

アルミ合金製自動車エンジンプロックの残留応力測定

Residual stress measurement in aluminum engine block

林 眞琴¹⁾ 齋藤 徹²⁾ 鈴木裕士³⁾ 盛合敦³⁾

Makoto HAYASHI Toru SAITO Hiroshi SUZUKI Atsushi MORIAI

¹⁾ 茨城県企画部 ²⁾ 神戸工業試験場 ³⁾ 原子力機構

1500cc 級アルミニウム合金製自動車エンジンプロックのシリンダ隔壁における残留応力分布を RESA を用いて測定した。新しく開発した集光型入射スリットを適用し、揺動法を採用することにより粗大結晶粒であるにも拘わらず残留応力分布を測定することができた。

キーワード：残留応力，アルミニウム，エンジン，集光型スリット，揺動法，粗大結晶

1. 目的

粗大結晶で、かつ、集合組織が強いアルミ合金製のエンジンプロックの残留応力測定技術を確立する。

2. 方法

アルミニウム合金製のエンジンプロックは結晶粒が比較的大きいため、通常の測定法では精度よく残留応力を測定することができない。そこで、新しく開発した集光型入射スリットを用いることにより、入射中性子ビーム強度を低下させることなく、スリット-試料間距離を大きく取れる光学系を検討した。このスリットの設計コンセプトは、1) 収束距離を 500mm とする、2) ひずみ測定位置におけるビーム高さを 5mm とする、3) ラジアルコリメータの全長は約 400mm とする、4) 収束ラジアルコリメータの分割数は 10ch とする、というものである。

検出器には受光面積が 100mmx100mm の KAERI 製の一次元検出器を用い、検出器の前方にはラジアルコリメータを配置した。測定対象であるアルミニウム合金製エンジンプロックは粗大結晶粒であるため、エンジンプロックを 2θ 方向に揺動させた。

無ひずみ状態の格子定数 d_0 は、エンジンプロックの一部をヤスリで削った粉末にひずみ取り焼鈍 (SR) として 200°Cx30min の熱処理を施したもので測定した。

ゲージ体積は r, θ 方向ひずみ測定では $2 \times 2 \times 5 \text{mm}^3$ とした。このときの波長は $\lambda = 0.17307 \text{nm}$ である。また、 z ひずみ方向ひずみ測定では $2.6 \times 2.6 \times 2.4 \text{mm}^3$ とした。このときの波長は $\lambda = 0.17304 \text{nm}$ である。

シリンダブロック隔壁における残留応力分布を測定した。測定状況を図 1 に、隔壁における測定位置とゲージ形状を図 2 に示す。



図 1 アルエンジンプロックの残留応力測定状況

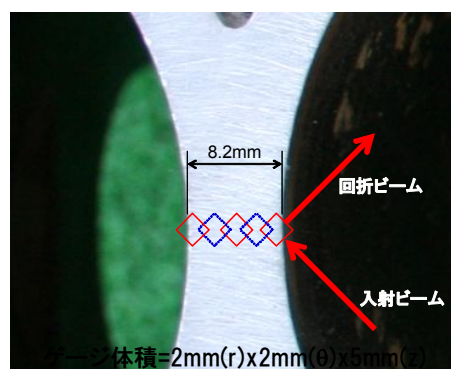


図 2 隔壁における測定位置とゲージ形状

3. 研究成果

無ひずみ状態の格子定数 d_0 を測定したヤスリ掛け粉末の 311 回折プロファイルを図 3 に示す。

エンジンブロック隔壁で測定した回折プロフィールの一例を図4に示す。ダブルピークが得られており、測定対象の311回折以外に、 $2\theta=89.4\text{deg}$ の回折ピークが認められる。この回折ピークは隔壁の表面に近いほど強く現れているが、アルミニウム合金(ADC12Z)で想定される相のいずれにも認められないものであり、現在のところ解明できていない。

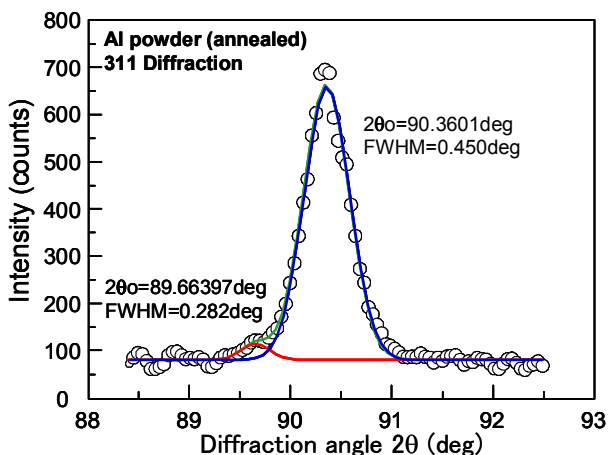


図3 無ひずみの粉末における回折プロフィール

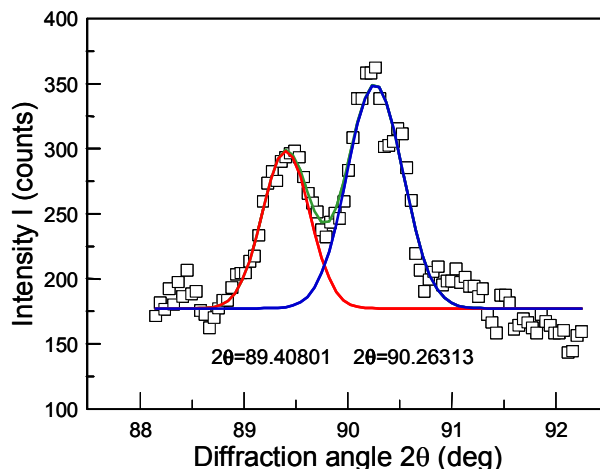


図4 シリンダ隔壁で得られた回折プロフィール

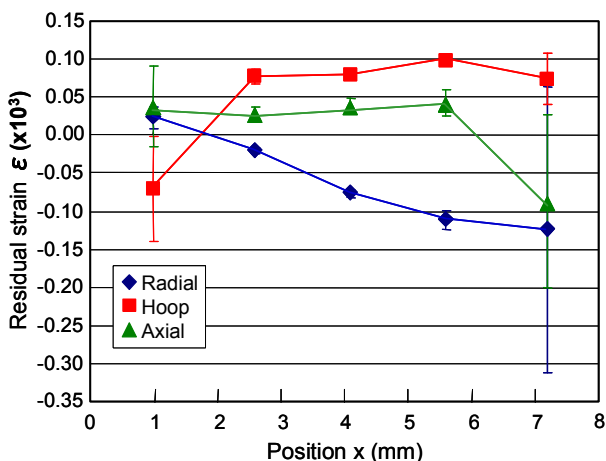


図5 シリンダ隔壁における残留ひずみ分布

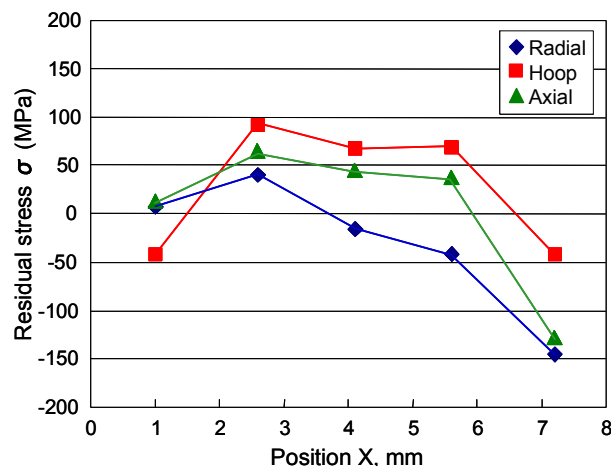


図6 シリンダ隔壁における残留応力分布

アルミニウム合金の311回折から得られたシリンダ隔壁の板厚方向(エンジンの長手方向)における残留ひずみ分布を図5に示す。測定のエラーバーを図中に示したが、表面層ではアルミニウム合金の311回折よりも不明の相の回折強度が高く、311回折で得られたひずみの測定精度はよくない。

図6に図5から得られたシリンダ隔壁における残留応力分布を示す。傾向としてはいずれの方向の残留応力も、表面層が圧縮応力で、板厚中央部が引張応力である。シリンダブロックの強度上で重要となるのは周方向応力であるが、それは表面層で約40MPaの圧縮応力で、板厚中央部で65~90MPaの引張応力である。

4. 結論・考察

シリンダ隔壁における残留応力の分布は、周方向、板厚方向、シリンダ軸方向ともに、表面層においては圧縮応力で、隔壁中央部では引張応力であり、静水圧的な分布である。周方向応力は隔壁板厚方向でバランスするはずであるが、測定した結果はバランスしていない。これは測定誤差か、無ひずみ状態の熱処理が不十分であったために d_{01} の測定精度が悪かったなどが考えられる。残留応力がバランスするように補正すると、表面では約70MPaの圧縮応力となる。

シリンダ隔壁表面はキャスティング時には中子に接しており、先に凝固し、隔壁中央部が後から凝固する。そのため表面層は圧縮応力となる。一方、シリンダ内面には鋼製のライナーが挿入されているため、隔壁全

体として引張応力側にシフトする。残留応力測定においては、キャスティングとライナー挿入による応力の合計を測定していることになる。いずれにしても、強度上、重要となるシリンダ内面側の残留応力は約 70MPa の圧縮応力と見積もられる。

5. 引用(参照)文献等