

浸炭材の深さ方向残留応力分布測定

利用者 下岸隆幸¹、鈴木賢治²
 所属 ¹新潟原動機(株)、²新潟大学

はじめに

転動疲労現象が問題となる機械部品においては、転動現象により発生するせん断応力の表面から深さ方向の分布に対し、材料の深さ方向の強度を適切に設計しなければならない。このような要求に対し、表面硬化処理、特に浸炭硬化処理が一般的に用いられ、耐久性の向上が図られている。しかしながら、この浸炭硬化処理は、処理深さを深くするには長時間の浸炭処理が必要であり、コストアップ要因となるため、出来る限り短時間の処理が望ましい。そのため、限界設計が要求されるが、その際、浸炭処理材の深さ方向の強度分布を精度よく推定することが要求され、浸炭処理材特有の残留応力の深さ方向の分布測定が必要不可欠となる。

この深さ方向の残留応力測定は、X線応力測定法での表面除去法に依るのが一般的であるが、電解研磨に時間が掛かるため、他の測定方法が望まれている。そこで、今回深い透過力を有する中性子による残留応力測定を試みた。

供試材

測定に用いた試験片は、直径26mm、長さ28mmの円筒状試験片で、円筒部外周にのみ浸炭処理が施されている。有効硬化層深さは、2mmおよび4mmを目標とした(実測値は2.0mmおよび3.7mm)2種類で、全硬化層深さは各々、有効硬化層深さより2mm深い位置となっている。

また、浸炭材は表面から内部に向かって炭素濃度の変化があるため格子定数も変化することから、試験片と同一ロットの試料から2mm角に放電加工した格子定数測定のための d_0 クーポンを用意した。 d_0 クーポンの切り出し位置は、その中心が表面から1、3、5、7、9.5mmのものを用意した。

測定結果および考察

有効硬化層深さ4mmの試料から切り出した d_0 クーポンの格子定数の測定結果を、図1に示す。表面からの深さが同一の場合でも、半径、円周、軸方向の格子定数に差異が見られる。このことは今回製作した d_0 クーポンに残留応力が存在しており真の無ひずみ格子定数が得られていないことが考えられ、他の手法による検討が必要である。ここでは、 d_0 クーポンは半径方向応力0の平面応力状態であると仮定し、無ひずみ格子定数を計算し、図2のような深さ方向の分布を得た。この結果を元に211回折および110回折の格子面間隔 d_0 を求め、有効硬化層深さ4mmの試料の残留応力分布を計算した結果を図3に示す。浸炭層の圧縮残留応力のピークは有効硬化層深さ付近に発生すること、および圧縮残留応力から引張残留応力へと転換する浸炭境界部では、引張残留応力は鋭いピークを持たずなだらかに変化している。

今後の課題

本試験の目的は、有効硬化層深さの違いにより浸炭境界層付近に発生する圧縮残留応力から引張残留応力への転換に相違点がないかを調べることであるが、今回時間の都合で有効硬化層深さ2mmの試料については測定が軸方向および d_0 クーポンの測定が実施できなかったため、18年下期に実施したいと考える。また、 d_0 クーポンの半径、円周、軸方向の格子定数に差異についても更なる検証が必要と考える。

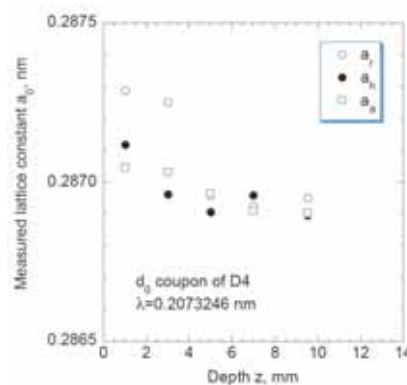


Fig.1 Measured lattice constant, a, from d_0 coupon of D4 sample

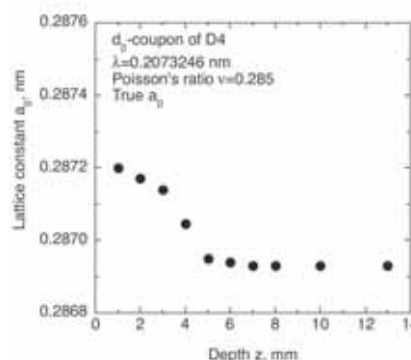


Fig.2 Calculated lattice constant, a_0

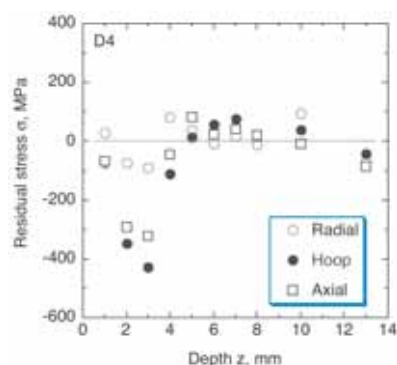


Fig.3 Stress distribution of D4 sample

浸炭材の深さ方向残留応力分布測定

利用者 下岸隆幸¹、鈴木賢治²
 所属 ¹新潟原動機(株)、²新潟大学

1. はじめに

転動疲労現象が問題となる機械部品においては、転動現象により発生するせん断応力の表面から深さ方向の分布に対し、材料の深さ方向の強度を適切に設計しなければならない。このような要求に対し、表面硬化処理、特に浸炭硬化処理が一般的に用いられ、耐久性の向上が図られている。しかしながら、この浸炭硬化処理は、処理深さを深くするには長時間の浸炭処理が必要であり、コストアップ要因となるため、出来る限り短時間の処理が望ましい。そのため、限界設計が要求されるが、その際、浸炭処理材の深さ方向の強度分布を精度よく推定することが要求され、浸炭処理材特有の残留応力の深さ方向の分布測定が必要不可欠となる。

この深さ方向の残留応力測定は、X線応力測定法での表面除去法に依るのが一般的であるが、電解研磨に時間が掛かるため、他の測定方法が望まれている。そこで、深い透過力を有する中性子による残留応力測定を試みた。H18 上期は有効硬化層深さ4mmの試験片について測定を実施したが、H18 下期は有効硬化層深さ2mmのものについて実施した。

2. 実験方法

測定に用いた試験片は、直径26mm、長さ28mmの円筒状試験片で、円筒部外周にのみ浸炭処理が施されている。有効硬化層深さは、2mmで、全硬化層深さは有効硬化層深さより2mm深い位置となっている。

また、浸炭材は表面から内部に向かって炭素濃度の変化があるため格子定数も変化することから、試験片と同一ロットの試料から1mm角に放電加工した格子定数測定のための d_0 クーポンを用意した。 d_0 クーポンの切り出し位置は、その中心が表面から1、2、3、4、5、6、7、8、10、13mmのものを用意した。

3. 測定結果および考察

今回の試験は効率の良い検出器をPSD(Position Sensitive Detector)に変更した。また、前回使用した α -Fe211回折は回折線幅が広く、回折プロファイルをすべて測定することは困難だったので、 α -Fe110回折を用いた。有効硬化層深さ2mmの試料から切り出した d_0 クーポンの格子定数の測定結果を、図1に示す。内部から表面に向かう炭素濃度勾配に対応した格子定数の増加は見られず、回折ピーク測定の精度が得られていない。また、前回の4mm浸炭試験片の a_0 と比較して浸炭層に相当する1mmの位置の格子定数が小さ過ぎる。浸炭層の残留応力測定においては参考深さにおける d_0 の値が測定精度を左右するので、本測定方法の問題点を解決することが必要である。図2に本測定で得られた各クーポンのそれぞれの方向の無ひずみの格子定数から計算された残留応力分布を示す。深さ1mmの無ひずみの格子定数が上手く測定されていないために、表面の残留応力が引張を示す結果となっている。この結果は d_0 クーポンの残留応力を補正しても特に変化は無かった。

4. 今後の課題

本試験の目的は、有効硬化層深さの違いにより浸炭境界層付近に発生する圧縮残留応力から引張残留応力への転換に相違点がないかを調べることであるが、今回測定した有効硬化層深さ2mmの試料については測定精度上の改善すべき点があり満足できる結果とはならなかった。今後の課題として下記の改善が必要と考える。

- 有効硬化層深さ2mmの浸炭では寸法1mmの d_0 クーポンでは大き過ぎ、クーポンの寸法、ゲージ体積などをより小さくする必要がある。
- 測定精度の高い211回折を利用する。

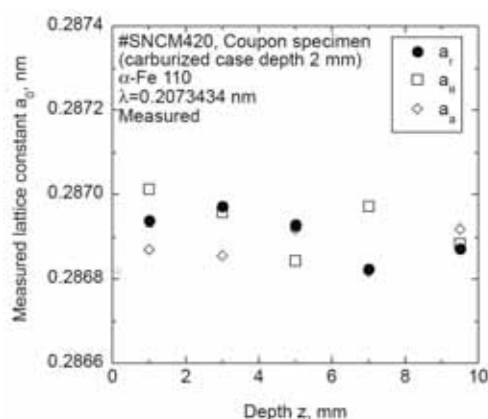


図1 Measured lattice constane, a_0 , of D2 coupon.

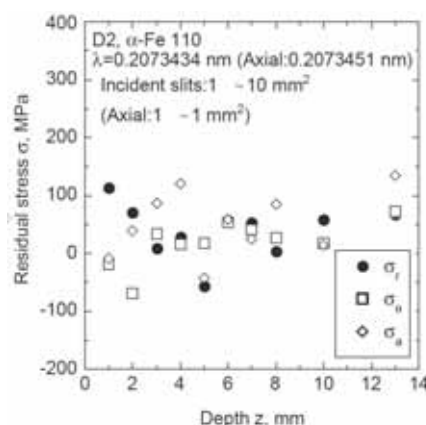


図2 Measured distributions of residual stress of D2 Specimen