

高信頼性日立サイジングプレス

High Reliability Hitachi Sizing Press

熱間圧延の分野で製鋼工程と熱間圧延工程の同期化による省資源、省エネルギーを目的としてスラブサイジングプレスを開発した。この設備はテーパ状の金型の往復運動によって熱間のスラブ幅を全長にわたって300 mm程度圧下するものである。その負荷形態は従来のプレスや圧延機と異なり、最大19 MNの大きな衝撃荷重の繰り返し(0.7 Hz)であり、しかもこの設備は熱間圧延設備特有の熱、水、スケールなどにさらされた悪環境下で使用される。したがって、設備の信頼性、耐久性に対する考慮が特に必要である。

日立製作所は以上のような厳しい条件に耐えられる最適機構を確立し、その実機1号機を昭和60年に川崎製鉄株式会社水島製鉄所に納入した。現在、同機はますます好調な稼動を続けている。

日立サイジングプレスが生産性、品質・歩留り向上、省エネルギーなどの導入効果の達成にはもちろんのこと、設備的にも信頼性が高く、長期安定操業に適合したものであることが確認された。

二階堂英幸*
藤 津 武*
二 瓶 充 雄**
芳 村 泰 嗣**
橋 本 直**
此 本 安 伸***

Hideyuki Nikaidō
Takeshi Fujitsu
Mitsuo Nihei
Yasutsugu Yoshimura
Tadashi Hashimoto
Yasunobu Konomoto

1 緒 言

日立製作所は川崎製鉄株式会社と共同で、連続鋳造スラブ幅を集約し、熱間圧延ラインで自由にスラブの幅変更を行うテーパ金型による連続式幅圧下設備(サイジングプレス)の実機化に成功し、昭和60年に世界初の実機1号機を川崎製鉄株式会社水島製鉄所に導入した¹⁾。その後、この設備は順調に稼動を続け、すでに4年にわたる安定操業実績²⁾をあげ、図1に示すとおり導入効果も十分達成している。

この設備は熱、水、スケールなどの雰囲気さらされ、かつ最大19 MNで約0.7 Hzの繰り返し衝撃荷重を受けるために、当初からその信頼性、耐久性が最重要視されていた。また、300 mmの幅大圧下時のスラブの座屈、ねじれ、反りの防止も重要課題であった。

日立製作所は上述した厳しい使用条件下で安定したスラブ幅圧下を実現するために、幅圧下とスラブ搬送機能の分離など構造と動作の単純化や座屈防止などの重要課題の解決を図り、実操業でその信頼性を確認したので、以下これらについて論述する。

2 日立サイジングプレスの特徴

2.1 サイジングプレスの具備条件

サイジングプレスは、熱間圧延設備のなかで長期間、安定

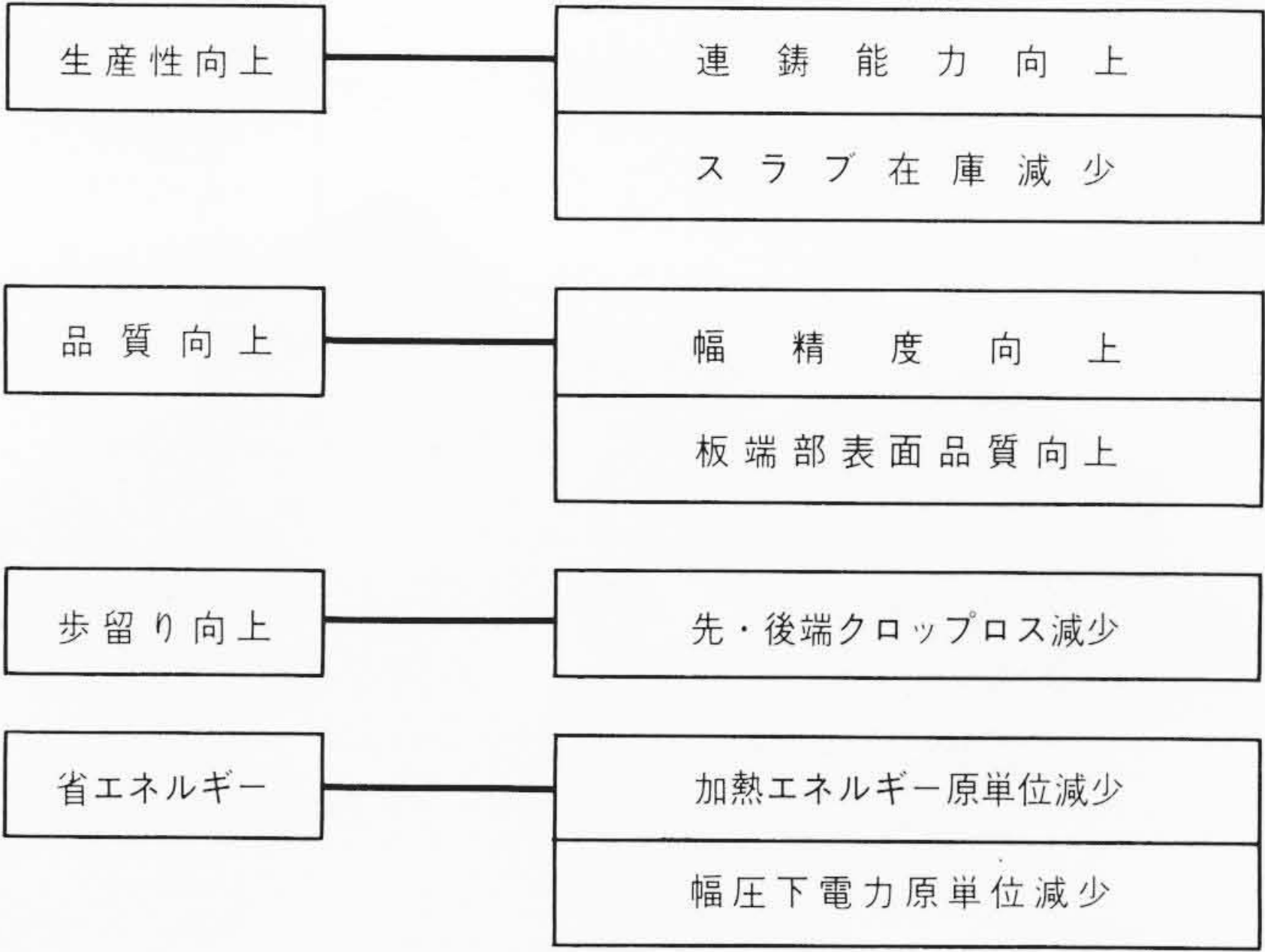


図1 サイジングプレス導入による効果 サイジングプレスの導入によって、その効果は生産性向上、品質向上、歩留り向上、省エネルギーと多岐にわたっている。

した操業のもとで幅成形し、高品質、高歩留りのスラブを確保しなければならない重要な役割を担っている。

そのため、サイジングプレス特有の重要技術課題を克服し、信頼性の高い設備とするための検討を重ね、図2に示すような技術を確立した。これらの有効技術は、現在の長期安定操業

* 川崎製鉄株式会社 水島製鉄所 ** 日立製作所 日立工場 *** 日立製作所 機電事業本部

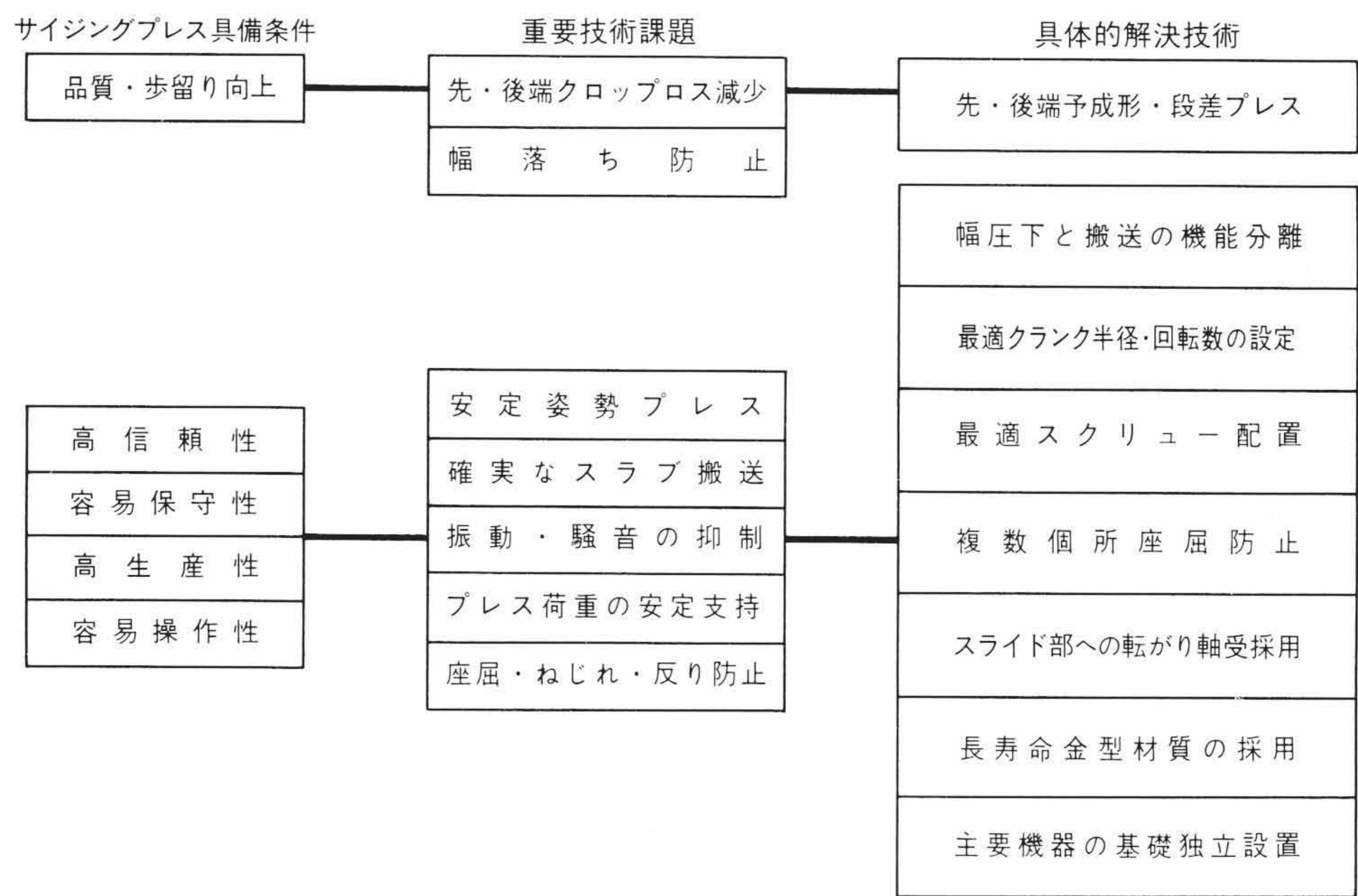


図2 サイジングプレスの重要技術課題とその解決技術 サイジングプレスには克服しなければならない技術課題があるが、種々検討を重ねて、これらの解決技術を見いだした。

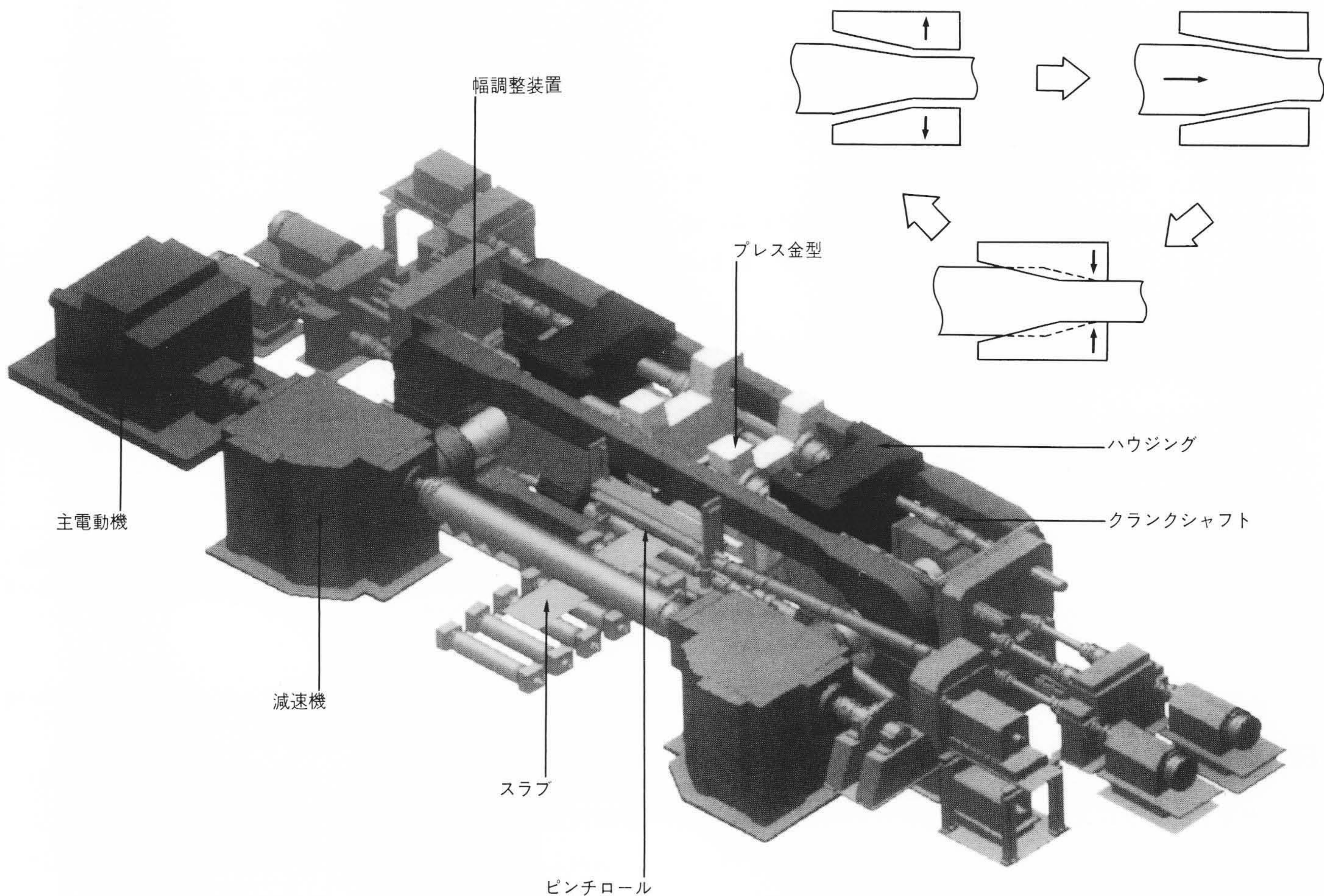


図3 日立サイジングプレスの全体構成図と基本動作 日立サイジングプレスは、単純な構造・動作および主要機器の独立設置こそ熱間圧延設備として最適という考えで構成されている。

を強力に支援している。以下に各技術項目について詳述する。

2.2 日立サイジングプレスの構造上の特徴

2.1の具備条件を考慮して構成した日立サイジングプレスは、横置きハウジング内に偏心クラック軸を水平に配置して、これを電動機によって駆動する水平対向形プレスである。この全体構成および基本動作を図3に、主な特徴を以下に述べる。

(1) スラブ幅圧下と搬送機能分離による安定プレス

スラブの幅大圧下に際してスラブの幅方向には座屈やねじれ、また長手方向には反りなどの現象が発生しやすい。これらを防止するためには、後述の座屈防止が非常に重要な技術であると同時に、金型に対してスラブを常に正確に搬送することが必要である。このためには、幅圧下とスラブ搬送の両機能を分離し、スラブを静止状態として金型に対するスラブの正確な位置設定を行うことが有効である。

一方では、スウェーピングマシンの考えを導入し、幅圧下とスラブ搬送の機能を複合化した方式がある。しかし、この方式ではスラブを搬送しながら幅圧下するために、金型に対するスラブの正確な位置設定が困難であるため、座屈やねじれ現象が発生しやすい。またスラブ搬送のために、大きな質量をスラブ搬送方向にも揺動させねばならず、振動ひいては寿命低下の原因となる。

一方、搬送機能を受け持つ入出側の強力ピンチローラーは、スラブを金型に対して正確に送る役割のほかに、ピンチローラーの押さえ効果によってスラブ先・後端部での反り、ねじれおよび座屈の抑制効果のあることも明らかとなっている。当初実機化に当たっては、スラブ搬送停止時にピンチローラーと

の接触による局部スラブ表面温度低下、およびスラブ表面きず発生などの二つの問題が懸念されたが、実操業で最終製品品質上まったく問題のないことが確認された。

(2) 最適クラック半径、回転数の設定による振動の抑制

偏心クラック機構を持つ設備では、いかに振動・騒音を抑制し各機器の長寿命化を図るかが重要な課題である。上記の振動・騒音と密接な関係のあるのがクラック系の慣性力とスラブに衝突する金型を含む質量の衝突速度である。

この慣性力および衝突速度は、図4に示すようにクラック偏心量 r と回転角速度 ω の関数であることから、生産性を満足する範囲内でクラック半径と回転数を小さく設定して振動・騒音の抑制を図った。

(3) 主要機器の基礎設置による信頼性の確保

プレス動作によって発生する振動は周囲機器に伝播する。したがって、減速機、電動機など高信頼性を要求される主要機器への上記振動伝播の最小化を図ることは、機器の信頼性確保のうえで重要である。これを解決するために採用した方法が、図3に示すような主要機器の基礎独立設置である。

稼働後の振動測定ではこれら主要機器の振動は小さく、基礎独立設置の正しさが裏付けられている。

(4) 最適スクリー配置によるプレス荷重の安定支持

スラブ幅圧下時の荷重中心位置は、図5に示すように幅圧下量 ΔW および先・後端予成形長さ L_f などによって変化するうえ、幅圧下動作中も中心位置が移動する。

また、スラブ厚み方向でもスラブ厚さが変わる場合にはやはり上下方向に偏心荷重が発生する。したがって、荷重中心が移動しても常にこの負荷を安定して支持することがスラブ

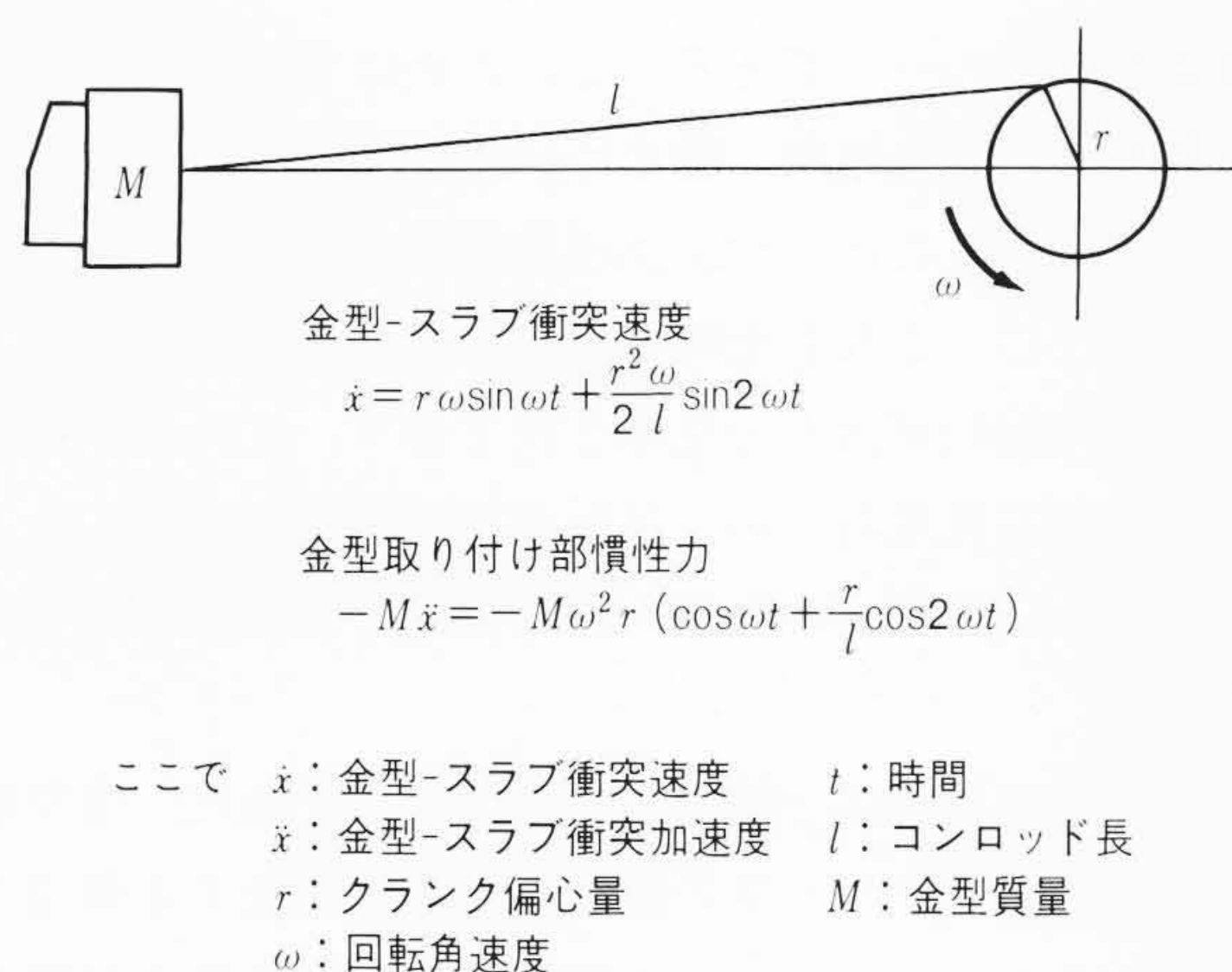
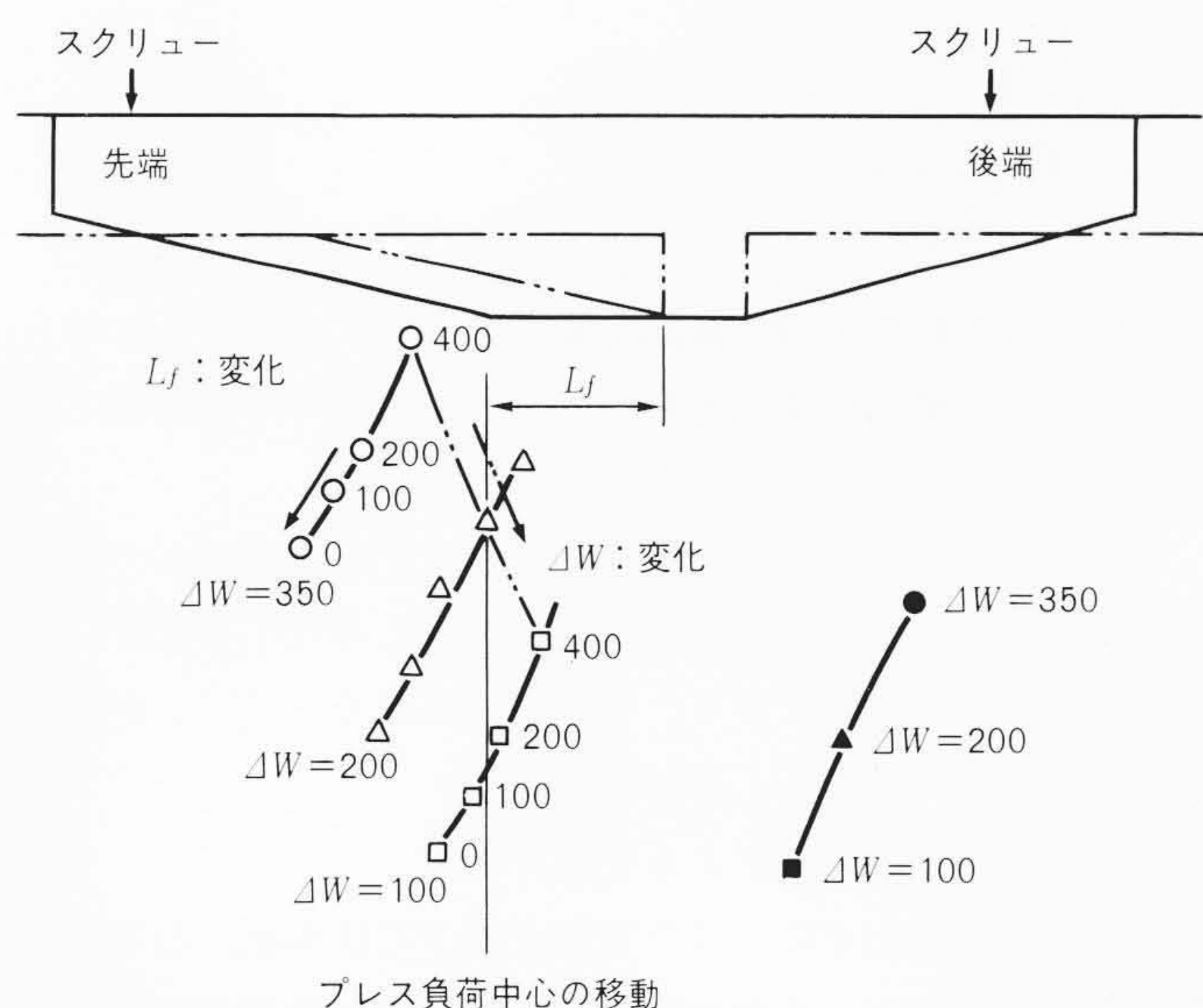


図4 金型-スラブ衝突速度と慣性力 金型-スラブ衝突速度および金型取り付け部慣性力を小さくすることにより、設備全体の振動・騒音を抑制できる。



注: L_f (後端予成形長さ), ΔW (幅圧下量)

図5 プレス時の負荷中心移動と安定支持 プレスによる幅圧下では負荷中心移動が大であるため、日立サイジングプレスでは4本のスクリーで安定支持を確保している。

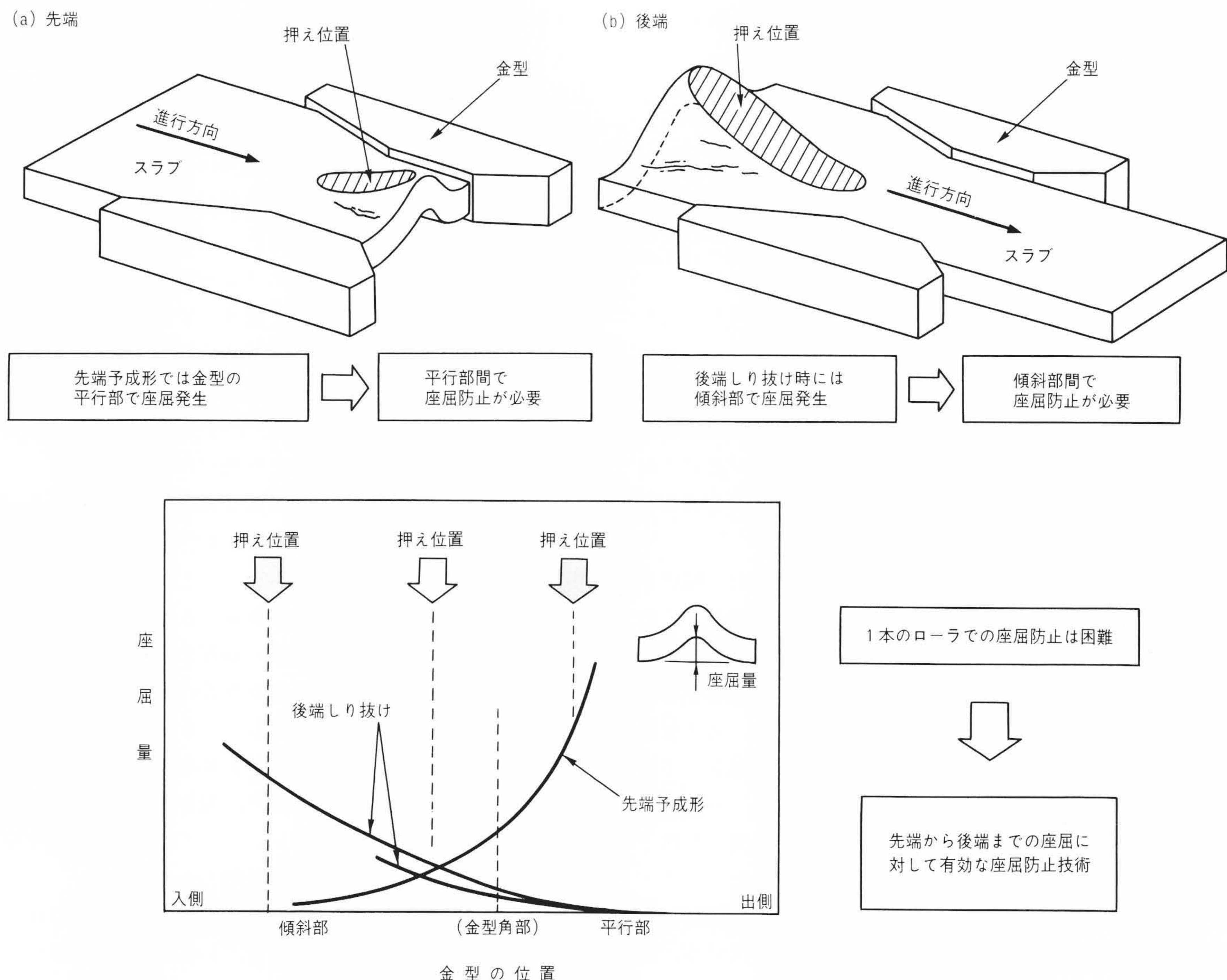


図6 最適座屈防止技術 スラブ幅大圧下では、座屈、ねじれおよび反り現象が発生する。これらの現象を防止することが、安定プレス上きわめて重要である。

の座屈、ねじれなどの不安定な変形を防止するとともに滑らかな動作、振動の抑制を可能とし、各部機械寿命の延長と安定操業を実現させるうえで不可欠である。

このため、日立サイジングプレスでは4本スクリュ配置とし、荷重中心がスクリュ支持範囲内に存在するような構造にしてある。これにより、金型には回転モーメントが作用せず安定プレスに大きく寄与している。

(5) 複数個所座屈防止による安定プレス

すでに述べたように、スラブ幅大圧下では座屈、ねじれ現象が発生しやすく、また一度これらの現象が発生するとこの傾向は拡大されて、プレス動作の継続が困難になる場合がある。

このように座屈やねじれ現象が発生させないことは、きわ

めて重要な技術の一つである。このために多くのモデルテストや計算を実施した結果、図6に示すように1か所での座屈防止は困難であること、および複数個所でも最適位置があることを見だし、これを実機に適用している。この結果、座屈、ねじれ抑制効果は十分発揮されており、またきず発生の問題もなく安定操業のための強力な支援技術となっている。

(6) 摺(しゅう)動部への転がり軸受採用による滑らかな動作と寿命延長

サイジングプレスは一種の振動機とも考えられ、金型取り付け部などは偏心クランクの動きとともに摺動する構造となっている。そのため、これらの摺動部に滑り軸受を使用したのでは、長期間使用中の摩耗によって摺動部のすきまが拡大されて滑らかな動きを阻害し、振動の拡大さらには設備全体

の寿命低下につながる。したがって、これらの問題点を解決するためにクランク軸などの大きな負荷を繰り返し受ける軸にはすべて転がり軸受を採用している。

(7) 最適金型材質採用によるスラブ表面品質と原単位の向上
サイジングプレス用金型は高温のスラブと直接接触し、かつ通常のプレスと比較して接触回数も多く、熱的に厳しい条件下にある。

このように厳しい条件下で使用される金型には耐熱性、高延性および耐腐食・耐酸化性が要求される。

これらの要求に対しては、実機装着を含む多くのテストによって、最適材質を確立している。

一方、金型使用上も

- (1) スラブ温度低下防止のための幅圧下中の冷却水量抑制
- (2) 同一金型を上下に2個配置して交互に使用し、効果的な金型冷却実施によるヒートクラックの低減(クラック数と深さ)
- (3) スラブ表面品質と金型原単位を考慮した最適金型交換ピッチの設定

など十分な配慮のもとで操業が行われている。

2.3 サイジングプレスの保守性

熱間圧延設備で不可欠となったサイジングプレスは、長期間安定操業のために容易な保守性が強く求められる。

このために、幅圧下とスラブ搬送機能の分離など構造簡素化や定期的な点検が必要とされる主要機器、電動機などの基礎独立設置による保守・点検の容易化を極力図ったが、実稼動後の操業条件によって予期しない荷重が働き、内ブロック車輪軸受の破損事故が発生した。これを機会に負荷の再分析と保守性の再見直しを実施し、車輪の強度アップやピンチロールの保守性改良などを加えよりいっそう信頼性の高いものとし、熱間圧延設備では必須(す)の非常時の迅速対応も十分考慮した構造とした。この結果、同機はますます好調な稼動を続けている²⁾。

3 日立サイジングプレスの操業技術

サイジングプレスでは、安定操業を継続していくための構造・機能を備えていると同時に、歩留り、品質および生産性向上のための安定操業技術の確立が必要である。

3.1 操業技術への対応

サイジングプレスは、スラブ幅を大圧下して歩留りや品質を向上させることを目的としているため、これに伴う幾つかの操業技術が必須のものとなってくる。ここでは代表例として先・後端クロップロス低減のための予成形技術および先・後端の幅精度向上のための段差プレス技術について述べる。

(1) 先・後端予成形技術

一般に先・後端予成形なしでプレスおよび水平圧延すると、先・後端は図7(a)に示すような形状となり、この部分は仕上圧延機前のクロップシャーで切断され、クロップロスとして

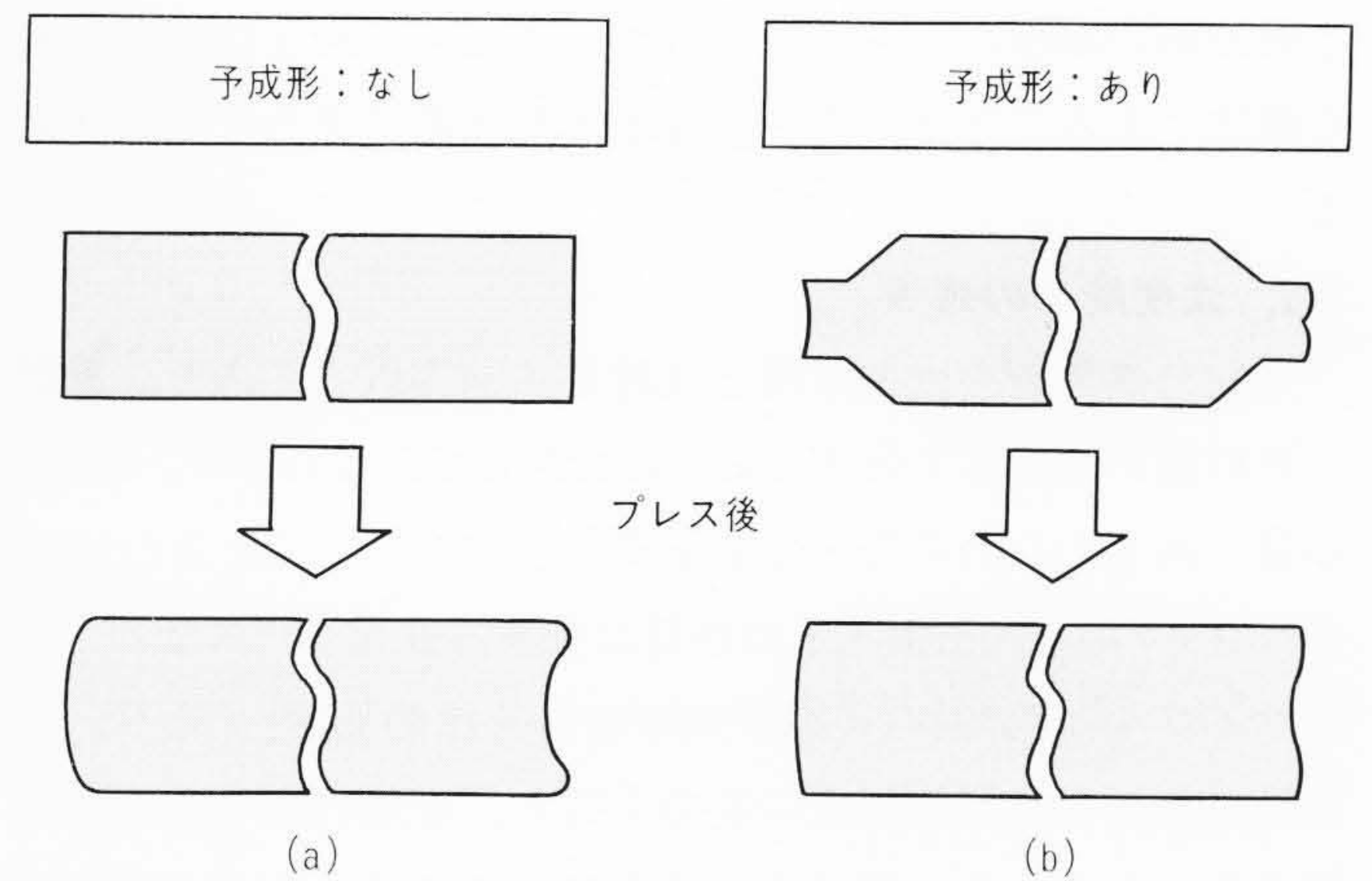


図7 先・後端予成形技術 先・後端予成形は、歩留り向上のための必須(す)技術であるだけでなく、良好な成形がスラブの座屈、ねじれ、反りをも防止する。

歩留りを低下させる。そこで、例えば先・後端を同図(b)に示すようにあらかじめ成形すると、全長プレスおよび水平圧延後のクロップロスは格段に減少し、歩留り向上に大きく寄与する。また、先・後端の良好な成形は座屈、ねじれ、反りのない幅圧下を可能にする効果もある。日立サイジングプレスは、この技術を実施する操作パターンを持っており、構造上も幅圧下とスラブ搬送機能を分離しているためこの操作を容易に、しかも高精度に実施することが可能である。

(2) 段差プレス技術

プレス方式による幅圧下のドッグボーンは、Vロール方式と比較してピーク高さは低く、位置は幅の中央寄りとなり断面形状は大幅に改善される。しかし、プレス方式といえども幅の大圧下では先・後端部と中央部とではその断面形状が異なるために、水平圧延後には図8(a)に示すように先・後端部に幅落ち現象が生じ、歩留りや幅精度の低下をもたらす。これを克服する技術が同図(b)に示す先・後端段差プレスである。

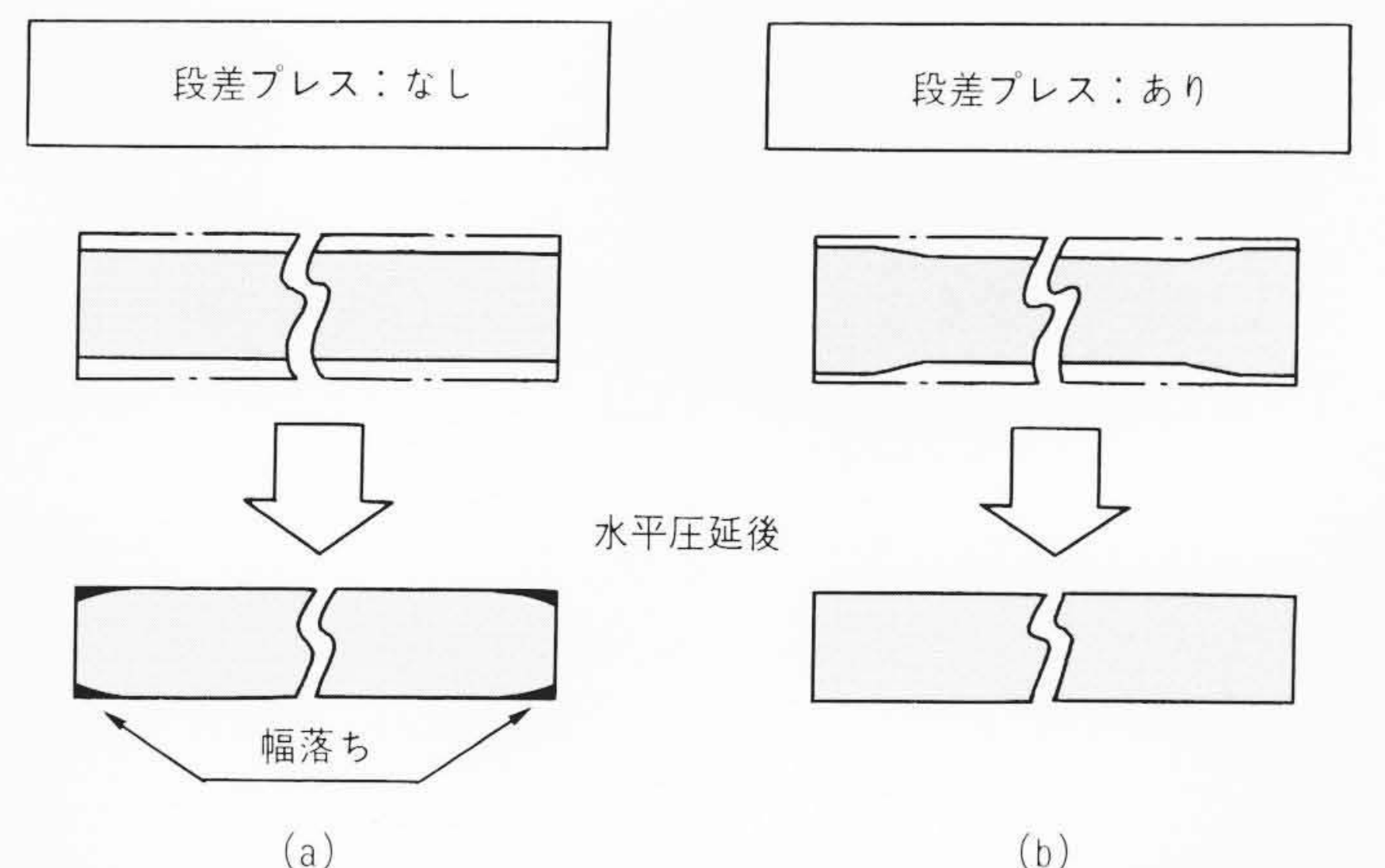


図8 段差プレス技術 段差プレスは、スラブ先・後端の幅落ち現象を防止し歩留り・品質向上にとって重要な技術である。

このための操作パターンを持っていること、および操作容易な構造であることは、先・後端予成形技術の場合と同様である。

3.2 生産能力の確保

プレス処理能力は他設備と比較して同等以上であり、熱間圧延設備の生産性を阻害するものであってはならない。品質、歩留り向上のための先・後端予成形と段差プレスを含む10 m長スラブの300 mm幅圧下処理時に要する操業ベースでのタイムサイクルは約70秒(後端予成形なしでは約55秒)であり、他設備と比較して同等以上の能力を持ち、生産性という点で問題のないものとなっている。さらに、このタイムサイクルは機械仕様の若干の変更によって容易に短縮できるなどの自由度を持っている。

4 結 言

以上、日立サイジングプレスの特徴を実機の安定操業実現

という観点から述べた。

操業実績も約4年経過した現在、信頼性の高いものとして今後、生産性の向上および生産コストの低減に大きく貢献できるものと確信する。

終わりに、これまで真剣にご討議、ご指導をいただいた関係各位に対し深く感謝するとともに、今後いっそうのご協力やご指導を希望するものである。

参考文献

- 1) 直井, 外: スラブサイジングプレスの開発, 日立評論, 70, 6, 621~624(昭63-6)
- 2) 高木, 外: サイジングプレス機械設備の強度・寿命及び保全性評価結果, CAMP-ISIJ Vol.2, 1463(1989)
- 3) 直井, 外: HOT幅サイジングプレスの基本構想, 第38回塑性加工連合講演会論文集, 33~48(1987-9)
- 4) 磯辺, 外: スラブ幅圧下時の先後端非定常変形, 昭和63年度塑性加工春季講演会論文集, 301~308(1988-5)