

# 第1章 冷却

圧延工程を終えた鋼板は、ホットレベラで熱間矯正ののち、次工程で処理できる温度まで冷却される。冷却床での空冷が一般的であるが、高級鋼の内部品質改善や熱応力割れ防止の目的で徐冷工程をとる場合もある。

## 1. 冷却設備

厚板工場の冷却設備は、次の4つに分類され、一般的な配置例を図1-1に示す。

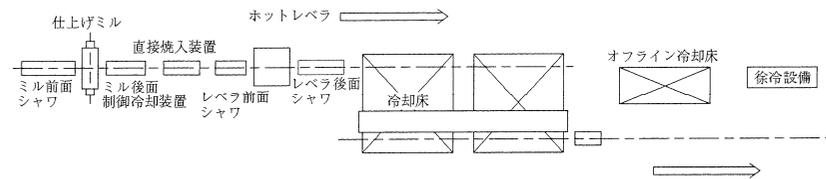


図1-1 厚板工場冷却設備配置例

- ① 圧延機、ホットレベラ前後テーブルでの強制冷却装置
- ② ミルラインでの制御冷却装置及び直接焼入装置
- ③ オンラインおよびオフライン冷却床
- ④ 徐冷設備

①②については、制御圧延、制御冷却のための設備であり、以下③④について説明する。

### (1) オンライン冷却床

オンライン冷却床（クーリングベッド）は、図1-1の配置例に示すようにホットレベラ後面に位置する。そして、鋼板をその幅方向に移送しながら、材質に影響のないゆるやかな冷却速度でかつ形状を損なわないように均一に、373~473 °Kまで空冷する。

冷却床の機能は、①熱間圧延された鋼板を均一に冷却すること②剪断・精整ラインへ鋼板を移送すること③一時的な剪断・精整ラインへの過負荷を吸収す

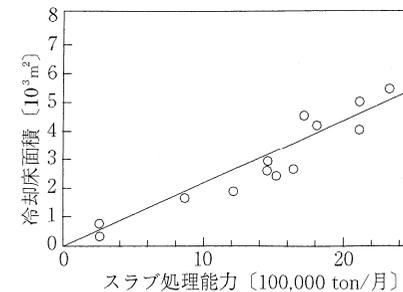


図1-2 スラブ処理能力と冷却床面積

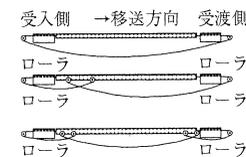
るバフファとなること、などである。

各工場の生産能力と冷却床面積との関係は、図1-2に示すように、スラブ処理量に対し直線的に冷却床が増大していくことがわかる。また同一面積であれば、冷却床の効率・バフファ機能両面からみて冷却床面数の多い方が自由度は大きい。一般に製造品種・サイズなどが多種にわたる工場は、冷却床面数を多くとっている。

オンライン冷却床の移送装置には、2つの方式があり図1-3に各方式の概略を示す。

オンライン冷却床の移送装置には、2つの方式があり図1-3に各方式の概略を示す。

### キャリアチェーン方式



### ウォーキングビーム方式

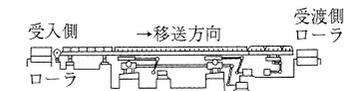


図1-3 冷却床型式別移送方式

### ア. キャリアチェーン方式

チェーンの上に鋼板を乗せ、チェーンを固定グリッドに対して上昇させ鋼板を固定グリッドに接触しないようにして走行させ、鋼板を移送させる方法である。高温にも使用でき、すり疵の問題もないので広く用いられているが、機構は複雑になり、冷却床下部には、レバまたはカムによるリフト機構や、その駆動機構が配置される。また、建設費も高価である。

### イ. ウォーキングビーム方式

キャリアチェーンの代わりに移動ビーム（グリッド）があり、固定グリッドに対し、移動グリッドが、上昇→前進→下降→後退のサイクルを繰り返して、鋼板を移送させる方式である。機構は最も複雑で、建設費も最も高価であるが、すり疵や歪の発生は最も少ない。これは、移動グリッドをチェーン

のような線でなく、面状に広くとることにより、鋼板を保持する際の水平度をよくし、しかも鋼板を移送しない際には、固定・移動グリッドの上面を同一平面に保つように制御しているからである。また、駆動範囲を長平方向に分割し、入側半面と出側半面が独立して動かせるようにしたり、逆方向の移送を可能にして、冷却床内でも鋼板の幅方向詰合せが可能である。このため、カバーレシオ<sup>\*1-1</sup>やバッファ機能が最も優れた方式である。

以上の設備は、いずれも耐熱性に考慮を払い、構造部分に耐熱材や耐熱構造を使用し、設備の下部は深いピットにして通風性をよくして、熱影響を最小限に抑える工夫をしている。

## (2) オフライン冷却床

オフライン冷却床のように、鋼板を移送しながら冷却するのではなく、一箇所に定置したまま冷却させる型式の冷却床である。構造は簡単で、グリッドやスキッドを定盤のように並べたものである。鋼板の搬入・搬出は天井クレーンと専用吊具で行われる。

この冷却床は主として、極厚鋼板の冷却に用いられる。

## (3) 徐冷設備

鋼中の有害元素である水素を拡散させ、水素起因による内部欠陥のない鋼板の製造を目的として、主に低合金鋼や極厚鋼板を対象とする徐冷設備が設置されている。徐冷設備の型式には、徐冷ピットと徐冷カバ（ボックス）の2つがあり、その構造を図1-4に示す。

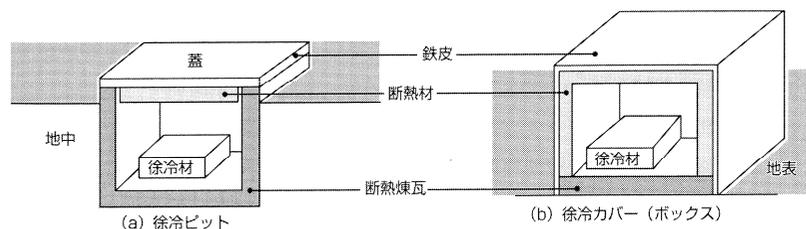


図1-4 徐冷設備

### ア. 徐冷ピット

徐冷ピットは、地中に断熱煉瓦を内張りしたボックスを埋め、断熱材を張った蓋をつけたものである。この保温状態の良好なピットに徐冷材を入れ徐冷する。徐冷材の徐冷状態を監視するために、温度検出装置が設置され、さらに、冷却速度のコントロールを自由にするためにバーナなどの昇熱装置を持つ徐冷ピットもある。

### イ. 徐冷カバ（ボックス）

徐冷カバ（ボックス）は、ピットを簡易化したものであり、鋼板を箱状にし、内側に断熱材が張られている。そして、断熱煉瓦による床面の上におかれた徐冷材をこのボックスで覆うことにより、保温状態を良好にし、徐冷する。建設費は、徐冷ピットより安価であるが、徐冷性はピットに比べ劣る。

また、徐冷カバとして特に設備を作らず、その都度断熱カバで徐冷材を直接覆い簡易に徐冷する場合もある。この場合、保温性は落ちるが、比較的短時間の徐冷対象材には有効である。

## 2. 冷 却 作 業

### (1) オンライン冷却作業

冷却床は一種の搬送設備である。したがって、オンラインでの冷却作業は、搬送について十分考慮する必要がある。

#### ア. 冷却床の使い分け

鋼板の必要冷却時間は板厚によって異なるため、厚物と薄物を同じ冷却床に入れた場合、薄物に合わすと厚物の冷却時間が不足し、厚物に合わすと薄物が無駄に長い時間滞留し、余分な面積が必要になる。また、歪の発生原因にもなる。このため、複数面の冷却床を厚物・薄物で有機的に使い分けなければならない。

一般に剪断・精整ラインが複数本ある場合には、その能力が異なることが多い。例えば、剪断可能板厚が異なったり、スリッターシャ（幅方向分割剪断機）が一方のラインにしかない場合である。したがって、冷却床装入に際しては、その鋼板がどの剪断・精整ラインへ行くかも考慮する必要がある。

冷却床の使用効率（カバーレシオ<sup>\*1-1</sup>）を上げるためには、冷却床装入時点で、あるいは冷却床内で幅方向詰合せをすることが有効な方法である。また、短

い鋼板は、長さ方向に2～3枚並べて装入することがある。

さらに、冷却床の作業にあたっては、バッファ機能を果たすように管理しなければならない。冷却床を常に満杯にしておく、バッファ機能をなくすことになるので、圧延生産ピッチと剪断・精整ラインでの処理能力を考慮する必要がある。

#### イ. 品質面の管理

冷却床で発生する品質上の注意点は、鋼板裏面のすり疵と歪である。すり疵については、鋼板を幅方向に移送するため非常に目立つので、発生防止のため、設備の保守がポイントとなる。作業面では、テーブルとの受渡しの際に、必要以上に鋼板を引っ張らないことが大切である。

歪については、冷却の不均一によって生じるものが多い。作業面では、鋼板の間隔に気をつけ、特に板厚や長さの差が大きい鋼板が隣り合わないよう気をつけなければならない。設備面では、グリッドの平坦度を保つことが大切である。

#### ウ. 情報の伝達

前述したように、冷却床は非常に複雑な鋼板の装入・払出しの形態をとりながら使用されるので、情報の伝達は、コンピュータによるトラッキングが用いられている。補助的な確認用として、鋼板へ番号記入を併用し、この表示を機械化し、自動化している例もある。

### (2) オフライン冷却作業

この場合は搬送設備ではないので、時間的には十分冷却できる。オンライン冷却床のように精整ラインとのバランスも余り考える必要はない。一般には、コンピュータによるトラッキングは行われず、鋼板への表示が配置の記録図などにより情報の管理を行う。

オンライン冷却床と同じく、放置面の水平度が十分確保されていないと形状不良が生じるので注意が必要である。

ハンドリングは、クローカーンまたは吊りトングで行うことが多い。

#### ア. 極厚鋼板冷却作業

極厚鋼板の冷却で注意しなければならないのは、冷却中の鋼板の反りである。その模様を図1-5で説明する。

(a)図のように平坦な板を上面から冷却する場合を考える。冷却開始の段階

では、上面が冷却され収縮するので、(b)図のように一時、上反りとなる。この際、下面は温度が高いので、上面に引張られて塑性変形を起こし、長さが短くなっている。

その後、下面の温度も下り、収縮するが、下面は塑性変形した分だけ短くなっており、冷却終了時には、下反りとなる。(下面が温度低下で収縮する際は、上面は既に低温になっており、塑性変形しない)

一般に極厚冷却床では、上下面の温度差が小さくなるスキッドの採用、および上面にカバをするなどの配慮がなされている。

#### イ. 徐冷作業

徐冷作業は、鋼板材質によって違うが、徐冷時間と徐冷温度域を確保することが大切である。徐冷時間は、一般に10～72 Hr (100mm厚) と長時間になる。このため、設備能力に見合った生産量、納期など、生産計画に十分注意を要する。また、徐冷温度域は一般に高温の方が、水素拡散の効率がよい。ため、圧延された鋼板を冷えないよう、できるだけ早く徐冷設備に装入することが望ましい。このため、徐冷設備の断熱性能、設備場所、搬送用の吊り具に十分な配慮がなされている。

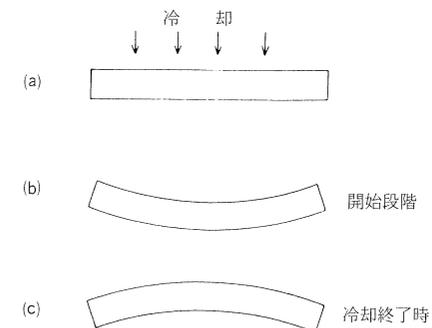


図1-5 表裏面の不均一冷却による鋼板の反り