

(482) レーザーモアレ法による熱間形状測定法の開発

新日本製鐵 生産技術研究所 ○北村公一 川島捷宏
日鐵電設工業 首我弘 渡辺準之 大坪 誠

1. 緒言 通常光源を用いたモアレ形状測定法は確立しているが、測定対象が非常に高温になるとモアレ縞が観察不能になる。そこで、光源にレーザーを用いるレーザーモアレ法を開発することにより、熱間 1300℃までの測定が可能となった。

2. レーザーモアレ法 図1に示すようなモアレ形状測定法は測定対象が高温になるにつれ熱放射の影響でモアレ縞のコントラストが低下する。コントラストを可視度 V

$$V = \frac{I_{HAV} - I_{LAV}}{I_{HAV} + I_{LAV}} \quad (1) \quad \text{但し } I_{HAV}; \text{明相のモアレの平均輝度}$$

$$I_{LAV}; \text{暗相のモアレの平均輝度}$$

で評価すると、通常光源 (500W ハロゲン) の可視度 V_M は、

$$V_M = \frac{1}{4 \cdot \frac{I_H}{I_0} + 2} \quad (2) \quad I_H = \int_{\lambda_3}^{\lambda_4} \epsilon_{\lambda} \cdot E_{\lambda}(T) \cdot d\lambda \quad (3)$$

$$I_0 = \int_{\lambda_3}^{\lambda_4} r_{\lambda} \cdot \epsilon_{0\lambda} \cdot S \cdot E_{\lambda}(T_0) \cdot R_s \cdot d\lambda \quad (4)$$

但し、 I_H, I_0 は測定対象の放射エネルギー及び変形格子像輝度に対応し、 E_{λ} はプランクの式、 λ_3, λ_4 は撮像波長域、 T_0 は光源輝度温度、 S は光源発光部面積であり他は図2に示す。図2

よりわかるように 800℃位から V_M は低下する。そこで、図3の様に光源にレーザーを用い光学系でビームを円錐状に拡大照射し、かつレーザー波長を選択する干渉フィルターでモアレ撮像を行うレーザーモアレ法を開発し、本法によると可視度 V_M' は(5)のようになり、図2により著しく改善されることがわかる。また以上の評価は実験結果ともよく一致し、レーザーモアレ法によると熱間 1300℃でもコントラストの良いモアレ縞が観察される。

$$V_M' = \frac{1}{4 \cdot \frac{I_H}{I_L} + 2} \quad (5) \quad I_L = r_{\lambda} \cdot I_{L0} / S_L \quad (6)$$

(I_{L0} はレーザービームのパワー)

またレーザーモアレ法では、レーザーの優れた指向性から、モアレの光源が見かけ上、理想的な点光源と見なせるため、光源の大きさ起因のモアレ縞のボケ (回折起因のモアレ縞のボケは定量的にずっと小さい。) がなくなるため、グレーティングを測定対象から離しても焦点深度の深い撮像系さえ使用すれば鮮明なモアレ縞が得られ、例えばグレーティングピッチが 1mm の時、通常光源では 50mm 程度のリフトオフまでだったのに対し、レーザーモアレ法では 1m 以上のリフトオフが可能となった。

3. 実験結果 レーザーモアレ法により図3の測定システムでCC短辺形状のオンライン測定した結果を図4, 5に示す。図4は短辺のモアレ縞であり、図4のA-A'に沿った断面形状をモアレパターンからプロットしたものが図5(A)である。図5(B)は断面エッチングでありよく形状対応していることがわかる。尚、信号処理はドラムスキャナーによって写真を計算機に読み込んで、計算機でノイズ除去 (バンドパスデジタルフィルター) ・ピーク検出してから断面図プロットをした。

4. 結言 レーザーモアレ法の開発により熱間オンラインモアレ測定法が確立された。他の応用では自動車用鋼板のプレス歪測定 (図6) を実行中である。

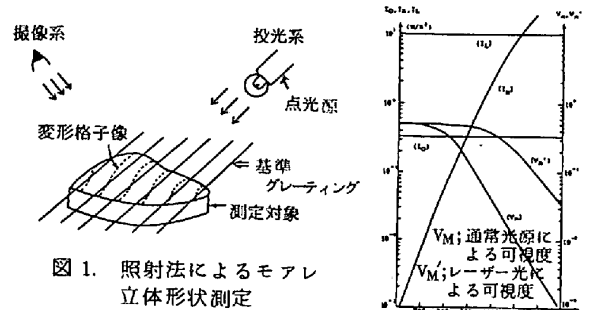


図1. 照射法によるモアレ立体形状測定

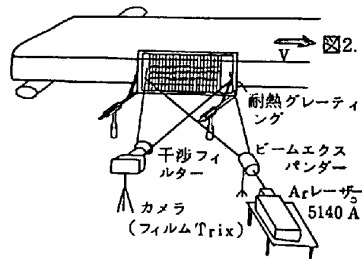


図3. CCオンライン実験システム図

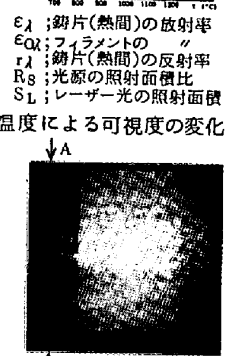


図4. CC短辺のモアレ縞

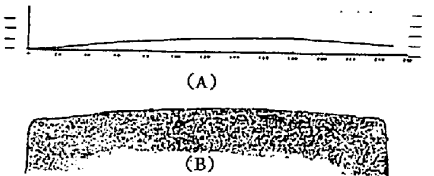


図5. モアレ測定結果(A)と断面エッチング(B)との対応



図6. 自動車用鋼板プレス歪測定