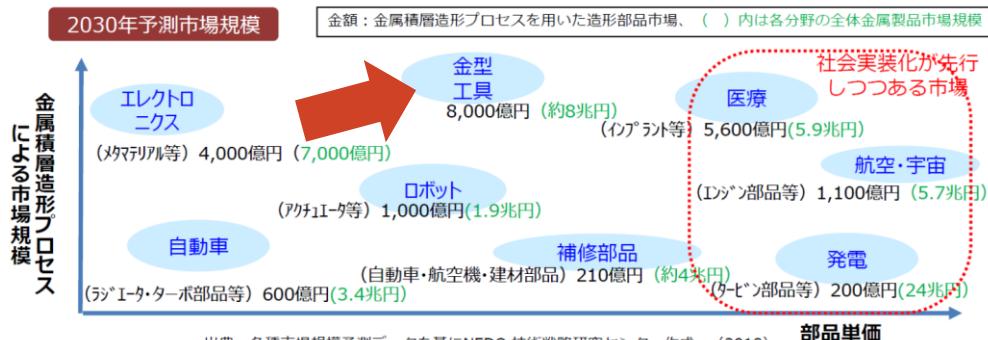
金属3Dプリンタの市場と課題

- ▶ 国立新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の調査では、2030年までに、金属3Dプリンタを用いた、金型・工具の市場規模は8000億円に到達すると予測されている。
- ▶ 一方で、NEDOは、造形品の**コスト**や**強度**が金属3Dプリンタを用いた金型部品の課題となるとしている。
- ▶ ユーザーからは、金属3Dプリンタでは、選択できる**材質**が限られることや、水管部品では**サビ**ができやすいことも指摘されている。

装置/金属粉末/造形品 ごとの市場規模予測

装置/金属粉末/造形品	造形装置	金属粉末材料	造形品
現在	1,223億円(2017年)	110億円(2016年)	-
予測(2030年)	6,500億円	5,000~6,500億円	約2兆円

造形品市場規模予測（金属積層造形技術の寄与分のみ）



出典：各種市場規模予測データを基にNEDO 技術戦略研究センター作成 (2018)

NEDOによる金属3Dプリンタ部品の市場予測



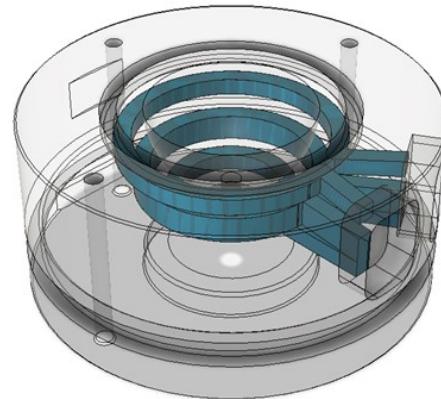
2. 金属3Dプリンタとの比較

コスト/製造時間

- ▶ 金属3Dプリンタ：15-30時間+仕上げ2時間
(装置の能力による)
- ▶ P-Bas接合：4時間+仕上げ2時間
(水管加工2時間, 接合2時間)

コスト/材料費

- ▶ 金属3Dプリンタ：¥10,000-¥15,000
(単価：¥20,000/kg)
- ▶ P-Bas接合：¥1,700 (単価：¥2,000/kg)

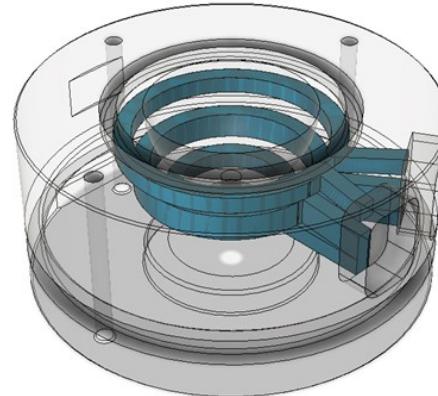


水管付きゲートインサート
サイズ：Φ60×L30
重量：約650g

2. 金属3Dプリンタとの比較

強度

- ▶ 金属3Dプリンタ：一般的な特殊鋼より劣る
- ▶ P-Bas接合：特殊鋼の強度のまま
接合部分は母材の90%程度
- ▶ 金属3Dプリンタは粉を溶かして固めるだけなので、鍛造→圧延した一般材料と比較して強度がでない。



材料の選択

- ▶ 金属3Dプリンタ：主にマルエージング鋼
- ▶ P-Bas接合：特殊鋼全般が選択可能

水管付きゲートインサート
サイズ：Φ60×L30
重量：約650g

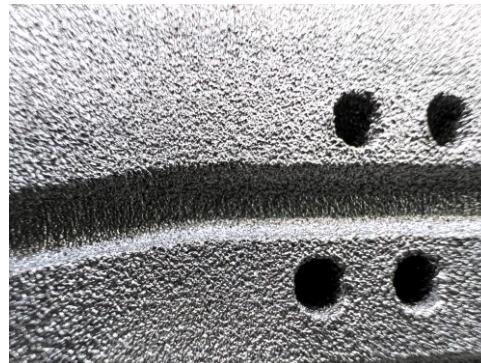
2. 金属3Dプリンタとの比較

水管のサビ

- ▶ 金属3Dプリンタ：水管の面粗さが粗い
サビが発生しやすい
- ▶ P-Bas接合：水管の面粗さが良い
サビの対策が可能
- ▶ 金属3Dプリンタで作った水管は、パウダーを溶かして、固めた表面なので、ザラザラしている、一方、P-Basでは切削面で水管を作製できる。
- ▶ P-Basでは、特許を出願中の水管のサビ対策も適用できる。



金属3Dプリンタで作製した部品のサビ



金属3Dプリンタの粗さ

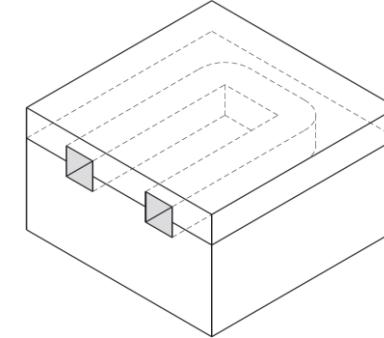
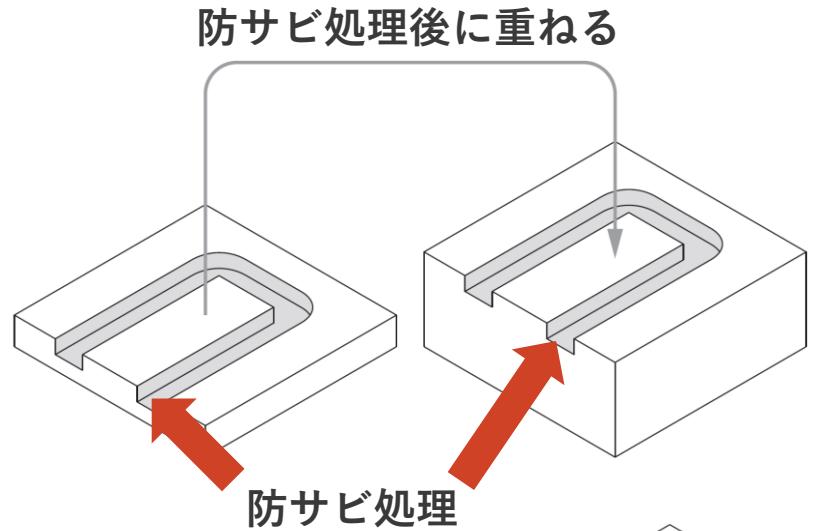


切削加工の粗さ

2. 金属3Dプリンタとの比較

水管のサビ対策（特許出願中）

- ▶ 接合前の分割した部品の溝部分に、サビ対策の表面処理を施す。
- ▶ 接合時や接合後の熱処理で熱が加わるため、熱に強いサビ対策を採用している。

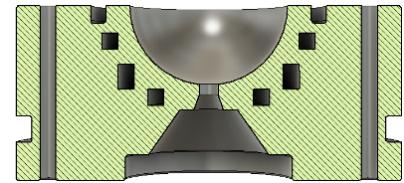
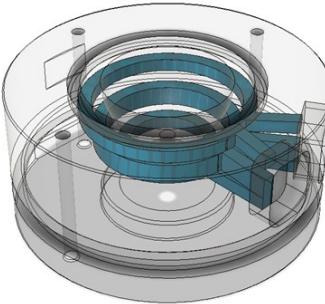


水管が防サビ処理された接合体

3. 作製部品の例

ゲートインサート

- ▶ 材質：STAVAX
- ▶ サイズ：Φ60×L30
- ▶ 射出成形時の製品部分を効率的に冷却できる、理想的な水管を配置
- ▶ 3枚に分割した部品を接合して作製
- ▶ 72時間の水圧テストを実施して、水漏れがないことを確認



水管付きゲートインサート

理想的な冷却水管



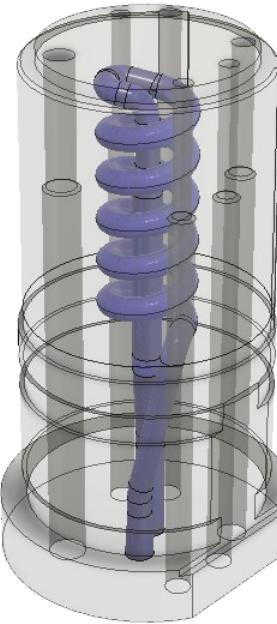
分割した部品

完成品

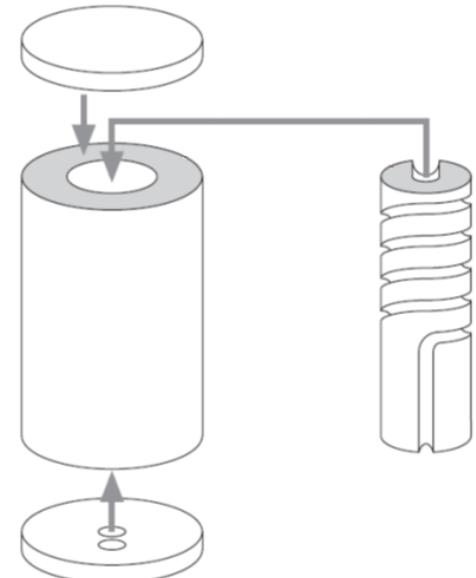
3. 作製部品の例

■ ダイカスト金型用コアピン

- ▶ 材質：SKD61
- サイズ：Φ40×L80
- ▶ 螺旋水管を金型内部に配置
- ▶ 螺旋状に溝を切った部品を筒の中に入れ、上下に蓋をすることで作製可能
- ▶ 金属3Dプリンタでは、マルエージング鋼しか選択できなかったが、P-Basでは、SKD61を選択できるため、ダイカストの熱疲労を対策できる。



内部に螺旋水管を配置



分割した部品

4. 補足

■ 受注までの流れ

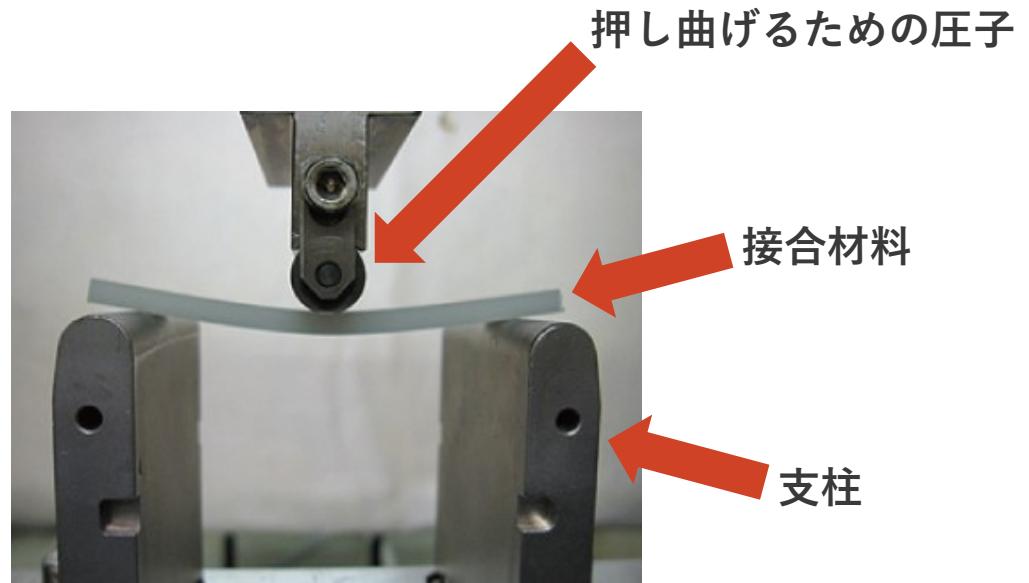
- ▶ 水管を配置した金型部品を受領
- ▶ パンチ工業で、頂いた図面をもとに、接合で製作できるように部品の分割方法を提案
- ▶ お客様に分割方法を了承いただき、接合前の部品を設計
- ▶ 工程設計をおこない、見積もりを提出



4. 補足

接合強度の確認方法

- ▶ 研究・開発の段階では、接合した材料に対して、曲げ試験を実施することで、接合強度を確認している。
- ▶ 支柱の上で、接合材料を押し曲げて破壊し、破壊に要した荷重を測定する試験
- ▶ 同じ材種の接合していない材料の曲げ試験の結果と比較して、接合度合いを確認
- ▶ 製品の場合、試験結果がよかつた時の加熱・圧力の条件と同条件で接合を実施することで、強度を保証。



曲げ試験
試験片サイズ： $8 \times 8 \times 57\text{mm}$

4. 補足

接合できる材質

- ▶ 基本的に鉄系材料全般は、接合に適している。
- ▶ 材質によって、良い接合を得るための、加熱・加圧条件は異なるため、それぞれの材料に適した接合条件を構築。
- ▶ 各材種、90%以上の接合強度を得られることを、目安に研究・開発している。
- ▶ 現在までに、8種類の材質で接合強度90%以上の接合条件の構築が完了している。

現在までの接合強度データ

材質	接合強度
SKD11	101%
STAVAX	91%
ELMAX	95%
SKD61	98%
SKH51	92%
HPM38	100%
SUS420J2	100%
SUS440C	94%



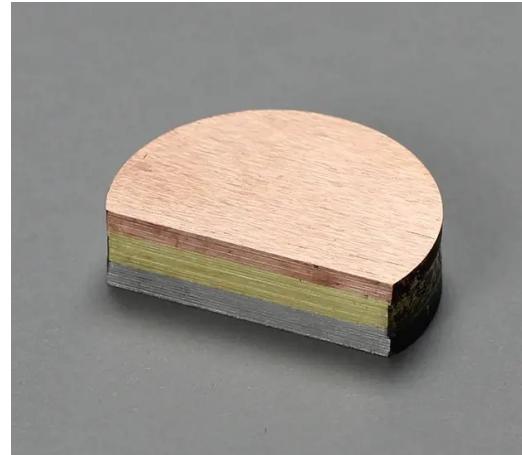
4. 補足

【参考】対応可能材種の熱処理と硬度

材質	熱処理条件	熱処理後硬度	備考
SKD11	低温戻し	60~62HRC	戻し温度180°C
	高温戻し	58~60HRC	戻し温度530°C
STAVAX	-	52~54HRC	
ELMAX	-	58~60HRC	
SKD61	耐熱重視	48~50HRC	
	耐摩耗重視	50~53HRC	
SKH51	韧性重視	59~61HRC	
	耐摩耗重視	62~64HRC	
HPM38	中温戻し(不定期)	49~53HRC	戻し温度350°C
	高温戻し	52~54HRC	戻し温度500°C
SUS420J2	-	51~55HRC	
SUS440C	低温戻し	56~58HRC	戻し温度180°C
	高温戻し	52~55HRC	戻し温度500°C

異なる材料の接合

- ▶ 異なる材料同士の接合も可能
- ▶ 一般的な金型材料と熱伝導率のいい材料や非磁性の材料などとの組み合わせが期待できる。
- ▶ 接合後の熱処理を、どちらか一方の材料に合わせて処理しなければならないなど、課題もある。
- ▶ 現在、技術を構築中



異なる材料の接合
材料：銅 + 真鍮 + 鉄

4. 補足

接合できるサイズ

- ▶ 実績のあるサイズでは、□110×110mm, 高さ60mmの接合が最大
- ▶ サイズの目安は、対角Φ120mm以内、高さ140mm以内に収まり、なおかつ体積が350,000mm³以下
- ▶ 手のひらにのるくらいのサイズが理想的で、1回の接合で、複数個取りも期待できる。

接合サイズの実績（一部）

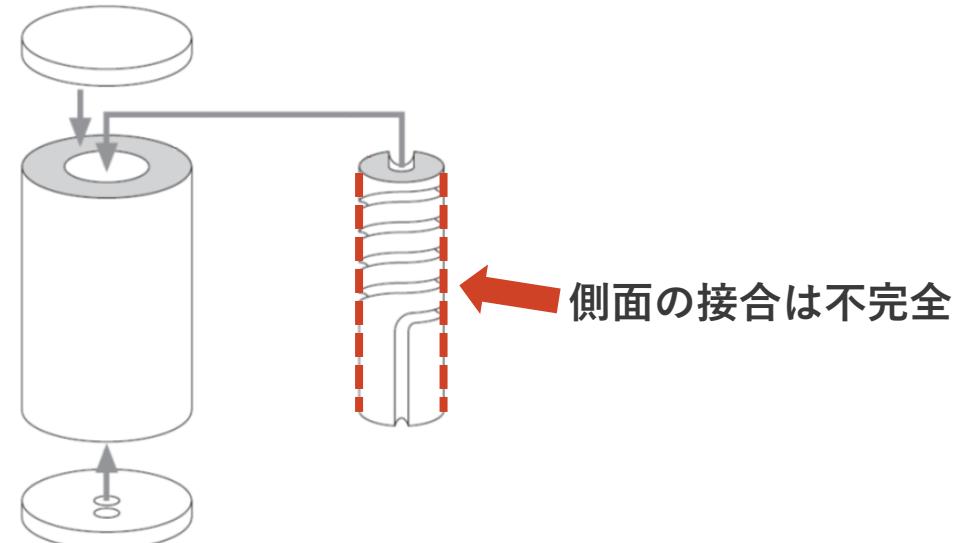
サイズ [mm]	体積 [mm ³]
110×110×T60	726,000
51×61×T160	497,760
47×107×T66	331,914
47×107×T46	231,334
Φ40×T80	100,480
Φ60×T30	84,780



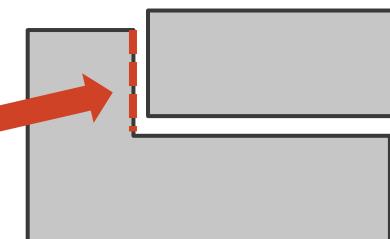
4. 補足

接合できる形状

- ▶ 平面同士の接合が基本
- ▶ 筒に水管を入れて、ふたをする接合では、ふた部分は接合するが、側面の接合は不完全
- ▶ 段差のある接合の場合でも、壁面部分の接合は不完全



壁面の接合は不完全



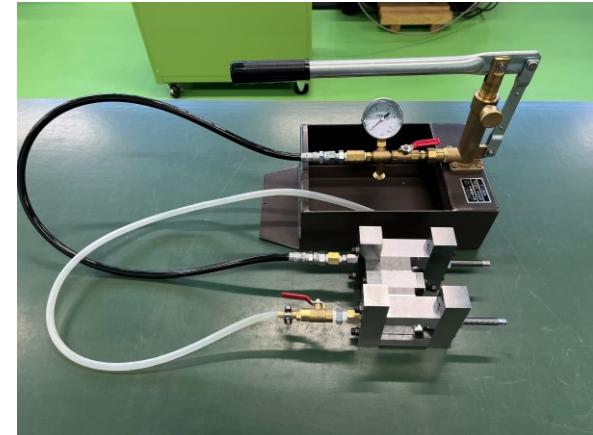
段差のある接合

4. 補足

■ 水漏れの確認方法

- ▶ 接合した水管部品が、水漏れせずに使用できるか確認するためには、水圧テストを実施する。
- ▶ ポンプに製品をつなげて、水圧を2MPa、24時間かけても、水管や接合部から水が漏れないか確認する。
- ▶ 製品の形状によっては、水圧テストを実施するために、治具を作製する必要があり、有料にて対応する。
- ▶ 治具は繰り返し使用できるため、リピート注文では、水圧テスト治具の費用はかかるない。

■ 水圧テストの様子



■ 水圧テスト治具の例

