

伸銅品を学ぶ（上）

銅から伸銅製品ができるまで

一般社団法人 日本伸銅協会
一般社団法人 日本銅センター

伸銅品とは、銅や銅合金を板、条、管、棒、線などに加工した製品の総称で、鉄、アルミニウムなどとともに広い分野で活躍しています。特に最近では情報通信、精密機器などの先端産業分野での活躍が目立ち、伸銅製品のすぐれた特性が力を発揮しています。

求められる特性をバランス良くもち、幅広く活躍する伸銅について、2回にわけて紹介します。

銅の特長

●電気をよく通す

銅は銀に次いで導電率が高く、金属材料の導電率の基準になっています。この非常に高い導電率から、伸銅品は発電機や電動機、配電盤、IC リードフレーム、配線などの電気機器部品として広範囲で使用されています。

●熱をよく伝える

銅は、導電性と同様に銀に次いで熱伝導性にすぐれています。C2600（70/30）黄銅の熱伝導率は純銅の1/3程度ですが、それでも普通鋼の約2倍の熱伝導率を持ちます。熱交換器、蒸留釜、エアコンディショナーや銅鍋、瞬間ガス湯沸器等の調理器具などにこの特性が生かされています。

●展延性に富んでいる

ひっぱられてもたたいても、伸ばされても伸銅品は脆さがありません。そのため圧延や伸線がしやすく、絞り加工・曲げ加工が容易にできます。電球の口金や化粧品類のケー

図1 導電率



図2 熱伝導率



ス、ライター、ホックなどの日用品に使用され、その特性を発揮しています。

●加工性が良い

伸銅品は被削性*が良く、切削仕上面や打ち抜きがきれいにできます。しかも他の金属に比べて工具寿命が長く、精密計器や時計などの部品、歯車、ネジなど切削加工によって製作するものに数多く使われています。

*被削性:金属の切削加工の容易さを示すもので、切削可能な最高速度、工具の寿命、切削抵抗、仕上面のあらさ、切削の適否などを総合的にみて判断される。

●熱間鍛造性が良い

特に銅や黄銅系の伸銅品は熱間鍛造性にすぐれていて、600～800℃の加熱により、複雑な形状のものも容易に鍛造することができます。しかも組織が緻密になるため、高圧バルブ、機械部品などに使われています。

●ばね性にすぐれている

なかでもりん青銅・洋白・ベリリウム銅などは、ばね性が良く、耐疲労性にすぐれています。この特性は、電気通信機器、精密計器などのスイッチ、リレー、コネクタ、リードフレームなどに生かされています。

●殺菌作用がある

銅には、細菌類を死滅させる性質があることがわかっています。これは水中に溶け出た銅イオンが微生物を殺菌する微量金属作用があるからです。5円玉や10円玉などの銅貨が、いろいろな人の手にわたっても常に無菌であったり、銅製の給水管を使うことで水中の一般細菌が減ったり、銅の殺菌作用は私たちのくらしのなかでたくさん役立っています。最近では、集団食中毒をひきおこした病原性大腸菌O-157に対してきわめて高い銅の殺菌効果が実証され、このすぐれた殺菌特性を利用したさまざまな製品が開発されています。



建築内装

●耐食性が良い

銅は環境によく耐える金属として知られています。このことは数千年前の貨幣や銅器が腐らずにそのまま残っているのをみてもわかります。これは大気中で表面にできる化合物が保護被膜となって金属に密着し、腐食の進行を防ぐからです。この特性を生かして、建築材料の屋根や雨どいに使用されたり、工業用として、銅に他の金属元素を添加してさらに耐食性を向上させた合金が、船舶や火力発電所造水プラントの復水器などに広く使用されています。

●光沢がある

銅は美しい淡赤桃色で、黄銅は黄金色、洋白は銀色の輝きをもっています。古くからこれらの美しい色調は好まれ、寺社仏閣の屋根や器物などに生かされてきました。近代の建築物においても銅の色彩や光沢が巧みに取り入れられ、高級感あふれる雰囲気がつくりだされています。

●めっきやはんだ付が容易

伸銅品はバフ磨きにより容易に光沢のある美しい表面に仕上げることができます。しかも金、銀、ニッケル、クロムなどのめっきが簡単にできるので、さまざまな日用品に使用されています。

伸銅工業の歴史

●人類最初の金属

古代文明は、石器時代を経て、銅・青銅器時代、鉄器時代の順で発達したといわれており、銅は人間が初めて使った金属という歴史があります。

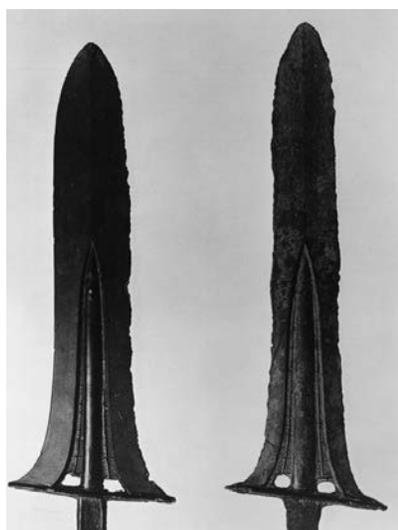
銅が初めて使われたのは、紀元前 7,000 年～ 8,000 年頃ではないかといわれています。古代エジプトでは紀元前 5,000 年頃銅を日常生活の器具や装飾品、武器などに使用していたことが知られています。それから紀元前 4,300 年には銅の製錬が行われ、紀元前 3,700 年には 10～14% の錫を含んだ青銅の棒がつくられています。黄銅はキリスト誕生の直前に古代ローマ人によって亜鉛を 17.3% 含んだものが初めてつくられ、貨幣として使われました。銅の元素記号 Cu は、紀元前 3,000 年頃、キプロス島が銅生産の中心で、そのためキプロスから転化したラテン語の頭文

字に由来するといわれています。

●日本では

弥生時代の古墳から発掘された銅銚・銅鏡・銅鐸などから推定して、日本で青銅器時代がはじまったのは今から約 2,000 年前頃ではないかといわれています。その頃、銅は日常生活の用具や武器として使われていました。古くから銅が使われたのは、自然銅がみつけれ、溶解や鑄造が容易にできたからと考えられます。

銅鉱石を初めて産出したのは、698 年（文武 2 年）で、周防の国と因幡の国から銅鉱を朝廷に献じたことが伝えられています。また 708 年（慶雲 5 年）に武蔵の国秩父から献上された銅を用いて貨幣（和同開珎）がつくられ、年号も和銅と改められました。最近飛鳥池遺跡から出土した「富本銭」は、その鑄造が和同開珎よりも前であることが確認され、7 世紀後半には産銅量がすでに一定の水準に達していたことがわかります。



やり先



銅鏡



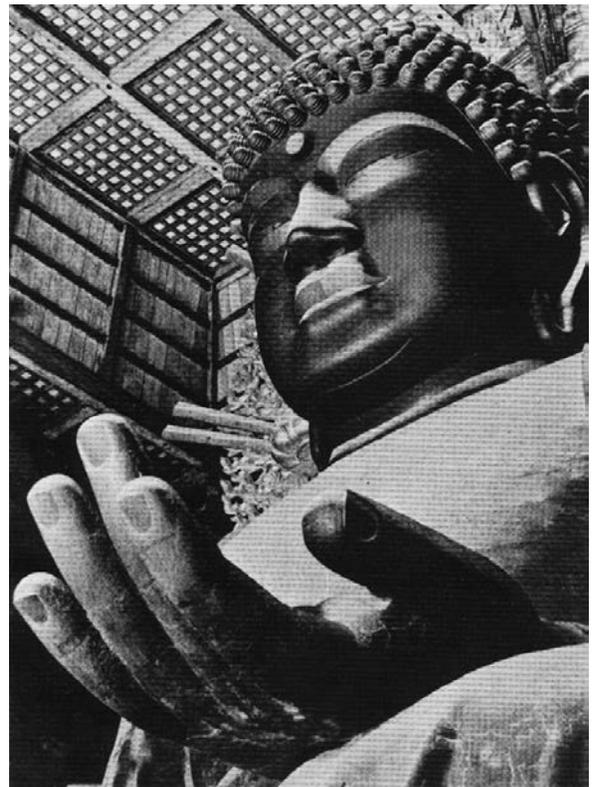
銅鐸

● 奈良朝時代から明治まで

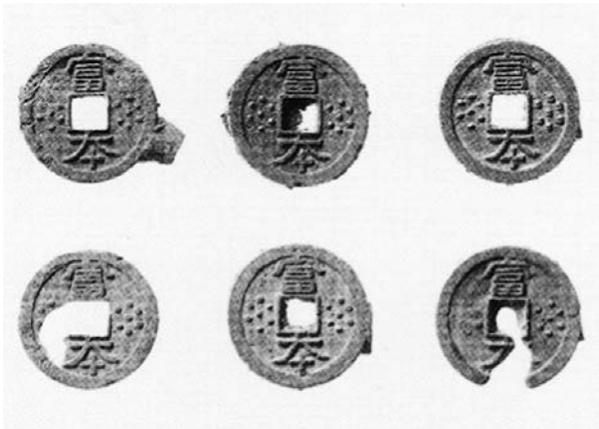
奈良朝や平安時代には、青銅の仏像や工芸品などがさかんにつくられました。特に749年(天平21年)には東大寺大仏が建立され、銅の製錬・鑄造加工技術は著しい進歩をとげました。

室町時代に入ると中国、スペイン、ポルトガル、オランダなどと貿易が開かれ、鉄砲や貨幣、日常生活の器具などへの銅の需要が増え、江戸時代の寛文、元禄の頃になると、銅は金銀にかわって長崎貿易の主力となりました。この頃の加工法は水車を動力としたり、手でたたいて伸ばす手打ち伸銅と呼ばれる方法が用いられていました。

明治になると、近代設備による機械化された伸銅工業が始まります。明治3年に大阪造幣局で蒸気機関を用いてロール圧延を行ったのが最初で、その後、日清・日露戦争を契機として近代工業がおこり、この頃から管の製造も行われるようになりました。その後第一次世界大戦の軍需増大による産業発展とともに、伸銅工業は目覚ましい躍進をつ



奈良の大仏

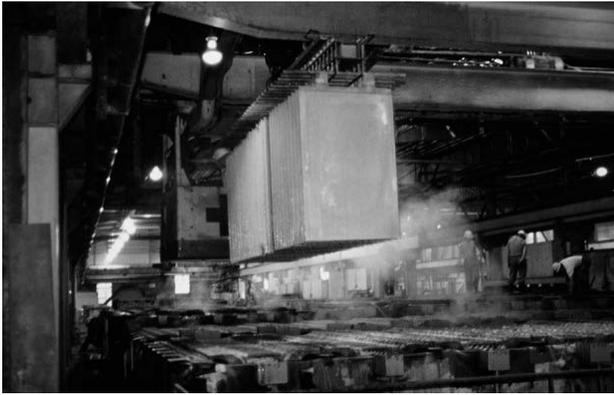


富本銭

げました。また、電気の普及により、電気的特性のすぐれた伸銅品の用途が拡大し、伸銅品の需要は増加をみせました。

● 伸銅工業の現在

昭和に入って第二次世界大戦が終結するまでは軍需品が需要の大きな割合をしめていました。しかし終戦による軍需工業の解体とともに伸銅工業の役割は一変し、民需復興



電気銅

のための重要な基礎資材として、電源開発、造船、車両、建築、電気機器、通信機器をはじめとして生活用品などに使用されるようになりました。需要の増大は昭和31年に戦時中の最高生産を抜き、その後ますます躍進をつづけています。

現在、日本は量、品質ともに世界でも有数の伸銅品の生産国となっています。主な用途は、電気、電子部品として使用されることが多く、特に最近のIT分野には欠かせない材料として活躍しています。

伸銅品ができるまで

製錬

銅は主に採掘→製錬→精製という工程を経て、電気銅（銅地金）に生まれかわります。

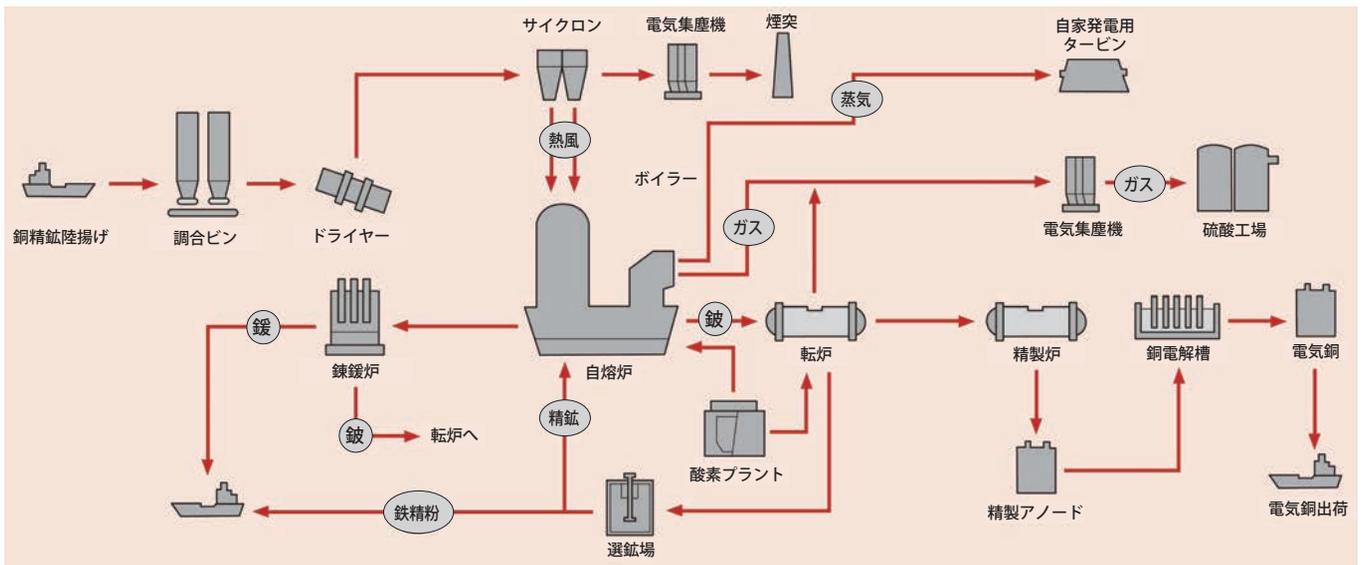
【採掘／選鉱】

銅鉱山では、坑内あるいは露天の切羽で発破により銅鉱石を粗く砕きます。この時点での銅含有率は0.5～数%程度です。この鉱石を細かく砕き、浮遊選鉱法で銅鉱物を濃縮し銅精鉱をつくります。浮遊選鉱法とは、薬剤を入れた水を攪拌してできた泡に銅鉱物を付着させ、不用鉱物と分離する方法です。できた銅精鉱は20～40%の銅含有率となります。

【溶錬】

従来の溶錬法は溶鉱炉、反射炉、電気炉などが主に使われてきましたが、1960年代頃からは、熱効率、反応性、公害対策などの問題から「自熔炉」や「連続製銅炉」が採用され、今では世界の主流となっています。自熔炉法の工程は種類別に貯蔵された銅精鉱を、フラックスとともにキルン、気流乾燥により乾燥させます。次にサイクロンで精鉱と空気を分離します。ここまでの過程で水分は0.3%程度にまで乾燥されています。乾燥された精鉱は、リアクションシャフト頂上部から高温の熱風と酸素とともに約1300℃の炉内に吹き込まれていきます。ここで、分解、酸化が行われ銅精鉱は鈹（かわ）と鍍（からみ）に分けられます。鈹はレードルで転炉に入れられます。転炉に入れられた鈹は、炉内で鉄、イオウを分離し粗銅となります。粗銅には次の電解精製では不都合な酸素が含まれているため、精製炉で酸素を除去します。このとき銅品位は99%にまで達します。また、はさらに鍊鍍炉を通じて銅が回収された後、セメントの原料などとして利用されます。

銅製錬フローシート (自熔炉法)



自熔炉



転炉



アノード精製



電解



電気銅

【精製】

精製炉から出た粗銅は、鑄造後アノードとして精製工場へ送られます。精製アノードは電解され、99.99%の純度にまで精製されます。この高純度のカソードは洗浄され、電気銅（銅地金）が誕生します。

最近資源の有効利用が叫ばれていますが、リサイクル原料も積極的に回収されて、電気銅としてよみがえる銅も年々増えています。

地金の種類

● 銅地金

銅地金としては一般的に電気銅が使われています。電気銅は銅含有率が99.99%以上で不純物のきわめて少ないものです。

●亜鉛地金

亜鉛地金には電気亜鉛、蒸留亜鉛(精留亜鉛)があります。電気亜鉛は鉱石(硫化亜鉛鉱)を焙焼し、硫酸(電解溶液)で浸出、浸液後電解し、陰極に析出した亜鉛を炉で熔解して型に鑄込んだものです。その亜鉛含有率は99.99%以上で非常に純度の高いものです。

蒸留亜鉛は鉱石を焼結し還元剤(コークス)を加えて、高温の炉で還元蒸留により製造したもので、その方式には、竪型蒸留、ISP等があり、一般に鉛0.2~1.2%、カドミウム0.1%以下程度を含有しています。この蒸留亜鉛の純度を上げるために各元素の沸点の差を利用して精製する精留が広く行われており、これにより得られた精留亜鉛は電気亜鉛と同等あるいはそれ以上の純度をもちます。

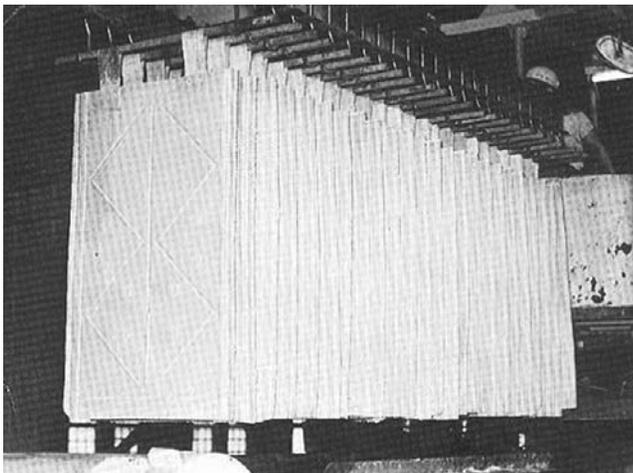


亜鉛地金

●その他の地金

特殊黄銅・りん青銅・洋白、その他の特殊な合金の原料としては銅・亜鉛のほかに錫・鉛・アルミニウム・ニッケル・マンガン・りん等が使用されます。

このうちマンガン・クロムのように銅に比べて溶融点が



カソード

非常に高く合金にしにくいものや、りんのように非常に燃えやすいものは添加量を正確にするため、あらかじめ銅との中間合金の形にして使用します。

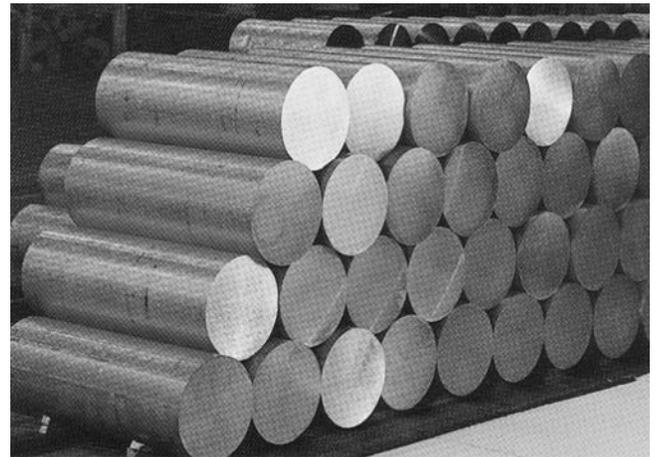
●リサイクル原料

リサイクル原料には伸銅工場で製造中に発生した板、棒などの切れはしや、加工工場できた打抜き残材、削り粉や銅線残材等の新原料、また一度製品となって使用された後、棄てられ回収された古原料があります。

いずれもそれぞれの成分を確かめたうえで、製品で許される不純物の量に応じて使用されます。

【鑄造】

銅地金は、溶解炉に装入され溶解されます。溶けた溶湯は保持炉を経由して鑄型に流し込まれ鑄塊ができあがります。板・条用の鑄塊(スラブまたはケーキ)は厚い板状で、棒・管・線用の鑄塊(ビレット)は円柱形をしています。

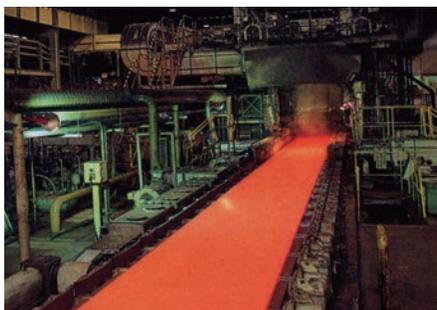
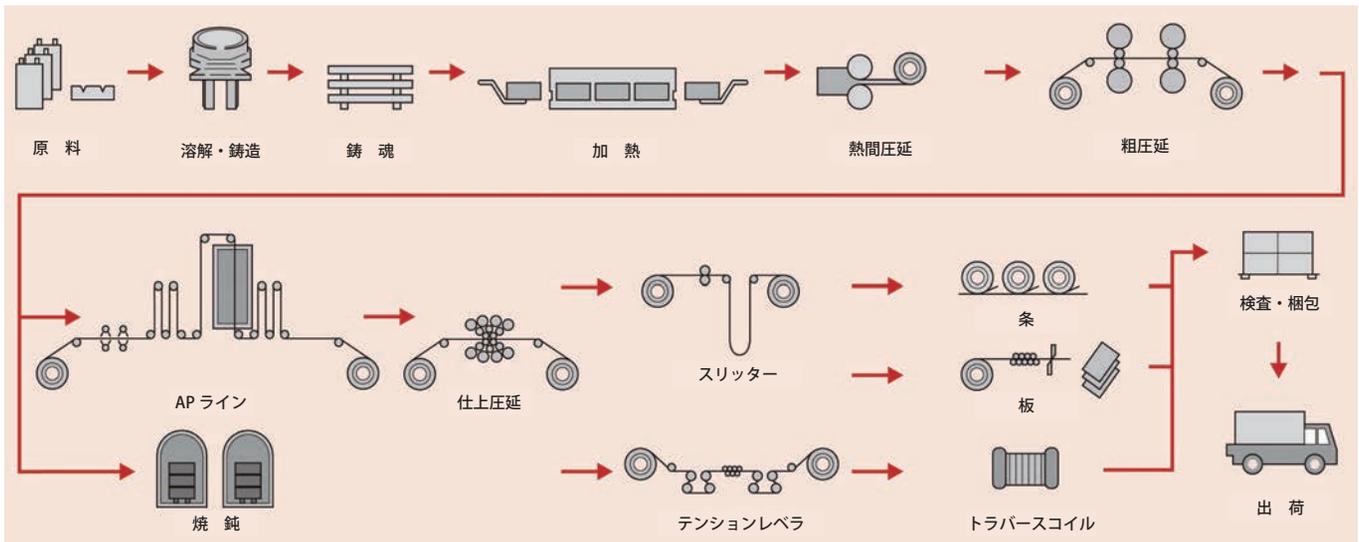


ビレット



ケーキ

板・条の製造工程



熱間圧延機



溶解炉



冷間圧延機

良質な鑄塊をつくるには鑄込の温度、速度、鑄型の冷却速度などさまざま条件が適正でなければなりません。

伸銅工場では、これらの条件と製造の規模に応じて、いろいろな方法の鑄造が行われています。

板・条

板・条は鑄塊を赤熱状態で圧延*（熱間圧延）し、つぎにこれを常温での圧延（冷間圧延）と焼なまし*を繰り返して所定の厚さに仕上げるのが一般的です。

*圧延：回転する一対のロールの間に鑄塊を通し、連続的に力を加えて、薄く長くしていく方法。圧延機はロールの配置により2段、4段または多段式とよばれる12段、20段圧延機などの種類がある。

*焼なまし：金属に冷間圧延などの加工を行うと硬くなり、ある限度以上は加工できなくなる。これを軟化したり、結晶組織の調整を行うために適当な温度で加熱した後、ゆっくり冷却する操作を焼なましという。焼なましの温度は銅の場合400～500℃、黄銅の場合は450～600℃程度。

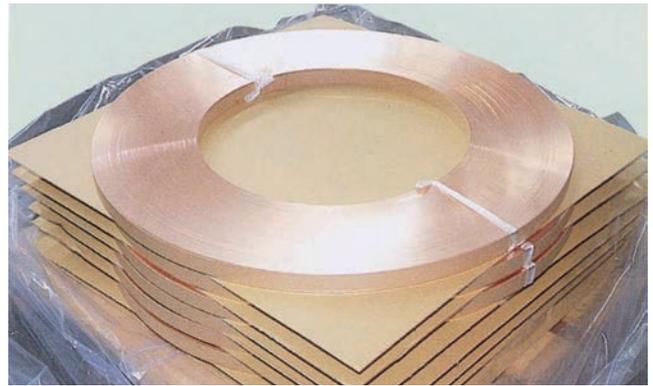
【圧延】

鑄塊を加熱炉で700～900℃に加熱処理し、熱間圧延機により第1回目の圧延が行われます。回転する一対のロール間に鑄塊が通され、薄く、長い板へと圧延されていきます。圧延中はロールを潤滑油で冷却してロールの加熱を防ぎます。

板はこのあと指定された厚みになるまで、圧延が繰り返して行われ、より薄く、高精度な板になっていきます。



スリッター



コイル

[表面処理]

熱間圧延が終わると、面削機で板の両面を削り、鑄造や熱間圧延のときに発生した表面欠陥を取り除きます。面削後、板は冷間圧延機にかけられ、コイルに巻き取られます。冷間圧延の後、コイルは連続焼鈍酸洗ライン（通称APライン）へ送られます。ここでは冷間圧延で硬くなったコイルを再び加工できるような適度な温度で加熱し、その後ゆっくりと冷却し調質する焼鈍が行われます。これに続いてコイルを酸で洗い、表面の酸化物を取り除く酸洗が行われます。

[仕上げ]

圧延、焼鈍、酸洗を繰り返した製品は最後の圧延機、精密多段圧延機にかかります。ここでコイルは製品の厚みに調整され、精度の高いフラットな状態に仕上げられます。

- 板の場合 圧延後のコイルをさらに巻き戻しながら、トリマーで両縁をカットし、テンションレベラーで平らに、フライングシャーで一定の長さに切断し、幅約400～500mm、厚さ0.1mm前後の板ができあがります。
- 条の場合 スリッターで幅を約10～100mmに切断し、そのまま巻き取ったものが条となります。

日本の主な銅・亜鉛製錬所

黄銅に使用される亜鉛は、硫黄との化合物である閃亜鉛鉱として産出します。

亜鉛は、同じように硫黄との化合物として産出する鉛とともに産出することが多く、わが国では飯島や八戸が代表的な亜鉛製錬所です。

青銅に使用される錫の鉱石は錫石がもっとも重要な資源ですが、銅や鉛、亜鉛と違って酸素と化合した酸化鉱物です。



採掘



銅鉱石

