

特殊鋼製品の更なる信頼性向上に資する清浄度評価技術を開発

～カーボンニュートラルに向けた機械部品の小型・軽量化設計に貢献～

山陽特殊製鋼株式会社（代表取締役社長 樋口 眞哉、本社 姫路市）は、特殊鋼製品の更なる信頼性向上に資する新たな清浄度評価技術を開発しました。

この技術は、ベアリングをはじめとする機械構造部品の信頼性に影響を及ぼす特殊鋼の清浄度（鋼中にごく僅かながらも不可避免的に含有される非金属介在物の大きさ）を迅速かつ正確に測定する方法を確立したもので、本方法と極値統計法との組み合わせによって鋼材中に含まれる最大介在物の大きさを、これまで以上に高い精度で推定することが可能になりました。

これにより、特殊鋼製品の更なる清浄度向上に向けた製造技術の開発や、最大介在物の大きさから導き出される疲労強度の定量的な予測にもとづく部品設計最適化への貢献が期待できます。



カーボンニュートラルに向けて今後普及が広がる風力発電においても、基幹部品となるベアリングにはより高い信頼性が求められる。

■開発の背景

カーボンニュートラルに向けた自動車の電動化推進や風力発電の拡大等を背景に、特殊鋼製品に対する更なる信頼性向上のニーズが高まっています。当社は、既に鋼中の非金属介在物を低減する世界最高水準の清浄度鋼製造技術を確立していますが、今後さらにその信頼性を高めるためには、疲労破壊の起点となりうる介在物の大きさを低減する製造技術の開発が課題となります。技術開発には、現状や改善効果等を高い精度で評価する手法や技術が欠かせません。しかも、鋼中に含まれる大型の介在物は、一定の体積中に存在する確率が低いことから、精度の高い評価をするためには、より大きな体積を調査対象とする必要があります。しかしながら、従来から清浄度を評価する方法として広く適用されている顕微鏡観察（検鏡）法や超音波探傷法等では、最大介在物の大きさや種類等を短時間で正確に評価することが困難であり、また、疲労試験を利用して破断面に現出した最大介在物を測定するという方法も、小さな試験片でなければ破断が困難であることから大体積の調査に適さないという問題がありました。

■開発のポイント

上記の問題を克服するために、当社は、サイズを拡大した独自設計の試験片を用い、水素による脆化作用と超音波疲労試験を組み合わせることで疲労破壊させる方法を考案し、より大きな体積を調査対象とする鋼中最大介在物の迅速かつ正確な測定技術を開発しました。また、この方法で複数の試験を実施して得られた測定結果に極値統計法を適用することで、鋼材に含まれる最大介在物の大きさをこれまで以上に高い精度で推定することが可能となりました。

これにより、当社特殊鋼製品の更なる信頼性向上に向けた製造技術の開発や、最大介在物の大きさをもとに疲労強度を定量的に予測することを通じて、お客様における部品設計の最適化(注)に貢献することが期待できます。

注：大きな負荷がかかるベアリングや駆動系等の機械部品は、破損等による短寿命リスクを回避するため想定される最大応力に一定の安全係数を加味して設計されるが、素材となる特殊鋼の疲労強度の定量的な予測は信頼性向上による安全係数の見直し(低減)を可能とし、部品の小型化・軽量化等に結び付く。

全世界でカーボンニュートラルに向けたCO₂排出削減が強く求められるなか、当社は、このたび開発した評価技術を積極的に活用してより信頼性の高い特殊鋼製品の開発・供給に努め、部品の小型・軽量化による自動車等のエネルギー効率向上や、風力発電をはじめとするカーボンフリー電源の普及拡大等に貢献してまいります。

以上

【ご参考資料】

(表) 従来の介在物評価方法と当社が開発した評価技術の比較

| | (従来の介在物評価方法) | | | 当社開発技術 (大型試験片の破断面観察) |
|---------|--|---|--|---|
| | 顕微鏡観察(検鏡)法 (マイクロ試験) | 超音波探傷法 (マクロ試験) | 破断面観察法 (マイクロ試験) | |
| 評価方法の概要 | ①表面研磨した試験片を光学顕微鏡で観察 ②検出した介在物の大きさ等を測定 ③上記の測定結果(多数)から、極値統計法で任意体積中の最大介在物の大きさを推定 | ①超音波探傷機で鋼材等に超音波を照射 ②反射エコーを分析し、鋼材等中の介在物の大きさや分布状況を検出 | ①超音波振動等で試験片を疲労破壊(破断)させ、評価体積中の最大介在物を現出 ②電子顕微鏡等で破断面の介在物の大きさや種類等を分析 ③上記結果(複数)から極値統計法で任意体積中の最大介在物の大きさを推定 | ①独自設計の大型試験片に水素チャージを施す ②水素脆化した試験片を超音波振動で疲労破壊(破断)させ、評価体積中の最大介在物を現出 ③電子顕微鏡で破断面の介在物の大きさや種類等を分析 ④上記結果(複数)から極値統計法で任意体積中の最大介在物の大きさを推定 |
| 迅速性 | △ 観察範囲が限定されるため、存在確率の低い大型介在物の測定には膨大な数の観察が必要 | ○ 広範囲で迅速に大型介在物を検出 | ○ 試験片を疲労破壊させることで、評価体積中の最大介在物を破断面に現出* | ○ 試験片を疲労破壊させることで、評価体積中の最大介在物を破断面に現出* |
| 正確性 | ○ 顕微鏡観察で正確な測定が可能 | △ 非破壊検査のため介在物の正確な大きさや種類は特定できない また、検出できる介在物の大きさに制約あり(微小介在物は検出困難) | ○ 破断面に現出した介在物を正確に測定できる | ○ 破断面に現出した介在物を正確に測定できる |
| 評価体積 | △ 観察範囲が限定されることから、大体積の評価には膨大な試験片観察が必要 | ○ マクロ検査で鋼材全体を評価対象とできる | △ 小さな試験片でなければ破断して介在物を現出させることができない | ○ 水素チャージを施すことで、大型の試験片でも容易に破断させて介在物を現出させることが可能 |

※試験片に超音波振動等による繰り返し負荷を与えることで、評価体積中の最も大きな介在物を起点とした疲労破壊が生じる

(図) 当社が開発した清浄度評価のフロー

