

線材の連続式圧延法に関する 2, 3 の研究*

太 宰 三 郎**

A Study on a Continuous Wire Rod Rolling.

Saburo DAZAI

Synopsis:

The continuous wire rod mill is the most progressive apparatus for high quality wire rod production considering the productivity, close tolerance of products and so forth. In this paper, some fundamental studies, which have been carried out in a mill plant, are treated on the conditions of continuous wire rod rolling.

In continuous wire rod rolling, any tension must be avoided between the adjacent stands as far as possible. When a tension exerts in rolling, the wear of a roll pass decreases proportionally with the tension at the stand subjected to the forward pull, but it is not affected by it at the stand subjected to the backward pull. For a certain degree of tension the rolling torque and power consumption decrease at the stand subjected to the forward pull and increase at the stand subjected to the backward pull, but the sum of power consumptions of both stands is constant.

The deformation of materials in the roll pass is affected by many factors, particularly by the resistance to deformation of materials due to the temperature. For the oval pass the radius of curvature of the pass must be determined in the optimum range.

It is necessary to be careful about the rapid fall of the rolling temperature at a slow rolling speed. After rolling, the quality of materials is improved with selection of the adequate reeling temperature. To control this reeling temperature, the cooling guide tubes, which serve as the heat treating facilities, are satisfactorily installed. (Received 26 Apr. 1963)

I. 緒 言

線材の製造は古くから行なわれてきているが、旧式の線材工場における圧延作業は、高熱重筋労働であり、高度の熟練を必要としていた。また成品の面から考えても線材そのものはすべて事後の冷間加工を必要とし、線束単重の増大を要求し、真円度など寸法精度の要求もきわめて厳格なものとなり、また生産性の点からみても、現在は連続式圧延法でなければ良好な線材は製造されないような情勢にある。一般に連続式綿材圧延法における基本的圧延条件は、圧延材の各部が同一の時間的経過のもとに同一の状態で圧延されるということである。このことは、圧延材が全長にわたって同一の寸法で1つのロールを出てゆかなければならず、またスタンド間で、ループが成長してはならないことになる。

これらの条件については、つぎのような因子を考慮しなければならない。

すなわち、圧延材の温度、材質、圧延速度、ロール径、ロールの表面状態、ロールと圧延材の接触面の形状、圧延材にかかる前方張力および後方張力などである。

以下つぎにこれら要因について述べる。

II. ロール機間における引張り圧延について

線材の連続圧延の際には、ロール機間にて圧延材に引張りがないことが望ましいが、時に引張り圧延を行なうことがある。

仕上げ圧延機群の垂直ロール機と水平ロール機の一群の関係を求めるために、孔型摩耗量、圧延トルク、消費動力、断面形状の変化その他を測定した。

測定に用いた各ロール機の諸元は Table 1 に示す。

垂直ロール機では、ワークサイド・ロール、水平ロール機では上ロールを従動ロールとして用い、これら従動ロールは空転中には、主ロールと同じ回転数で回転するよう 7P の直流電動機で駆動されている。

引張りの度合とロール孔型摩耗量との関係、圧延トルクならびに消費動力、水平ロール周速度 V_H と圧延材の線速度 V'_H との関係を求めた。

圧延温度は 950°C 、圧延材は $7.2\text{mm } \phi$ の $0.20\% \text{C}$ の普通鋼を用い、垂直ロール機のロール回転数を一定と

* 昭和37年10月本会講演大会にて発表

昭和38年4月26日受付

** 八幡製鉄株式会社光製鉄所、工博

Table 1. Details of experimental rolling stands in finishing train.

	Roll			Motor	Remarks
	Size mm	Material	Roll pass		
Vertical stand (V)	264 φ × 400	Alloy iron chilled	Round → Oval	Main motor: 120HP Drag motor: 7HP 400/1,000 rpm	Exerted by forward tension
Horizontal stand (H)	268 φ × 400	Alloy iron chilled	Oval → Round = (φ) =		

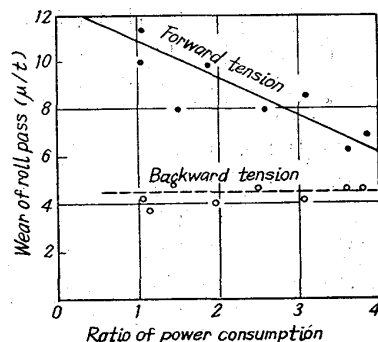


Fig. 1. Effect of tension on wear of roll pass.

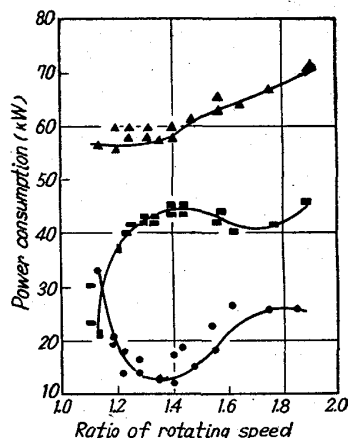


Fig. 2. Effect of tension on power consumption

し、水平ロール機のロール回転数を種々かえて圧延を行い測定した。

1) 引張りの度合とロール孔型摩耗量

Fig. 1 に示す如く、前方張力を受ける側のロール孔型摩耗量は、引張りに比例して減少しているが、後方張力を受ける側はむしろほとんどいつていいほど影響がないようである。

2) 引張りと圧延トルク消費動力、圧延材断面形状その他

圧延トルクならびに消費動力については、Fig. 2 に示すごとく、引張りの度合に比例してある点までは、前方張力を受ける側の消費動力は減少し、後方張力を受ける側は増大しその点を過ぎるとこれ

らの関係は逆になる。そしてある範囲を過ぎると、さらに複雑な変化をし、比例関係を示さない。消費動力の和についてみると、前方張力を受ける側の消費動力の減少している範囲にてはほぼ一定であり、その点を過ぎると増大し始める。

圧延材の断面形状についてみると Fig. 3 に示す如く前記消費動力の関係と同様の傾向を示している。すなわちこれらの関係から引張り率のある範囲までは、有効に

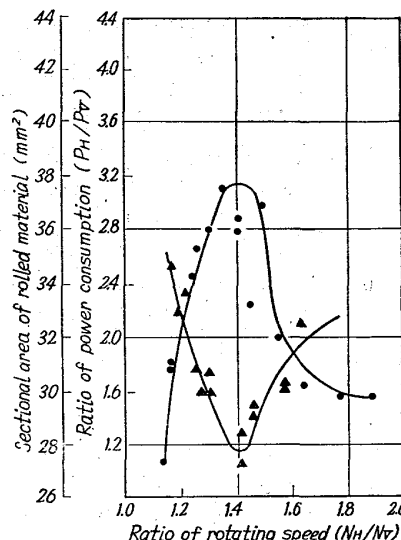


Fig. 3. Effect of tension on sectional area of rolled material and ratio of power consumption.

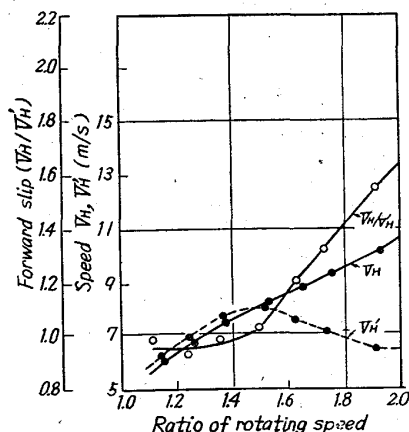


Fig. 4. Effect of tension on forward slip.

利用できるといえよう。

先進量すなわち、ロール周速度と圧延材の線速度との関係であるが、Fig. 4 に示すごとく前記消費動力と同様の傾向を示し、引張り率のある点にては先進量は零になる。

III. 孔型変形成能について

線材の圧延には種々の孔型が用いられるが、連続式圧延の場合、圧縮率は比較的軽く平均 20% 前後にとられている。各型式の孔型列について各々得失があるが、各孔型における過度の圧縮により表面疵が発生することを避けるためパス回数を増やし、圧縮率を比較的軽くし、鋼材の温度を適度に保つために、圧延速度は急速にされている。

実際の圧延作業では、相圧機群より、箱形系またはダイヤモンド—スクエアー系列 スクエアー—オーバル系列 オーバル—ラウンド系列の孔型がよく使用される。ダイヤモンド—スクエアー系列は圧延疵の発生防止に有効とされているが圧縮率が小さいため、この系列をあまり続けると圧延機の台数を増加しなければならず、また、次章で述べるごとく、圧延材の温度降下を招き変形抵抗が大となり不利となるので、ある段階では急速延伸孔型のスクエアー—オーバル系列をとらざるを得なくなる。そして最後にはオーバル—ラウンド系列とする。そのため、スクエアー—オーバル孔型について、種々の実験を行なった。

圧延材の変形状態に影響をおよぼす因子としては、圧延材の材質、圧延材の温度、ロールの直径、ロールの表面状態、圧延材の表面状態、圧延速度、カリバーの形状、圧延前の圧延材の寸法、ロールの材質などであるが、実験のため種々の C% の炭素鋼を選び、圧延温度を 850, 950, 1050, 1150°C とし、鑄鉄ロールの 305mm φ を用い、ロール表面状態としては、旋削後の新しい状態とし、圧延材はスケールの付着がない状態とし、カリバー形状は Fig. 5 に示すものを取り、圧延速度を種々かえ、圧延前の圧延材は 34mm φ とした。長さ 300mm の試片を圧延し、圧延後中央部より長さ 10mm の試片を採取し、化学天秤により重量を測定し、比重と長さより断面

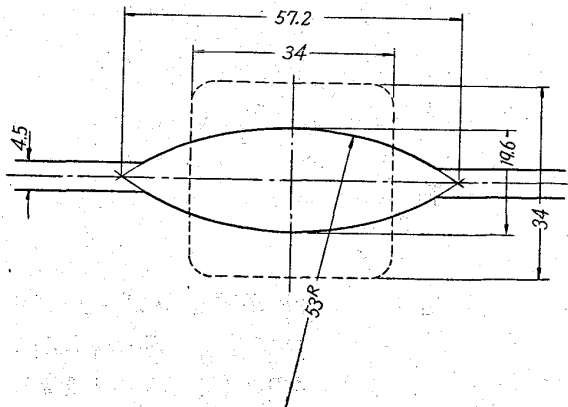
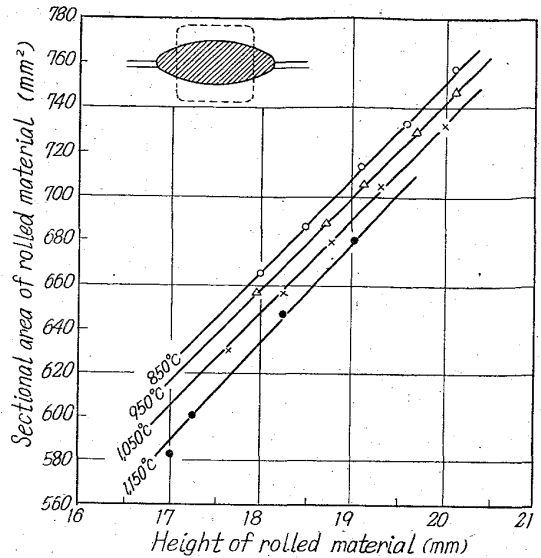
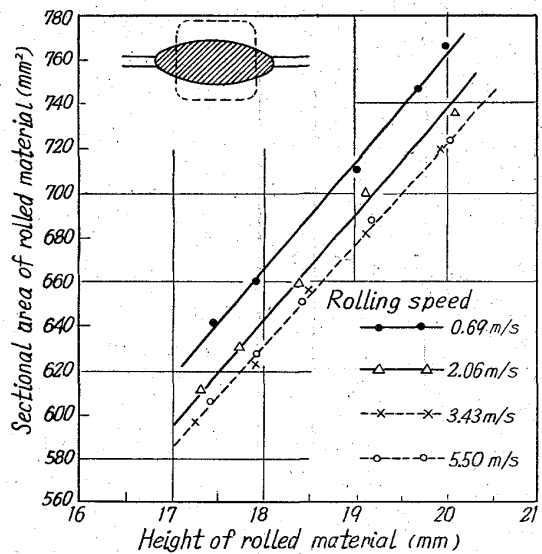


Fig. 5. Shape of roll pass.



Rolling material.....C Si Mn P S
 0.07 0.01 0.45 0.011 0.015
 Rolling speed2.06 m/s
 Roll diameter305 mm

Fig. 6. Effect of rolling temperature on spread of rolled material.



Rolling material.....C Si Mn P S
 0.29 0.01 0.73 0.016 0.015
 Rolling temperature...1,050°C
 Roll diameter305mm

Fig. 7. Effect of rolling speed on spread of rolled material.

積を求め、またマイクロメーターにより試験片の天地、左右の寸法を測定した。

日常作業では、ある形状の孔形では、ロールの調整はロール間の隙間を変化させているが、これはロール孔形の高さを変化させ孔形断面積をかえ、またロールの摩耗による補正のつもりである。このためにロールの隙間をかえ、温度、速度、材質などによる、高さ、断面積の変化を調べた。

その温度による影響の一例を Fig. 6 に示す。

これによると、温度が下がると断面積が大となり、鋼材の横広がりが出易くなる。このことは変形抵抗の温度による影響によるものと思われる、その影響は比較的大きい。

圧延速度による影響の一例を Fig. 7 に示すが、圧延速度が速くなると断面積は減少し、圧延材の横広がり小さくなることを示す。

材質による影響は、変形抵抗が材質により、温度により変化するので、変形抵抗の差が大きくなる比較的低温側では大きくあらわれるものと思われる。

つぎに実際作業として、どんな形状の孔型とすべきかがロール孔型設計上の要点となるので、オーバルの形状による影響をみると Fig. 8 のごとくなる。これによると、ある断面に対しては適当な孔型の R の範囲があることが判る。

今まで、スクエアー——オーバル孔型のときを論じてきたが、つぎの段階ではオーバル——スクエアー孔型となるが、このときのオーバルの形状による変化を求めた。その一例を Fig. 9 に示す。

このときも孔型の R により、圧延材の断面積、高さの関係すなわち横広がりとの関係は変るが、両者は直線的に変化している。

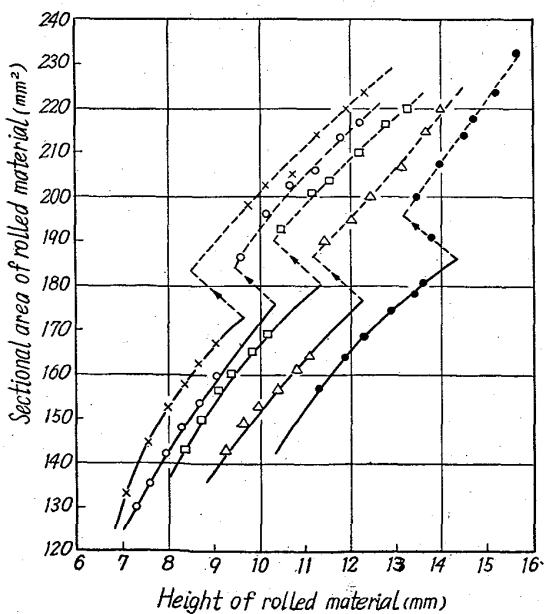
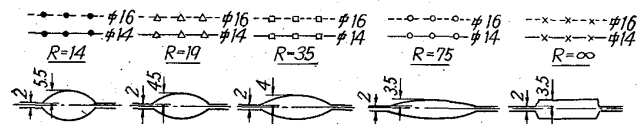


Fig. 8. Effect of size of material and radius of oval pass on spread of rolled material.

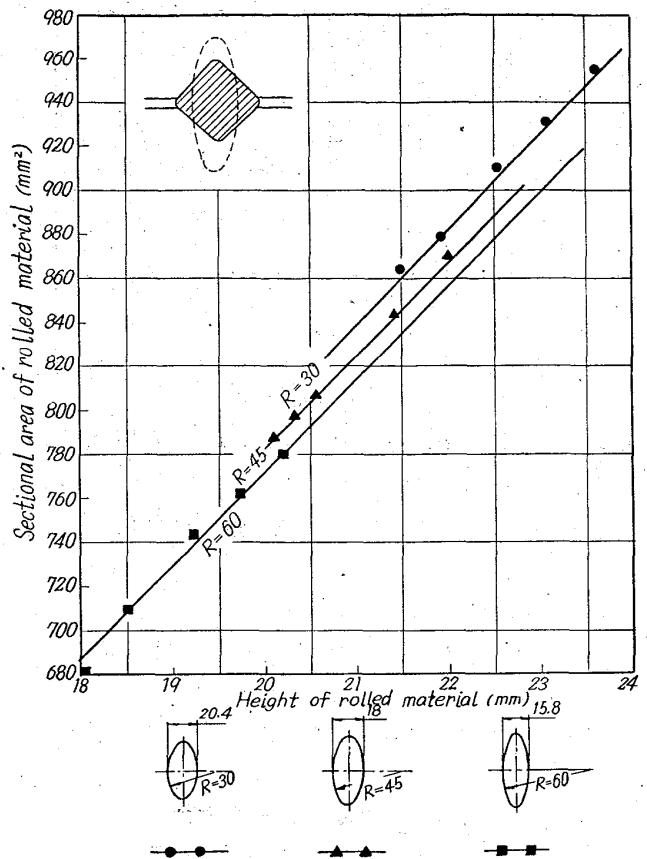


Fig. 9. Effect of radius of oval pass on spread of rolled material (oval-square system).

以上の実験から、スクエアー——オーバル系列では、圧延材の温度による変形抵抗の差が大きく影響し、鋼質により、横広がり異なりロールの孔型形状もこれに応じ、変化させねばならないことがわかる。

IV. 圧延中の鋼材の温度変化について

さきに鋼材の圧延にては、温度による影響が大きいことを論じたが、高温度における圧延の際、鋼材は輻射による放熱により次第に温度は降下するはずである。またロールとの接触、ロールの冷却水などにより鋼材の表面は温度降下をきたすはずである。一方圧延による仕事により鋼材の温度は上昇するはずである。すなわち、これら3つの条件の組み合わせにより温度は変化するのである。

圧延材の温度降下については A. GELEJI¹⁾はつぎのように計算しているが、圧延速度が遅く、ロールとの探触面積が相当大であるときにはロールとの接触により失われる熱量と変形仕事により発生する熱量は大體相殺されると考え、輻射のみによる圧延材の温度降下を考えると、あるスタンド I をでた直後の鋼材温度を T_1 とし、つぎのスタンドに入るまでの任意の時間 Z 時間後の温度

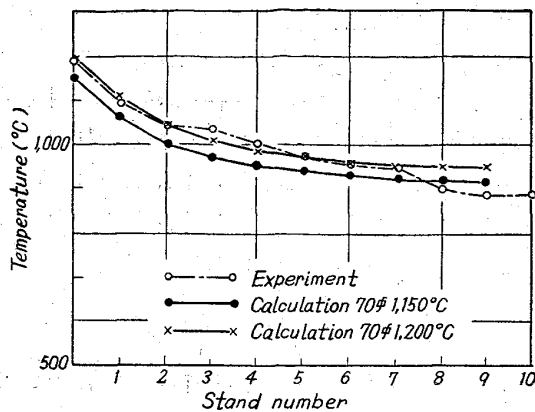


Fig. 10. Rolling temperature in roughing train.

を T とし、つぎのスタンドまでの走行時間を Z_W とすると、

$$T = T_1 e^{-dR}$$

$$R = 4/rC\sqrt{Q} \cdot (Z + 0.5\sqrt{Q_1/Q_2} - 1)Z^2/Z_W$$

$$d = 0.36 \cdot T - 800/500 + 0.02$$

c : 圧延材比熱

r : 圧延材比重

Q_1 : スタンド I に入る圧延材断面積

Q_2 : このスタンドをでた時の圧延材断面積

すなわち、時間の経過と共に温度は降る。Fig. 10 に示すように、各スタンドにおける鋼材表面温度の実測結果と、計算による値とは、大体合っている。粗圧延機群では温度は降下する一方であるが、中間圧延機群になると、スタンド間の走行時間がきわめて短いので、温度の降下はごく少なくなり停止するようなかたちとなり、輻射による熱放散は少なくなり、圧延変形仕事による熱の上昇が大きくあらわれ、鋼材の温度は上昇するであろう。

粗、中間圧延機群では、圧延中最も温度が下がるが、このとき通常 900°C 前後をこえ温度が降下すれば圧延は困難となるであろう。

これらの点をも考慮してピレットの断面は決定されねばならないものと考えられる。

V. 巻き取り温度の調節ならびに その材質におよぼす影響について

連続式圧延機により線材を圧延するときの圧延中の温度変化について先に述べたが仕上げ圧延機群には圧延線材は温度は降下せず、いちじるしく上昇し仕上り温度は約 1000°C 付近になる。

したがって、このまま巻き取ると線材結晶粒の粗大化を生じかつ付着スケールをいちじるしく増大し、品質を

はなはだ損うことになる。そこで仕上げ圧延後適当な方法で圧延線材を冷却し所要の温度で巻き取る必要が生ずる。

この際冷却法をさらに考察してみると、圧延線材の多様性から各々の鋼種に適合した冷却法あるいは巻き取り温度があることが予知される。例えば、金網用細引き鉄線には冷間伸線性、靱性に富む圧延組織のものが適し、ワイヤロープ用硬鋼線材では焼入れ性に富む圧延組織とか、あるいは圧延のまま実用に供される場合には所要の強度、靱性のものとするなどであるが、これらの問題は圧延後の冷却速度を調節し所定の所要温度で巻き取ることで達成される。

圧延線材を効果的に冷却するには、線材に高圧水を噴射し、線材表面に発生する蒸気膜を除去し、冷媒と絶えず接触させることはきわめて有効な方法である。

またできるだけ線材断面の内外均一に冷却するには急冷を一時中断し表面温度の回復を待ちつぎにふたたび冷却する方法を繰り返し、圧延線材の温度を次第に下げることが良策と思われる。線材工場では線材は通常仕上げ圧延機から $1\sim 2\text{s}$ 間で巻き取り機に達するので、このような短時間の中に水冷と中断を適切に繰り返せるように誘射冷却管は細分割しておくのも一法である。

線材の巻き取り温度の高低は、スケールの発生のみならず、線材々質を支配する一つの重要な因子である。

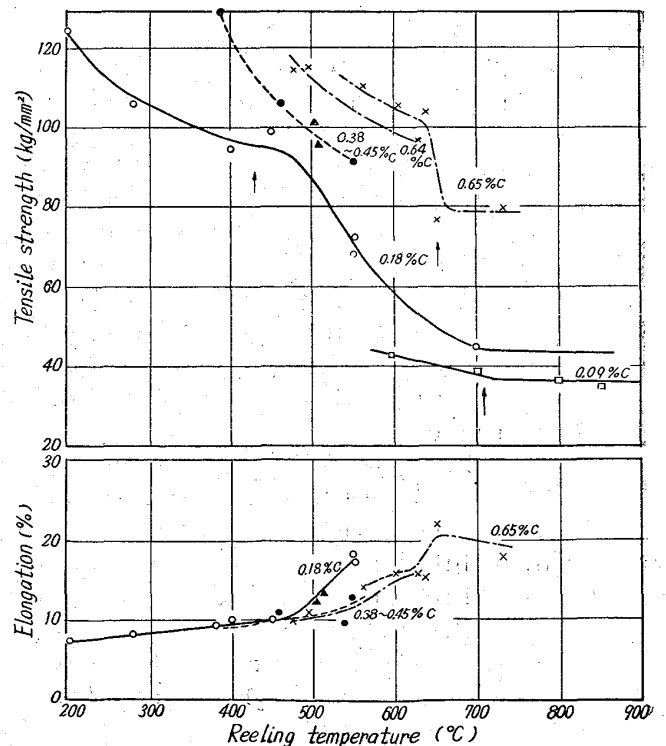


Fig. 11. Effect of reeling temperature on mechanical properties of rolled material.

圧延線材の結晶粒は、圧延過程では繰り返して塑性変形され、かつその速度が速いため粒の成長はまずないであろうが、仕上げ圧延後は再結晶、結晶粒の成長が連続的に起り、これは温度、時間に依存するであろう。ついで変態を起し、その析出温度に応じたセメンタイトの分散様式を示すであろう。

Fe_3C の分散様式が線材の伸線加工性、以後の機械的性質に影響することはしばしば論ぜられている所であり、さらにこれが再加熱時のオーステナイト化にかなりの影響を与えていることが研究されている。

これらの圧延組織の調節は圧延線材の適切な冷却法にかかかっており、これを正確に知るには鋼材の連続冷却変態曲線を求め、これに基づき冷却法、捲き取り温度を決定し処理すべきものと思われる。

2, 3 の実用鋼種につき、捲き取り温度に対する引張り強さ、伸びの変化を Fig. 11 に示す。

この結果、高炭素鋼線材では 600~550°C 捲き取り温度でソルバイト線材が得られることがわかる。すなわちこれら実用鋼種につき求めた連続冷却変態曲線を基にし冷却法と捲き取り温度を適切にする一直接熱処理をすることが可能であることがわかる。またこのように直接熱処理をすると、同程度の鉛パテニングをしたものに比し、比較的細粒の組織が得られている。

IV. 結 言

線材の連続圧延に関し、連続圧延を行うための必要条件を述べ、その 1 因子として引張り圧延の影響、および孔型変形能について各種因子の影響および捲き取り温度の調節ならびにその材質におよぼす影響について論じた。

文 献

- 1) A. GELEJI: WALZWERKS-und Schmiedemaschinen. (1954), pp. 483~489

高合金鋼の熱間加工性の改善に関する研究*

中野 平**・高田 寿**・成田貴一***・浮橋一義**

Study on Improvement in the Hot Workability of High-Alloy Steels.

Taira NAKANO, Hisashi TAKADA, Kiichi NARITA and Kazuyoshi UKIHASHI

Synopsis:

Stainless steels which acquire $\gamma+\alpha$ mixed structure at high temperature tend to crack during hot working, because the deformation by working concentrates upon the ferrite parts that have a small flow stress. To improve the hot workability of stainless steels of ($\gamma+\alpha$) structure at high temperature, we have selected typical stainless steels of the duplex structure 20Cr-12Ni-2Mo, 20Cr-9Ni-0.9Nb and 24Cr-13Ni steel, and investigated the effect of high temperature homogenizing treatment, and addition of rare earth and nitrogen upon the hot workability of the ingot of these stainless steels by means of high temperature torsion test.

The results obtained are as follows:

(1) The high temperature homogenizing treatment is effective to improve the hot workability for all these steels tested, and above all, the effect upon 20Cr-12Ni-2Mo steel is remarkable. Homogenizing treatment at 1200°C for 50 h is the best to improve the hot workability of these steels.

(2) The effect of rare earth (misch metal and lantan alloy) addition on the hot workability of these steels is recognized and an addition of 0.25% is the most effective.

The difference of hot workability among the tested steels is almost negligible, and lantan alloy addition is a little less effective than misch metal addition.

(3) The effect of nitrogen addition upon the hot workability for these steels is remarkable except 20Cr-12Ni-2Mo steel that naturally has little δ ferrite. However the weldability of the steel containing nitrogen is not good, therefore it is not advisable to make nitrogen addition to improve the hot workability of these steels, if good weldability is required.

(Received 21 Jun. 1963)

* 昭和37年10月本会講演大会にて発表 昭和38年1月21日受付

** 株式会社神戸製鋼所中央研究所 *** 株式会社神戸製鋼所中央研究所, 工博