

熱延駆動系の監視・診断装置

Supervision and Diagnosis Equipment for Hot Strip Mill Drive Torque

NKK京浜製鉄所
福山製鉄所山科修一・富山政治*・渡辺了敏
高橋裕幸

1. 緒言

熱間圧延材料が、より高張力になるにつれ、圧延機の駆動系に対する負荷が厳しくなっている。NKK京浜製鉄所、熱延工場、粗圧延機R4において、駆動系の保護装置であるシャーボルトが1980年に切損して以来切れたことがなかったものが、1985年8月に5回も切損し、合計12時間もの故障となった。そこでシャーボルト切損を回避するため、トルク計による監視装置を開発し、1987年以来使用している。その後、突発的な切損は発生しておらず定期的な取替のみ行なっている。本報にて、このトルク監視装置の内容について報告する。

2. 設備概要

Fig.1に京浜における熱延工場フローを示す。Fig.2に問題の粗圧延機R4設備の全体図を示す。

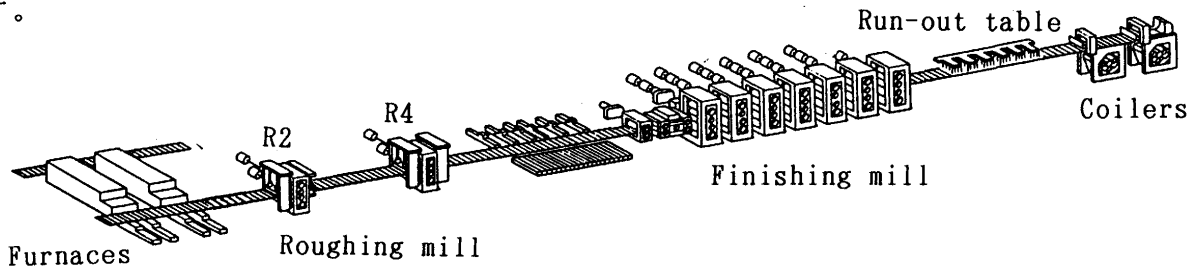


Fig.1 Hot Strip Mill at NKK Keihin Works

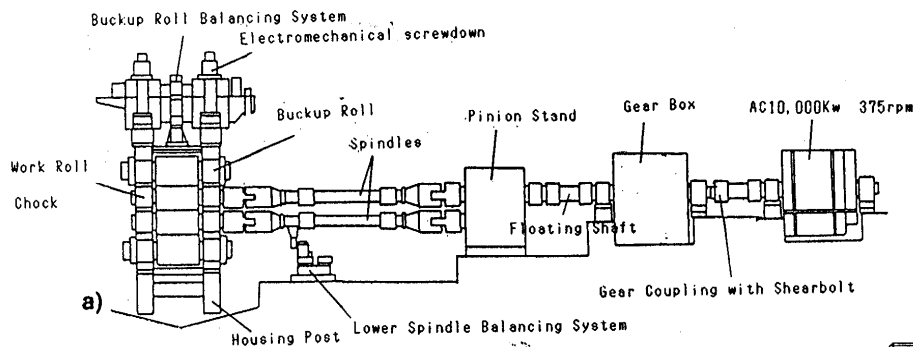


Fig.2 Schematic illustration of R4

Fig.3にシャーボルトの適用例を示すが、一般的に圧延機においては、高負荷材により、発生する過大トルクに対し、駆動系設備を破壊せぬよう保護装置を設置している。今回、報告の保護装置はシャーボルトを採用したものである。

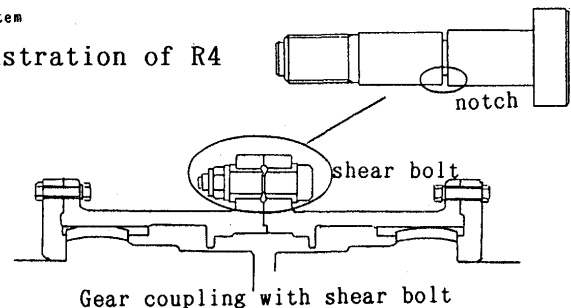


Fig.3 Schematic illustration of shear bolt

3. トルク監視装置

3-1. シャーボルト切損の頻発

65キロ級ハイテン材の圧延は1985年3月に45トン程度だったものが、1985年8月には6422トンもの量に増大し、高負荷圧延増大によるシャーボルト切損が頻発した。当面の対応として、スラブ材の加熱温度アップとR4の圧延負荷を少なくする圧下スケジュールに変更を行なった。

Table.1にシャーボルト切損が発生した日に計測されたトルクを示す。シャーボルトは、駆動系の安全を考え、駆動系各部位の疲労限以下に抑える必要がある。Fig.4に機械系各部位の強度を示す。

当初の設計思想では、減速機出力軸が最弱部であると考え、510%トルクでシャーボルトが切損するよう設定されていた。しかし、シャーボルトはモーター出力軸疲労限を越えて912%で破断しており、当初の予想を超えるトルクがモーター出力軸にかかっていたことが判明した。

Table.1 Measured torque

	Motor output 26T·m/100% shaft			Floating shaft 170T·m/100%			Motor output shaft peak torque / Floating shaft peak torque
	Peak torque	Mean rolling torque	TAF	Peak torque	Mean rolling torque	TAF	
Mild steel	503	144	3.5	228	118	1.9	2.2
	511	181	2.8	246	148	1.7	2.1
	511	212	2.4	246	175	1.4	2.1
High-ten steel	858	185	4.6	445	159	2.8	1.9
	842	181	4.7	421	152	2.8	2.0
	851	173	4.9	368	142	2.6	2.3
Break	912	—	—	379	—	—	2.4

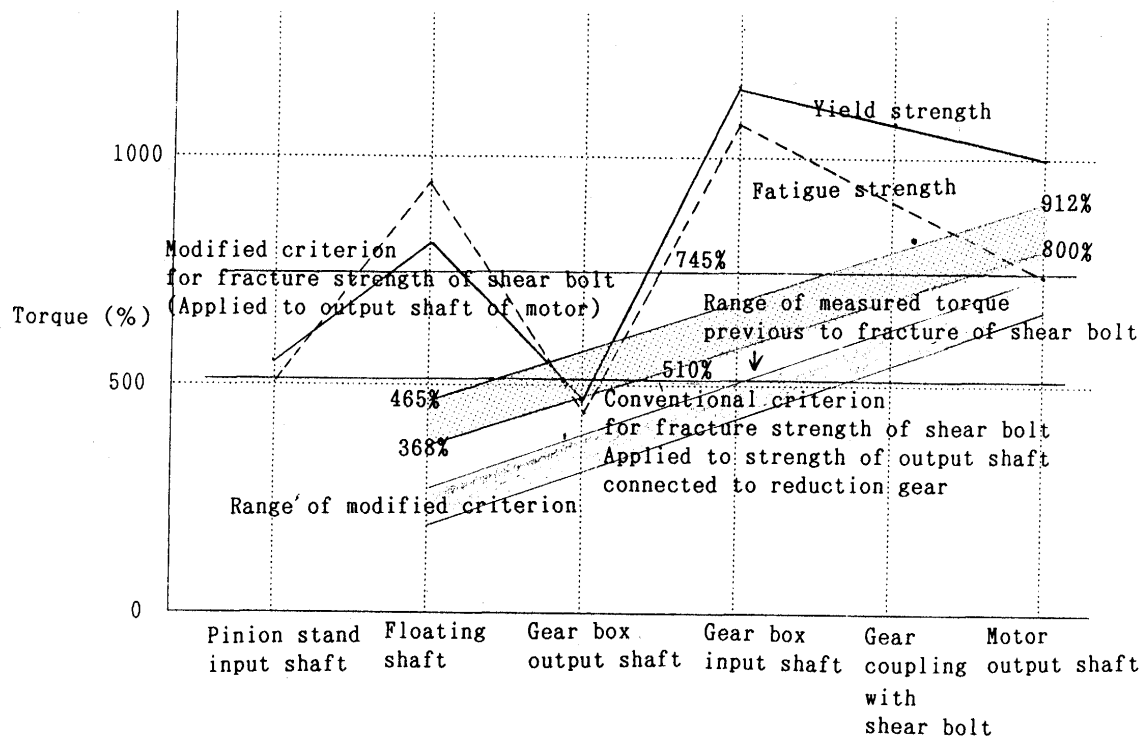


Fig.4 Strength of each mechanical parts

3-2. シャーボルト計算の見直し

Fig.4に示すように使用していたシ

ャーボルトは、モーター出力軸に対し、十分すぎる強度を保有していたことから（510%設定が912%にて破断）、従来設計に使用していたシャーボルト計算式の見直しを進め、再設定を行い、745%にした。Table.2にシャーボルト計算式を示す。

3-3. トルク監視装置の開発

1) 問題点

シャーボルト強度を912%から745%に見直しすることにより、従来のシャーボルトより、強度が低下することとなる。これは、よりシャーボルト切損が頻発することとなり、従来の定期的にシャーボルトを取り替える管理では、高負荷圧延の増加に対し、突発的な取替を避けることができないという問題点がある。

そこでトルク監視を行なうことで疲労寿命を予測し、疲労切損前にシャーボルト取替を行なうことを狙いにトルク監視装置の開発を行なった。

2) トルク監視装置内容

Fig.5にトルク監視装置を示す。

トルク監視装置は、軸に取り付けた歪計から出力された信号が校正装置を通り、FM波に乗って受信部へ伝達され、トルク復調装置からデータ処理装置へ送られ、粗圧延機運転室に設置されたCRT画面に表示されるシステムとなっている。

3) トルク監視装置機能

トルク監視装置の機能をTable.3に

示す。トルク波形のうち、700%トルクオーバーのものはボイスにて、「オーバーロードです」とオペレーターに警告し、R4圧下軽減措置が必要なことを知らせる。

Table.2 Formula of shear bolt

	Conventional shear bolt	Improved shear bolt
Material・Hardness	SCM440 Hs=41±2	SCM440 Hs=41±2
Formula of strength	$\sigma_n = \sqrt{\sigma_z^2 + \left(\frac{T}{n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \frac{D}{2}} \right)^2}$	$\tau_{max} = \frac{T}{n \cdot 3 \cdot \frac{\pi}{16} \cdot d^2 \cdot \frac{D}{2}}$
P.C.D :D Tensile strength: σ_n Stress due to tightening : σ_z Shearing torque : T Number of shear bolt : n Diameter of notch: d	$\phi 1170$ 883N/mm ² 392N/mm ² 255kN・m×510% 4 $\phi 39.4$	$\phi 1170$ $\tau_{max} = \sigma_n = 1079\text{N/mm}^2$ — 255kN・m×745% 4 $\phi 35.7$
Characteristic	- Effect of axial stress due to tightening is considered. - Effect of stress intensity is not considered. - Shearing strain energy criterion	- Effect of axial stress due to tightening is not considered. - Effect of stress intensity is not considered. $\tau_{max} = 110\text{kg/mm}^2$ (Obtained by reverse calculation using fracture torque)

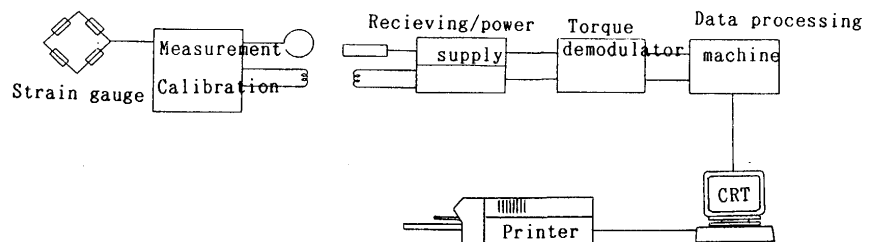


Fig.5 Supervision and diagnosis equipment of drive torque

Table.3 Torque monitoring function

1	Torque monitoring in usual	Give alarm expressing "Over load" When torque exceeds 700%.
		Conclude that shear bolt is broken. When torque doesn't continue over 2 second even if once exceeds 50%.
		Output of histogram and time chart.
2	Analysis of fatigue damage of shear bolt	Prediction of fatigue life applying with Palmgren-Miner law.

シャーボルト切損時にはトルクが50%を越え2秒以内にトルクを発生しないものはシャーボルト切損と判断し、赤ランプ点灯、かつ「シャーボルト切損です」とボイスを発生する。Fig.6にトルク正常時の出力例、Fig.7に疲労度蓄積例を示す。1989年6月～11月の6ヶ月で取替基準に達したことを表わしている。

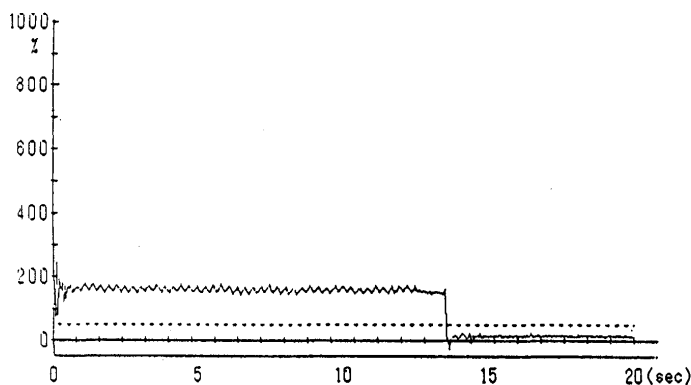


Fig.6 Example of output of torque

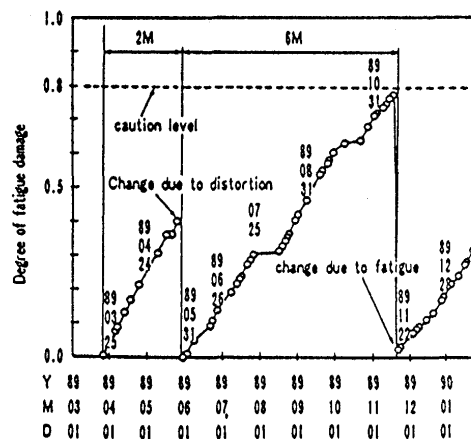


Fig.7 Example of fatigue damage accumulation

4. トルク監視装置の効果

トルク監視装置の適用により、以下のような効果が確認できた。

- 1) オンラインでトルク波形が確認できるため、T A F値（ピークトルク／定常トルク）の傾向を見ることができ、駆動系の状態把握が容易となった。
- 2) 疲労度蓄積の出力結果から、劣化状況に応じたシャーボルトの管理が容易となった。
- 3) Fig.8にシャーボルト切損の履歴を示すが、86年のトルク監視装置稼働開始より、突発切損は「0」を継続している。

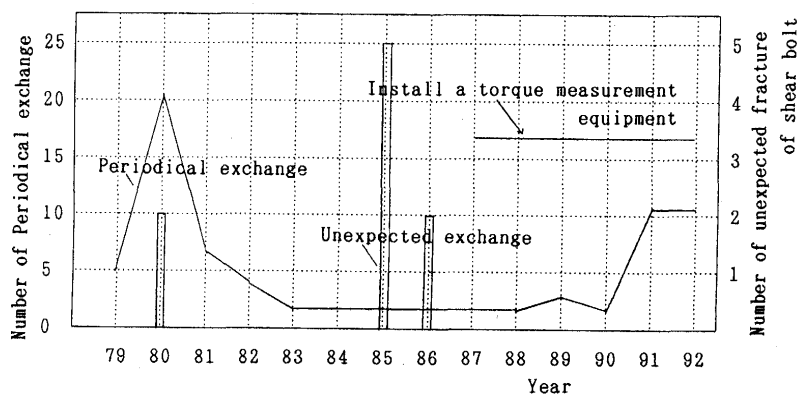


Fig.8 Change in number of breakdown of shear bolt

5. 結 言

熱延工場粗圧延機の駆動系シャーボルト切損の頻発と、防止対策であるトルク監視・診断装置の概要を述べた。圧延材料は、より高負荷になっており、駆動系に発生するトルクレベルはより大きくなっている。このことを背景にトルク監視・診断の必要性は増大しており、今回開発の装置を、熱延仕上スタンドにも拡充している。圧延操業は高負荷、連続化に向かっており、より信頼性の高い駆動系構築を推進していきたい。