

「5種のスプルーイングによる金銀パラジウム合金ブリッジの鋳造実験結果および湯流れ・凝固解析結果との比較」

私は昨年、歯科技工士学校2年次において横山菜穂子先生指導の下、金銀パラジウム合金ブリッジの湯流れに関する実験に参加することができた。今回はその実験内容と実験結果について述べたいと思う。

■ 目的

5種類のスプルー形状によるブリッジの鋳造欠陥を調べ、湯流れ・凝固解析ソフトの結果と比較検討した。

埋没・鋳造方法は表1のとおりである。急速加熱型の埋没材で埋没し、金銀パラジウム合金を遠心鋳造機で鋳造した。

表1. ブリッジの埋没・鋳造方法

埋没・鋳造方法	埋没材	石膏系急速加熱型クリストパイト埋没材 (ジーシー シュアベスト, L/P = 0.33) 手練和 10秒・真空練和 30秒, 界面活性剤は使用せず, 埋没後 12時間以上放置。
	キャストイングライナー	アルミナ系セラミックライナー (ノリタケセラミックリボン 30mm・厚さ 0.7mm)
	鋳型温度	700°C
	電気炉	ジーシー オートファーンズ FK-X
	溶融熱源	都市ガス/空気
	鋳造機	縦型遠心鋳造機 (サント機工, モリ製作所)
使用金属	金銀パラジウム合金 (アイディエス キヤストマ3-12L 12.0~12.1g/ブリッジ, 液相点: 945°C) 鋳込み温度 1020°C, フラックスは使用せず。	

5種類のスプルー形態は図1のようなものである。各形態につき5個ずつ鋳造した。

「スプルーイングの時、細く絞ったほうが勢いよく溶湯が流れ早く鋳込まれる。また乱流も生じにくい」という説があるため、テーパーとノーマルについて比較したいと考えた。また、ガス抜き役があると言われて、ベント付きについても調べた。

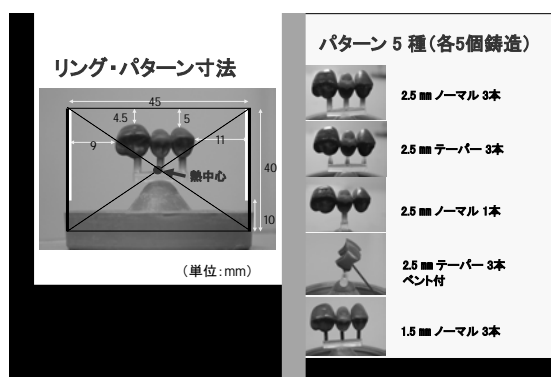


図1. リング・パターン寸法 (左) とパターン5種 (右)

■ 鋳造結果

ポンティック部分の鋳肌荒れを、目視により3段階スコア評価した。
スコア1: 滑らかな面
スコア2: 凹凸のある粗面 (凹凸小)
スコア3: 凹凸による形態不良面 (凹凸大)

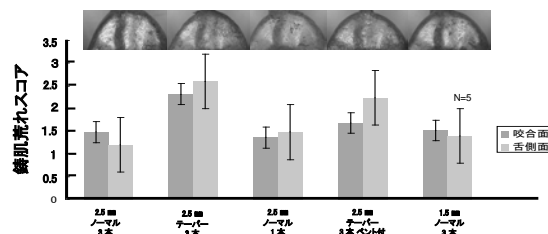


図2. 鋳肌荒れスコア評価

ポンティック部分の鋳肌荒れを、5人の学生が目視により3段階でスコア評価した (図2)。スコアが大きいくほど鋳肌荒れが大きいということである。ノーマル3本スプルーが鋳肌荒れが少なく、テーパー3本スプルーが最も鋳肌荒れが多いという結果になった。また、テーパー3本スプルーであってもベントを付与することで多少鋳肌荒れが改善されることも分かった。

次に、ポンティック部分の断面写真をNIH imageにより解析し、鋳巣率をグラフ化したものが図3である。

図2と相似形になっており、ノーマル3本スプルー

一が最も鑄巣率が小さく、テーパー3本スプルーが最も鑄巣率が大きくなっていった。

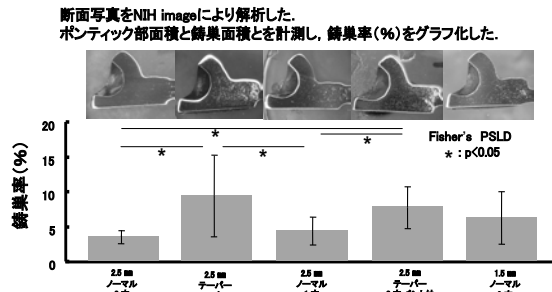


図3. 5種スプルーのポンティック部鑄巣率

以上の鑄造結果をまとめると、

- ・ ノーマルスプルーよりテーパースプルーの方が、ベント付よりベント無しの方が表面荒れを起こしやすい
- ・ ノーマルスプルーよりテーパースプルーの方が鑄巣ができやすい

という結果になった。

■ 考察

1. 表面荒れと鑄巣率の結果が以ている
2. テーパースプルーでは
スプルー→ブリッジ→湯残り
の順に凝固したため、スプルーからの押し湯効果が無く欠陥が生じた
3. ベント付与によって鑄肌荒れは改善したものの、鑄巣は改善されなかったためベントのガス抜き役割は果たされていなかった

と考えた。

以上が実際に実験した結果である。

次に、湯流れ・凝固解析ソフトにより湯流れの状態を見ていく。表2のような手順で解析を行った。これにより、鑄巣欠陥・湯流れ不良・湯境などを予測することができる。

表2. 湯流れ・凝固解析ソフト JSCAST の操作手順

1.	材料物性値の入手																		
2.	解析モデルの作成 (3DCADデータ読み: STL方式で作成)																		
3.	解析条件の設定と解析計算																		
	<table border="0"> <tr> <td>鑄造データ</td> <td>金属データ</td> </tr> <tr> <td>初温温度 : 840 °C</td> <td>初温温度 : 1020 °C</td> </tr> <tr> <td>密度 : 2.56 g/cm³</td> <td>液相点 : 945 °C</td> </tr> <tr> <td>比熱 : 0.191 cal/g/°C</td> <td>固相点 : 888 °C</td> </tr> <tr> <td>膨張率 : 0.00131 cal/cm³/cm/°C/seo</td> <td>密度 : 11.02 g/cm³</td> </tr> <tr> <td></td> <td>比熱 : 0.0982 cal/g/°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>膨張率 : 0.786 cal/cm³-seo-°C</td> </tr> <tr> <td></td> <td>凝固潜熱 : 30.0 cal/g</td> </tr> <tr> <td></td> <td>熱膨張係数 : 0.01 cm²/seo</td> </tr> </table>	鑄造データ	金属データ	初温温度 : 840 °C	初温温度 : 1020 °C	密度 : 2.56 g/cm³	液相点 : 945 °C	比熱 : 0.191 cal/g/°C	固相点 : 888 °C	膨張率 : 0.00131 cal/cm³/cm/°C/seo	密度 : 11.02 g/cm³		比熱 : 0.0982 cal/g/°C		膨張率 : 0.786 cal/cm³-seo-°C		凝固潜熱 : 30.0 cal/g		熱膨張係数 : 0.01 cm²/seo
鑄造データ	金属データ																		
初温温度 : 840 °C	初温温度 : 1020 °C																		
密度 : 2.56 g/cm³	液相点 : 945 °C																		
比熱 : 0.191 cal/g/°C	固相点 : 888 °C																		
膨張率 : 0.00131 cal/cm³/cm/°C/seo	密度 : 11.02 g/cm³																		
	比熱 : 0.0982 cal/g/°C																		
	膨張率 : 0.786 cal/cm³-seo-°C																		
	凝固潜熱 : 30.0 cal/g																		
	熱膨張係数 : 0.01 cm²/seo																		
4.	鑄巣欠陥・湯流れ不良・湯境などを予測																		

まず、湯流れの解析結果を示す。



図4. 湯流れ充填速度表示 (ノーマルとテーパの比較)

ここでは、先ほどの鑄造体の結果で特に差のあったテーパー3本スプルーとノーマル3本スプルーについて、同じ時間での様子を見る。

ノーマルスプルーに比べ、テーパースプルーでは流速が3倍以上も速く、勢いよく流れ込み乱流も起きていた (図4)。

次にパターン全体での湯流れの状態を見た。

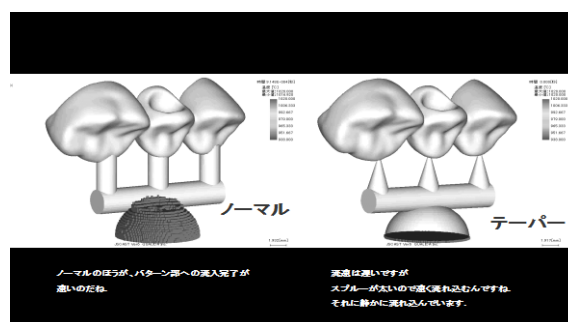


図5. ノーマルとテーパの湯流れ充填アニメーション

ノーマルスプルーではブリッジ下部より規則正しく流れ込んでいたが、テーパースプルーでは激しく流れ込んでいた。流入完了が早いのもノーマルスプルーであった(図5)。

次にポンティックの断面から見てみる。



図6. ポンティック内部の湯流れ充填アニメーション

ノーマルスプルーでは、内部のガスが外に逃げる道が残っている。一方テーパースプルーでは、スプルーの入り口は流れ込む溶湯でふさがれ内部のガスの逃げる道は残っていない。また、未充填部分も見られた(図6)。

最後に凝固の解析結果を示す。

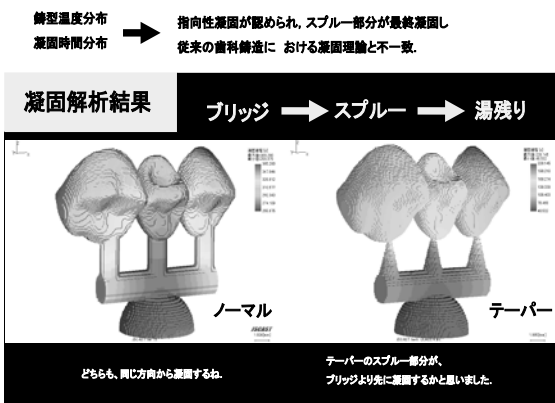


図7. パターン全体の凝固アニメーション

テーパースプルー、ノーマルスプルー共に

ブリッジ→スプルー→湯残り

の順で凝固していく指向性凝固が認められた。

従来では、テーパースプルーの場合スプルー部分がまず先に固まることで欠陥が生じると言われて

きたが、その凝固理論とは一致しないという結果になった(図7)。

■ 結論

鑄造結果と解析結果を比較した結論として

1. 表面荒れと鑄巣の結果が酷似していたことから、鑄巣が表面性状に何らかの影響を与える
2. 内部ガスの逃げる道が残っている方が、鑄巣が生じにくい
3. ベントを付与することで、表面性状は改善されたものの鑄巣は改善されなかった
4. 凝固に関しては、指向性凝固が認められた

という結論に達した。

よって今回の実験で調べたスプルー形態において、実際の鑄造結果と解析結果とを照合すると**2.5mm ノーマル3本スプルー**が最も鑄造欠陥の少ないスプルー形態であるという結果になった。

この研究に関する詳しい内容は、歯科技工 [医歯薬出版 2008年2月号 p175~p193] に掲載されている。

また、大阪大学歯学部附属歯科技工士学校のホームページでは、湯流れ・凝固シミュレーションの動画も見ることが出来る。

<http://www.dent.osaka-u.ac.jp/~dentec/>