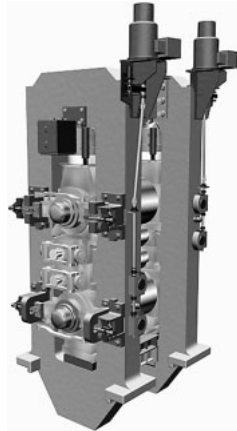


ミルスタビライザによる熱間圧延機の水平衝撃力及びミル振動低減

Reducing of Impact Force at Threading of Strip Head End and Mill Vibration

古元 秀 昭*¹ 西 崎 純 一*² 東 尾 篤 史*³
 Hideaki Furumoto Junichi Nishizaki Atsushi Higashio
 林 寛 治*⁴ 金 仲 坤*⁵
 Kanji Hayashi Joonggon Kim



熱間圧延分野での高圧下、高荷重圧延時の課題である鋼板が圧延機にかみ込む際の衝撃力、ミル振動及び薄物硬質材の通板不安定性の問題を解決するために当社ではシリンダによる衝撃吸収機構、油圧系ダンパから構成されるミルスタビライザを開発した。ミルスタビライザによりかみ込み衝撃力を半減、また振動時のハウジング加速度も約 40 % 低減することができ高圧下、高荷重圧延性能を大幅に向上させた。

1. はじめに

熱間圧延分野では今後ハイテン材、DP 鋼、冷延代替材さらには超微細粒鋼を製造する方向にあり、薄くて硬い鋼板圧延のニーズが高まっている。このことは圧延機にとっては圧延時の圧下率の増大、また材料の変形抵抗の増大に起因して高荷重圧延となる。また、熱間圧延分野では複数台の圧延機を直列に配置したタンデム圧延機を用いて、高速かつ高荷重にて熱間帯鋼を製造している。高荷重圧延になると鋼板が圧延機にかみ込む際の衝撃的な水平力の増大及びミル振動が増大する。

このかみ込み衝撃力の増大及びミル振動はロール軸受周りの機械部品の寿命に影響を与えまたミル振動は所定の圧下率を確保できないだけでなく、生産性の低下を招くこととなる。

当社ではこれらの問題を解決するために油圧系ダンパから構成されるシリンダによる衝撃吸収機構（以下ミルスタビライザと呼称）を開発した。このミルスタビライザはハウジングとロール軸受箱の間に設置され、両者間の隙間をなくしかつ油圧系ダンピング効果を期待するものである。

また熱間圧延機で大きなシェアを有している当社開発のペアクロスミルのロールクロス角度変更のアクチュエータとして、油圧シリンダによるクロス角度設定機構を採用し低コスト化を図るとともに、上記ミルスタビライザ機能と併用することにより性能向上を図っている。

2. ミルスタビライザの構成

熱間圧延分野では種々の鋼板、鋼種さらには連続圧延へ対応するため、高機能の板クラウン形状制御性が要求されており、当社ではペアクロスミルを開発した⁽¹⁾。

図 1 に最新のペアクロスミルの概観を示す。クロス機構は図 2 に示すようにワークサイドあるいはドライ

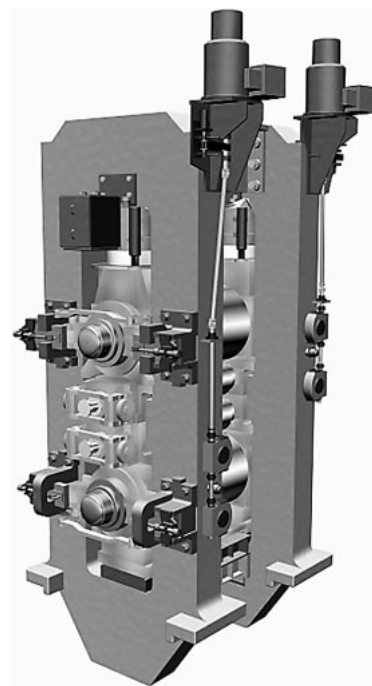


図 1 PCミルの概観図 ロールクロス機構を簡素化した板クラウン制御能に優れたペアクロスミル（PCミル）。

*1 技術本部広島研究所機械プラント研究推進室長 工博

*2 技術本部広島研究所主幹

*3 技術本部広島研究所機械プラント研究推進室

*4 三菱日立製鉄機械(株) 技術開発統括部技師長

*5 POSCO(株) 光陽製鐵所熱延技術開発 Group 課長

ブサイドの片方のみを圧延方向に移動可能として部品点数の簡素化を図っている。また圧延入り側にはハウジングとロール軸受箱間の隙間をなくすためのシリンダが設置されている。このシリンダは衝撃吸収機能を有し、またシリンダ配管途中にオリフィスによる油圧系ダンピングを設けてある。このシリンダによりロール群は常に出側ハウジングに押し付けられた状態となる。

3. ミルスタビライザの特徴

ミルスタビライザは上述したようにロール軸受箱とハウジング間の隙間をなくす目的で設置され、次の3つの機能が期待される。

鋼板が圧延機にかみ込む際の衝撃的水平力を低減しメンテナンス費を低減する。

圧延中のミル振動を低減し圧下率を増大させることができ、より薄い鋼板を製造できる。

ロール軸受箱を常にハウジング側に押し付けた状態とすることで薄物圧延時の安定性が増すことが期待できる。

本報告では 及び 項の衝撃的水平力及びミル振動低減効果について実機データを示しながら説明する。

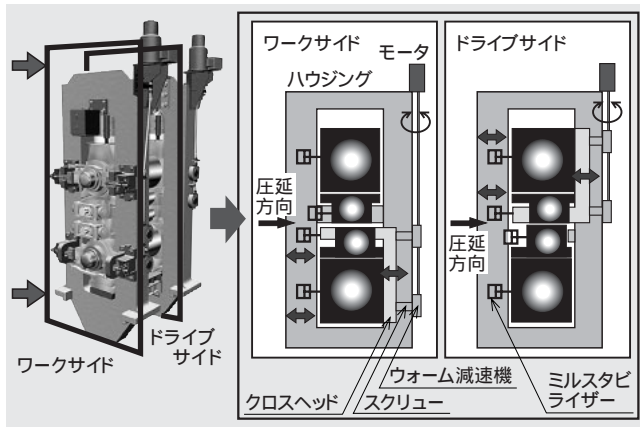


図2 ミルスタビライザの構成 ハウジングとロール軸受箱間のすき間をなくすようにミルスタビライザが組み込まれている。

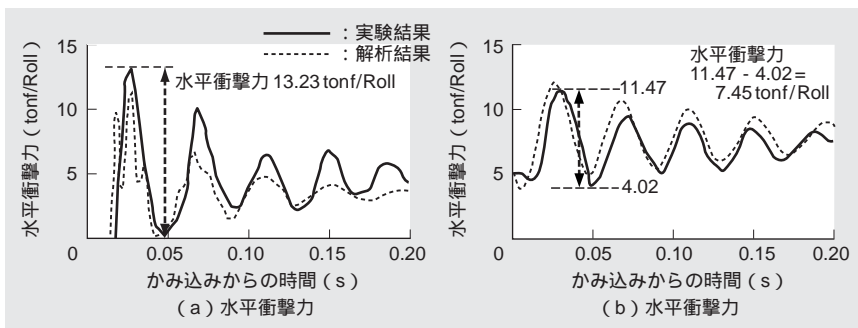


図3 水平衝撃力 (a)はミルスタビライザOFFで、ワークロール軸受箱には衝撃的な水平力が作用する。(b)はミルスタビライザONにより水平衝撃力が低減できる。

3.1 衝撃的水平力の低減

鋼板のかみ込みにおいて作業ロールには瞬時的に圧延トルクが作用し、この圧延トルクに起因して作業ロール周速度が低下する。その結果慣性の大きい補助ロールから上流側方向の水平力を受け、作業ロールは軸受箱とともにハウジングと作業ロール軸受箱間のわずかな隙間を上流側へ移動する。その後軸のねじれ振動により作業ロールは下流側へ水平力を受けるとともに、上流側ハウジングへ衝突した際にはね返りにより下流側のハウジングへ衝突し、大きな水平衝撃力が生じることになる。

上記の水平衝撃力低減を目的として圧延試験機にミルスタビライザを設置して実験を行った。結果を図3に示す。表1にパイロットミル仕様と圧延条件を示す⁽²⁾。鋼板がミルにかみ込むとスピンドルトルクは駆動軸系の固有周波数で変動する。そしてロール軸受箱に設置したロードセル荷重もこれに対応して変動する。ミルスタビライザOFFの場合と比較して、ミルスタビライザONの場合は衝撃的水平力の変動は小さい。図3ではONの場合余裕を持って初期シリンダ圧力を設定しており、この初期シリンダ圧力を下げることによって最大の衝撃的水平力をさらに低減できる。図中の

表1 パイロットミル仕様と圧延条件

項目	内容
WR径×胴長	(mm) 252×610
BUR径×胴長	(mm) 580×610
ミルスタビライザシリンダ径×ストローク	(mm) 70×2
供試材	Al1050材
圧延前板厚	(mm) 6.0
圧延後板厚	(mm) 3.9
板幅	(mm) 400
圧延スピード	(mpm) 100

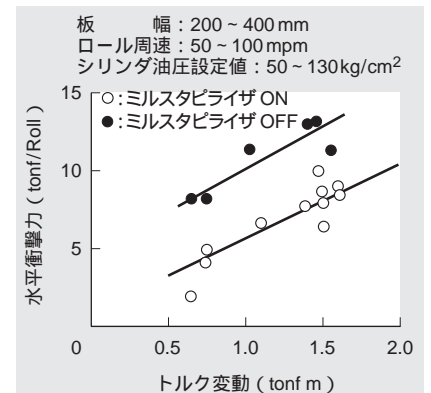


図4 トルク変動と水平衝撃力の関係 トルク変動の増加とともに水平衝撃力は増大し、ミルスタビライザONとすることで、水平衝撃力を半減できる。

解析においては作業ロールが補助ロールと一体になって1自由度のねじり振動をすると仮定して水平力を求め、その水平力、シリンダからの圧力及びハウジングの水平方向の剛性を考慮して衝撃的水平力を算出した。この衝撃的水平力の変動を作業ロールのトルク変動で整理したものが図4である。ミルスタビライザをONとすることで衝撃的水平力は半減する。

このミルスタビライザはすでにPOSCO(株)光陽製鐵所の圧延ラインに適用されており、図5に効果の一例を示す。ここではハウジングのパスライン位置に加速度計を取り付け、圧延方向加速度にて衝撃的水平力低減効果を評価した。横軸は圧延荷重、また縦軸は鋼板が圧延機にかみ込んだ際のハウジングの圧延方向加速度である。ミルスタビライザOFFの場合約3 G程度の加速度が生じていたものが約1~2 G程度となる。

図6に鋼板が圧延機にかみ込んだ際のハウジング加速度の計測例を示す。ミルスタビライザをONとする

ことなかみ込み時の衝撃的加速度は低減する。

この低減効果によりロール軸受箱周りの各部件の衝撃的水平力は低減し、その効果としてロール軸受箱部材の損耗が軽減し、結果的にはメンテナンス費用低減が期待される。

3.2 ミル振動低減効果

最近ではハイテン材に代表されるように薄くて硬い鋼板の圧延ニーズが高まっており、その際に問題となるのがタンデム圧延機で発生するミル振動である。このミル振動は、上下ワークロールが圧延方向に異なる位相、すなわち上部ワークロールが圧延上流側へ運動する際には下部ワークロールは圧延下流側へと約60~90 Hzの周波数にて運動する現象である。このミル振動が激しい場合には圧延機付着の機器の緩み、あるいは圧延後の鋼板の板厚変動を生じさせるなどの問題が発生する。このミル振動発生メカニズムについてはまだ十分に解明されていないが、ミル振動発生限界として単位幅あたりの圧延荷重、圧下率、圧延スピード等が影響していることが分かってきている⁽³⁾。図7に

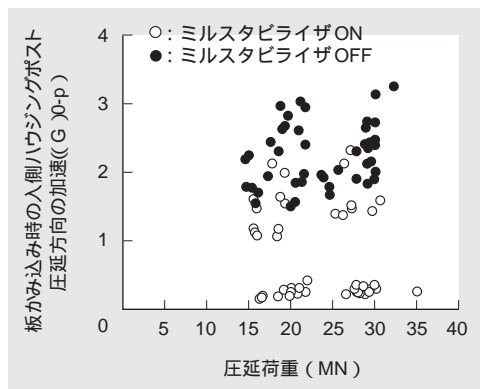


図5 圧延荷重と板かみ込み時の入側ハウジングポスト圧延方向加速度 実機圧延ラインでの板かみ込み時の水平衝撃力に対応するハウジングポストの加速度はミルスタビライザONにより約40%低減する。

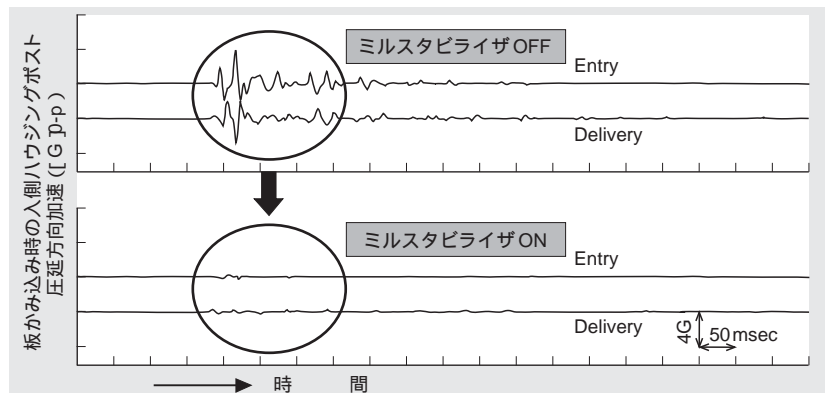


図6 板かみ込み時の入側ハウジングポスト加速度のチャート例 実機圧延ラインでの板かみ込み時のハウジングポスト加速度はミルスタビライザONにより低減する。

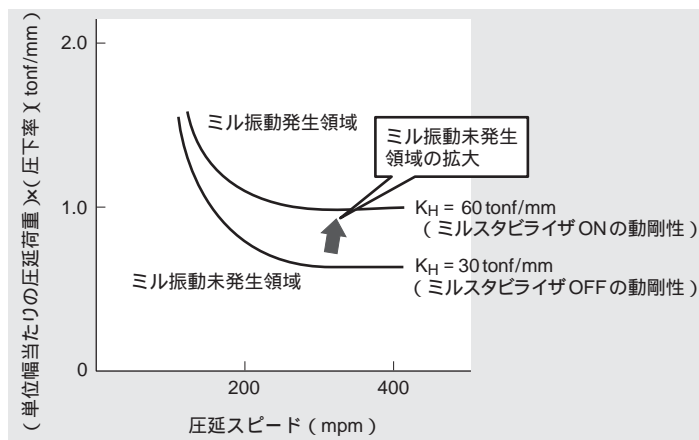


図7 圧延スピードと圧延振動発生領域の関係 単位幅当たりの圧延荷重及び圧下率が大きい程ミル振動は発生しやすい。またミルスタビライザONで動剛性が増加するのでミル振動未発生領域が広がる。

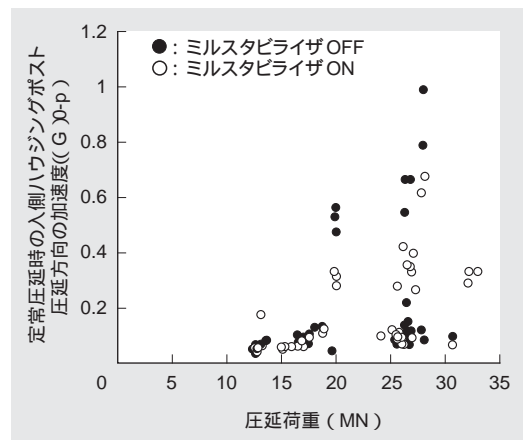


図8 圧延荷重と定常圧延時の入側ハウジングポスト加速度の関係 ミルスタビライザONにより定常圧延時のハウジングポスト加速度を低減できる。

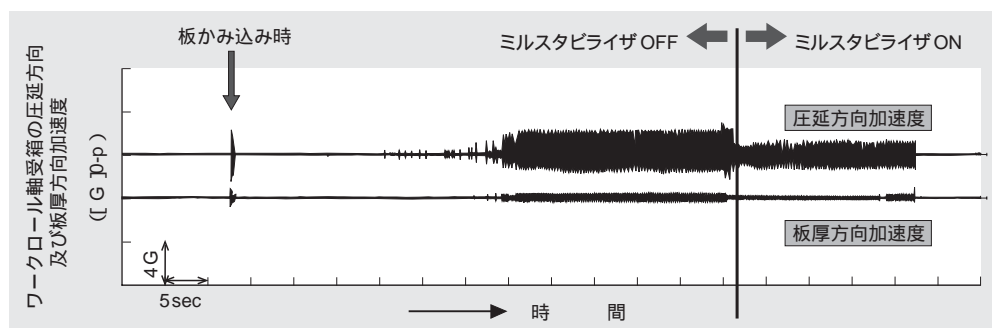


図9 ワークロール軸受箱の圧延方向及び板厚方向加速度のチャート例 定常圧延時のミル振動はミルスタビライザONにより半減する。

ミル振動限界線図の一例を示す。単位幅当たりの圧延荷重、圧下率が多い場合にミル振動は発生しやすく、この限界線は圧延機の水平方向の動剛性と関係し、動剛性が高いほどミル振動の未発生領域は増大する。

図8にミルスタビライザの効果の例を示す。本結果はPOSCO(株)光陽製鐵所圧延ラインの前段側にミルスタビライザを設置した例である。図の横軸は圧延荷重、縦軸はハウジングのパスライン位置の圧延方向加速度である。ミル振動が小さい条件であるが、ミルスタビライザをONとすることでハウジング加速度は約40%程度低減できる。

図9はミル振動計測結果の一例である。ワークロール軸受け箱位置での圧延方向及び板厚方向への加速度の計測例である。鋼板が圧延機にかみ込んだ後、しばらくして圧延方向加速度が大きくなっている。板厚方向の加速度はさほど大きく成長しない。この状態からミルスタビライザをONとすることで、圧延方向加速度は小さくなりミルスタビライザにより振動が抑制される。

ミルスタビライザは油圧シリンダ及び油圧系ダンピング機構であるオリフィスで構成されており、このオリフィス部でロール軸受け箱の圧延方向の動きが大きくなる程、ダンピング機能が大きくなるように工夫されており、よりミル振動抑制効果を高めている。

4.ま と め

今後熱間圧延分野では更なる高圧下、高荷重圧延が求められる傾向にある。この時に課題となる鋼板が圧延機にかみ込む際のかみ込み衝撃力とミル振動の問題を解決するために、当社ではシリンダによる衝撃吸収

機構、油圧系ダンピングから構成されるミルスタビライザを開発した。ミルスタビライザによりかみ込み衝撃力を約50%、また振動時のハウジング加速度を約40%低減することができる。その結果更なる高圧下、高荷重圧延を可能とし、同時に圧延の高位安定性に寄与できると考える。

このミルスタビライザは新設の圧延プラントに限らず既設の圧延プラントへの導入も容易である。今後ともお客様のニーズにマッチした製品開発を行っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 大森ほか、ペア・クロス圧延機の圧延特性、塑性と加工 Vol.28 No.321 (1987) p.1067
- (2) 東尾ほか、ギャップレスシリンダによる板噛み込み時の衝撃力の低減効果、第114回圧延理論部会 (2001)
- (3) 吉田ほか、熱間圧延機による動的不安定現象の解析的試み、第117回圧延理論部会 (2002)



古元秀昭



西崎純一



東尾篤史



林寛治



金仲坤