

レーザクラッドバルブシートの開発

Development of Laser Clad Welded Valve Seat

今井 信幸*
Nobuyuki IMAI

西田 浩明**
Hiroaki NISHIDA

要 旨

レーザクラッドバルブシートは、従来の圧入バルブシートに対して、レイアウト自由度を広げることができる。溝形状と供給粉末粒形、粉末供給量とレーザ出力条件を最適化し成立させ、品質保証の要件を確立し、バルブ径を1mm拡大することで、高水温下において6kWの出力向上を達成した。F1の2レースイベント1エンジン連続使用に対しては粉末材の改良で対応した。

ABSTRACT

Laser clad welded valve seats can expand the flexibility of layout compared to conventional press fit valve seats. The slot form, the shape and amount of the powder to be supplied, and the laser output parameters were optimized and balanced, quality assurance requirements were established, and the valve diameter was expanded by 1 mm. This achieved an increase in engine power of 6 kW at high water temperatures. In addition, the continuous use of one engine over the distance for two Formula One race events was supported by enhancing the powder materials.

1. まえがき

圧入バルブシート(以下シート)では、シリンダヘッド(以下ヘッド)のシート圧入部周りの肉厚確保およびシート自体の円環剛性が必要なため、バルブ径、バルブピッチ、ポート角度の燃焼室レイアウト自由度が制限された。またシートとヘッド間では圧着であるため、バルブとシートとヘッド

間の熱伝達が十分ではない。ヘッドに直接シートを形成するレーザクラッドシート技術を確立することで大径バルブレイアウトを実現し、ヘッド薄肉化による軽量化と冷却性向上による出力向上を目指した。

圧入シートのポート断面をFig. 1に、レーザクラッドシートをFig. 2に示す。水路部の薄肉化を可能とした。



Fig. 1 Layout of press fit valve seat

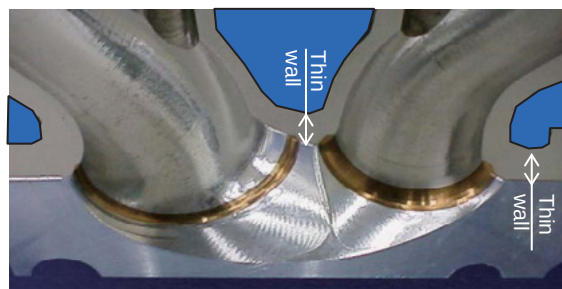


Fig. 2 Layout of laser clad welded valve seat

* 四輪R&Dセンター

** 航空機エンジンR&Dセンター

2. クラッドシート技術確立と品質保証

粉末をクラッドする溝の形状、供給粉末粒径、粉末を溶接する製造条件、品質要件の設定を実施した。

2.1. クラッド溝形状

クラッド溝形状を Fig. 3 に示す。粉末を中央に集められる左右対象の形状とした。溝中央と両端のクラッド厚さが異なると溶着する時間差が生じる。溝底に未溶着が発生させないため、溝底形状は円弧とし溝の壁は鈍角とした。また粉末が過剰に集まると同様に厚さに違いが出るため、溝高さを 4 mm に設定し、不要粉末が集まらない設定とした。

2.2. クラッド供給粉末

クラッド粉末は銅合金の球形粉を使用し、粒径は $80 \pm 5 \mu\text{m}$ とした。粉末は振動式供給機を使用し、 0.005 g/sec の精度で供給制御した。さらに均質なクラッドシートを製造した。

F1 の 2 レースイベント 1 エンジン連続使用に対する、シートの耐摩耗性向上は、ステライトやトリバロイ粉末を銅合金粉末に混合して確立した。開発仕様変遷を Fig. 4 に示す。動弁系の仕様変更に合わせて耐摩耗性と靱性の両立をはかった。

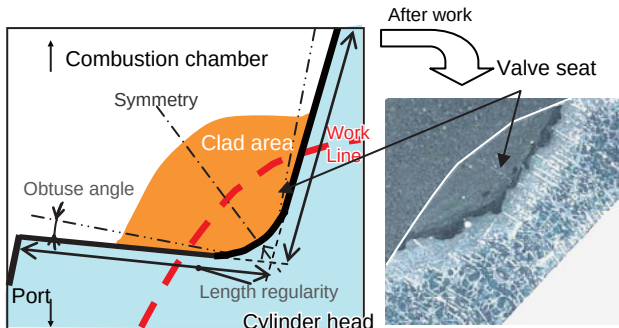


Fig. 3 Laser clad welding slot form

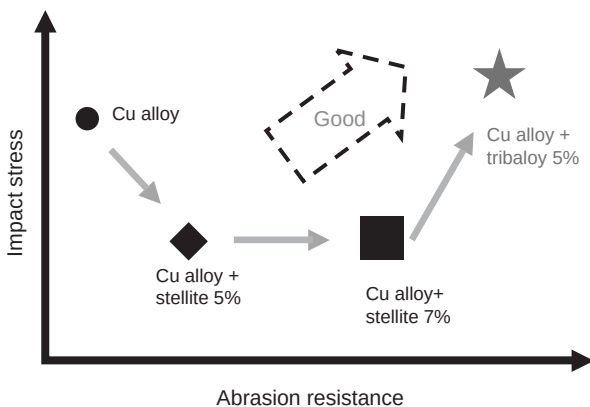


Fig. 4 Valve seat development corresponding to higher loads

2.3. レーザクラッド条件

クラッドはレーザ出力と粉末量コントロールによる溶接工程が重要である。特に始点は終点と重なるためクラッド形状を傾斜させる必要があり、形状に合わせて粉末量を徐々に増量させ、レーザ出力は STEP 状に上げてクラディングをおこなった。その模式図を Fig. 5 に示す。

2.4. クラッドシート品質保証

始点部の品質が低いとシートの欠けが起こり、エンジンブローや出力低下を招く。

未溶着は粉末量過多またはレーザ出力不足で、脆化は粉末量不足またはレーザ出力過多で発生する。この事例を Fig. 6 に示す。未溶着と脆化層については実際に欠けが発生したシートを材料解析し、限度基準を作成した。

限度基準はロットサンプルの切断面を解析し、未溶着は $\phi 0.3 \text{ mm}$ 以上のピンホールなきこと、脆化層は開始点から 1 mm と 4 mm の始点部で硬度測定後、厚さ 0.4 mm 以上に脆化なきこととした。この限度規定ポイントを Fig. 7 に示す。

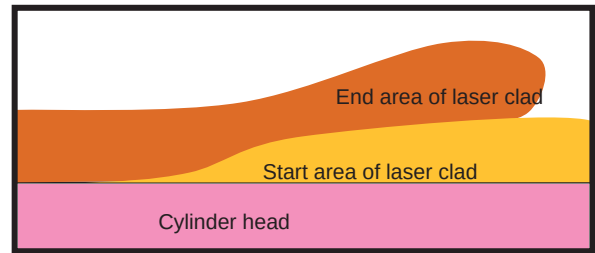


Fig. 5 Start and end form of laser clad



Fig. 6 Limit quality examples

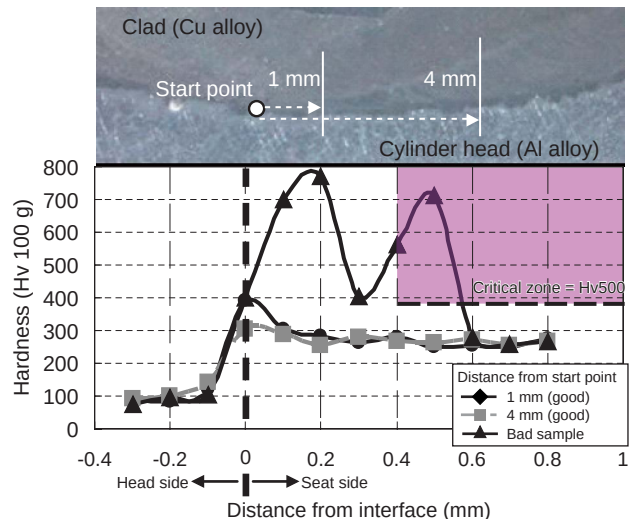


Fig. 7 Quality standard for dilution brittleness

3. 結果

クラッドシート技術でバルブシート周りのレイアウト自由度を向上させ、バルブ径 1 mm 拡大と高水温 120 °C 下での 6 kW 出力向上を達成した。

4. まとめ

レーザークラッドバルブシートの製造技術確立し、2004 年より F1 レースに適用した。2 レースイベント 1 エンジン連続使用に対しては硬質粒子粉添加をおこない、品質基準を確立して耐久信頼性に貢献した。

謝 辞

粉末供給条件確立に協力頂いた(株)東成エレクトロピームに感謝の意を表する。

■ 著 者 ■



今井 信幸



西田 浩明