

特 別 講 演

ローラーダイス伸線法について*

五 弓 勇 雄**

On the Roller-Dies Drawing.

Isao GOKYU

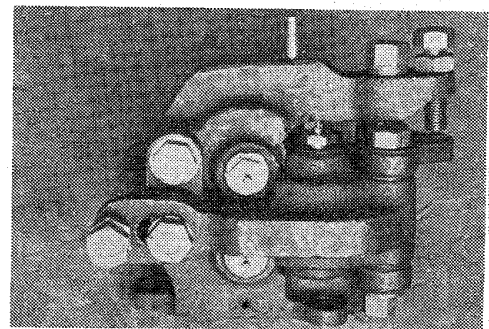
I. 結 言

従来の穴ダイスを使う伸線法は古い歴史と他の方法には見られない種々の特長を持っているが、さらに減面率を増すなどの改良を加えたり、また新しく開発された材料に適用したりしようとするときにやや行きづまった感がある。穴ダイス伸線法で改良すべき点はダイスと材料との間の面摩擦であつて、この摩擦が動力消費の増大、摩擦熱による焼付き、引抜線の性質の劣化、伸線速度および減面率の制約など多くの不利な点の原因となつている。そのため今迄にもこの摩擦を軽減する方法が考えられてきた。適正なダイスの材質、形状および研磨技術が開発され、優れた潤滑剤の探究が行われ、またダイス水冷法や逆張力伸線法が採用されるに至つた。著者達はこのように穴ダイス法を改善していくのとは全くことなる方向の試みとして、穴ダイスとはことなるダイスを使い、変形様式と摩擦様式を変えることによつて、この摩擦損失を少なくすることを考えた。すなわち、ころがり軸受で滑らかに回転できるように支持されたローラーの外周に穴型を彫りこれを組合せてダイスを形成させてこれで伸線するローラーダイス伸線法を開発した¹⁾²⁾。基礎的な研究、実験室あるいは伸線工場での伸線試験などを経て、現在では各方面で実用化されるに至つている。以下にローラーダイス伸線法の全般にわたり、その概要を述べる。詳しくは他に発表した論文を御参照いただきたい。

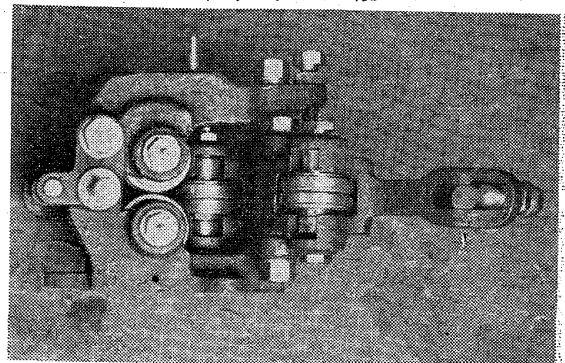
II. ローラーダイス装置

先づ最初に現在実用的に使われている装置について説明しよう。写真1 a, bはA-51型と呼んでいるローラーダイスであつて、鋼線では $5.0 \sim 2.5 \text{mm } \phi$ 、アルミニ

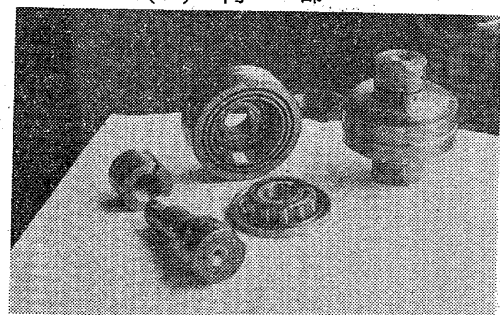
ウムでは $10 \sim 2.5 \text{mm } \phi$ の線径の範囲で使用できるものである。より太い線に対しては同じ形式ではあるがより大型のA-71型を使用する。この装置は第1図に示したように2組のローラーを持つていて、第1の組にはオーバル穴型、第2の組には丸穴型が彫つてある。素材の



(a) 外 観



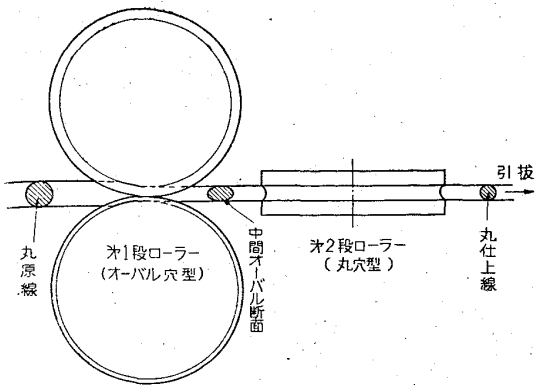
(b) 内 部



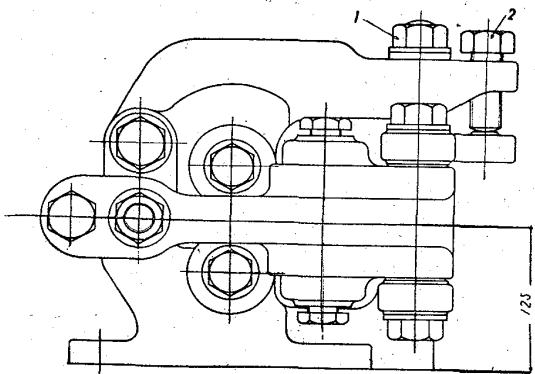
(c) ローラー・アセンブリー
写真1 A-51型ローラーダイス

* 昭和38年4月本会第48回通常総会における
香村賞受賞記念特別講演
昭和38年7月1日受付

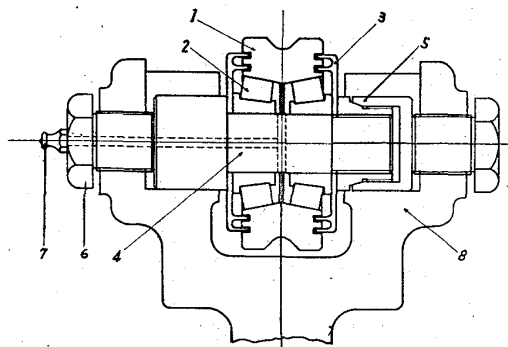
** 東京大学工学部、工博



第1図 2連式ローラーダイスの原理



1 圧下調節ねじ, 2 圧下基準ねじ
第2図 A-51型ローラーダイス側面図



- 1. ローラー
- 2. テーパー・ローラー・ベアリング
- 3. シール
- 4. 軸
- 5. 固定ねじ
- 6. 穴型合せねじ
- 7. グリース・チップ
- 8. 本体

第3図 ローラーまわり断面図

丸線は第1段のローラーでオーバル形状に加工され、次いで第2段のローラーでその長径方向から加工されて、ふたたび丸線となつて出て行く。このように1台のローラーダイスの中に2組のローラーを持ち、一回の引抜きで、丸→オーバル→丸の加工をするローラーダイスを2

連式ローラーダイスと呼んでいる。第2図にこの形式のもの外形図を、第3図にはそのローラーまわりの断面図を示した。図からわかるように各々のローラーはヒンヂに取付けられている。圧下調節ねじをまわすことによつてこのヒンヂが開閉して、ローラー間隙(すなわち、線径)が変化する。ローラー軸はヒンヂの支点と圧下ねじの位置の3/4のところにあつて、圧下ねじ一回転が約0.8mmのロール間隙の変化になる。圧下の調節を完了して正しい寸法の線が伸線できるようになつたら、圧下基準ねじをその位置に固定しておく、ヒンヂを開いてふたたび閉じたときに $\pm 0.1\text{mm}$ 以下の精度で圧下位置が再現できる。

ローラーは第3図に示したような機構でヒンヂに取付けられている。ローラーの材質は普通はJIS-SKD-1に相当する工具鋼であつて、適当な熱処理によつて、HrC ≈ 60 とする。荒切削によつて所要の形状とした後に熱処理を行い、その後にグラインダー仕上げを行う。ローラー外周には穴型をほるが、これには投影グラインダーを使用して寸法形状の精度は $\pm 0.01\text{mm}$ 以内に仕上げられる。内周は直接テーパーローラーベアリングに接触するので十分な精度に仕上げられる。ローラー内には左右からテーパーローラーベアリングが1個ずつ入つていて、ローラーが滑らかに回転できるようになつており、またこのベアリングはローラーに加わる推力にも耐える。ベアリングの外側からシールカバーをかぶせてあるが、これはその外周がローラー側面につけた溝に食い込んでいて、ベアリング部分に入れたグリースを保持すると共に、ごみや冷却水が入るのを防ぐ。ベアリングとシールカバーを通してローラー軸が入つており、軸端のローラー固定ねじで止められている。この固定ねじはダブルナットになつていて、ローラーが軽く回転するが、がたのない位置に固定される。以上のローラーアセンブリーをヒンヂの溝に入れて、両端から穴型合せねじで固定する。そのときに向い合う穴型の位置を正しく調節し、その位置に固定するのがこの穴型合せねじの役割である。伸線作業上、線径を変更したいときにはローラーを交換しなければならないが、そのときはこの穴型合せねじをゆるめてローラーアセンブリーを取出し、他に用意してあるものと入れかえる。

このローラーダイスは穴ダイスを使つている伸線機に取付けることができる。写真2に示したように、穴ダイス取付用のダイスボックスより若干広い取付面積は必要である。またローラーの潤滑と冷却のためにソリブルオイルを含む水を引抜き中の線に吹付ける必要があるから、

その液の供給および回収系統が必要となる。穴ダイスのときと同様に伸線を始めるときは線に“先付け”をするが、このための先付機は穴ダイス用でも間に合うが、先付けの長さが 30cm ほど必要なので、先付機も若干改造しておく方が便利である。また、ローラーダイスは穴ダイスとはことなつて穴型合せおよび線径調整が必要であつて伸線作業がややめんどろであるから、作業の休止時間を短くするために、ローラーダイスを伸線機に取付ける前に予備調整を十分行つておく方がよい。特に線径をしばしば変更するときは、少くとも 2 組のローラーダイスを用意し、1 組が伸線中に他の 1 組に次の線径のローラーを組込んでおいて、必要なときにはローラーダイス全体を交換するのが能率的である。伸線機に取付けたままでローラーを交換し、調整する方法は作業能率が上らない。写真 2 にストレートライン伸線機で作業中の A-51 型のローラーダイスを示した。以上述べた 2 連式のほかに 6 段式など形式のことなるローラーダイスの開発も行った。これらは目的に応じて適当なものを使いわけるのであるが、これらについては省略する。

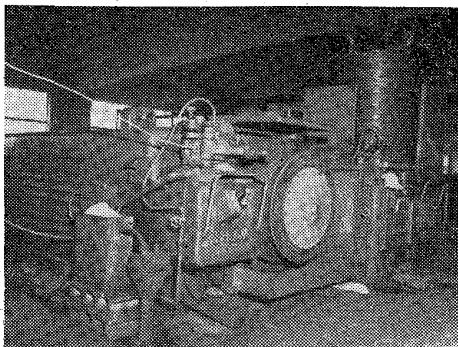
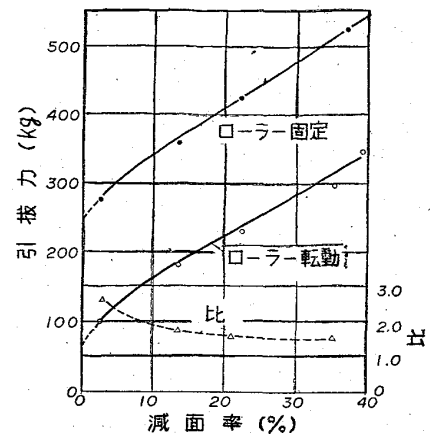


写真 2 伸線中の A-51 型ローラーダイス

以上で一通りローラーダイスの説明をしたが、ここでなぜ上で述べた形式のものを開発したかということの説明しよう。

ローラーダイスの原理は穴ダイスの代りに回転するローラーにおきかえて、材料と工具との間の摩擦を減らすことである。この点についての詳しい解析は他の報告²⁾にゆづつてここでは一つの見易い実例を示そう。それはローラーダイスで引抜中に、ローラーにブレーキをかけて回転を止める実験である。第 4 図はアルミニウムについての測定例であるが、図からわかるようにローラーを固定すると引抜力が 1.5 倍から 2 倍以上にも増加する。またこのときに線とローラーが焼付きを生じ、線の表面にいちじるしいひつき疵ができる。ここでふたたびローラーの制動をとくと直ちにこの現象が消えて、線の表面は滑らかになる。これからローラー回転の効果がわか

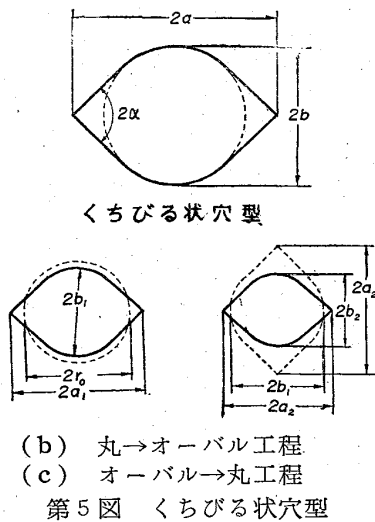


第 4 図 ローラー転動の効果

る、しかし上の例は極端な実例であつて、必ずしも穴ダイスとローラーダイスの性能を比較したことにはならないが、穴ダイス引抜きでは特に潤滑に注意しないと引抜の困難な 18-8 不銹鋼などでも、ローラーダイスを使うと無潤滑の状態でも焼付きは生じないし、いつも滑らかな表面の線が得られるのは事実である。

圧延とローラーダイスを比較してみると、ローラーが回転しているという点では似ている。事実、上で述べた摩擦の問題あるいは線の性質などでは両者は極めて良く似ていて、ローラーと材料との接触面上での現象や線の変形状態はほぼ同じと考えられる。しかし工業技術の面からみると非常にことなつている。一方はロール駆動機構を持つ圧延機で線を伸延するのに対して、一方は伸線機を使つて引抜加工を行うわけで、作業上からも設備上からもはなはだしくことなつている。とくに連続伸線を行うときには圧延機の方がめんどろな制御装置が必要となる*。これに対しローラーダイスでは従来使用してきた伸線機に取付ければ良いのであつて、新規の設備は必要でないし、新設したとしても圧延機よりもはるかに安価である。穴型ロールによる圧延の例として熱間の線材圧延を思い浮かべていただければよいのだが、最終製品は丸断面の線材である。ところがその連続圧延工程の中間工程では線材は決して丸断面ではない。これは幅と厚さの比が 1 に近いものを圧延すると必ず幅広がりが生じるためであつて、丸断面のものをロールを通して直ちに丸断面とすることは、どのように穴型を工夫しても無理なのである。従つてオーバル角、ダイヤモンド角などの異形断面を中間工程に採用して能率良く断面積を減らす工夫が行われている。そして終りの仕上工程で所要の丸線とするのである。この事情はローラーダイスでも同じ

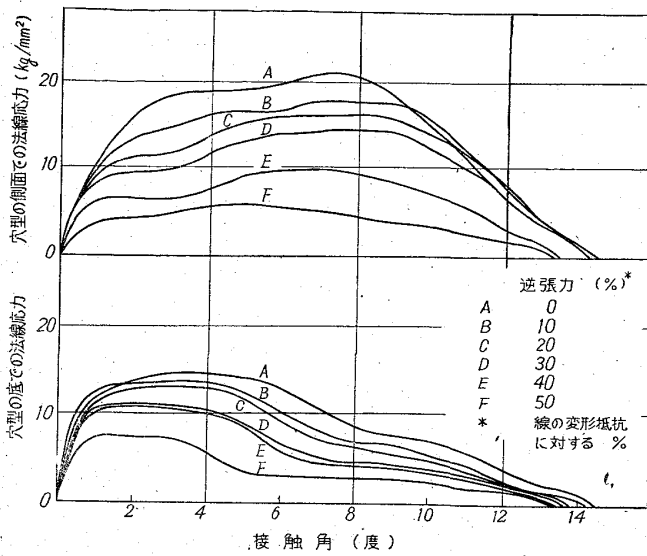
* 線の連続冷間圧延機は日本でも稼働している³⁾。



であつて、丸線を一組のローラーで丸線へと加工することはできない。著者らの研究によると第5図に示したような特殊なオーバル状穴型（これをくちびる状穴型と呼んでいる）を使用して、図に示すようにオーバルからオーバルへと相似形の断面形状をとりながら断面積を減じていくのが最も能率が良い。例えばアルミニウム線の場合に、1回の減面率は40~50%とることができて、引抜き力も超合金製の穴ダイスと比較して約20%低下する。この工程を使うときは、所要の丸線の一段前の工程までオーバル→オーバル工程で引抜き、最終工程で丸穴型を使つてオーバル→丸工程で丸線とすれば良いのである。この方法は上述のような利点を持つていて、著者も興味を持った方法であるが、実用化されるには到らなかつた。この理由の一つは現在の伸線工場が丸線を扱うという前提に立つていて、伸線技術者も異形断面になれていないし、また工場の設備もそれに適していないので、最終目標が丸線のとときに中間工程をすべてオーバル断面としてしまうことかなりの抵抗がある。また、伸線工場の多くはあまり規模が大きくないのが現状であり、多品種の線を小量生産して、伸線工程の中間からいつも任意に製品としてとりだせるようになっていて小廻りがきかないと、手持の設備で所要の品種をさばききれないことになつて、この点からも中間をオーバル工程とすることに抵抗がある。そこで、上述のように中間工程として必ずオーバル形状にする必要があるという原則と、伸線機のドラムに巻取られるものはいつも丸線にするという二つの条件を満すように考えたものが上に説明した2連式ローラーダイスである。この形式を採用すれば上述の点は皆満たされたけれどもその代りに2, 3の難点が生じた。その1つは引抜き力の問題である。例として減面率40%の工程をとつてみよう。これに上述のくちび

る状穴型を使えば引抜き力は穴ダイスよりも20%低くなる。一方、2連式ローラーダイスを使うとすれば引抜き力は穴ダイスと同程度になつてしまう。これは2連式では40%の減面減少を第1段で約30%、第2段で約10%とわけて行うことになるためなのである。なぜならば、ローラーダイスでは1回の減面減少が大きいほど能率が良いからであつて、10%程度ではその特長が発揮されない。このほかに2組のたがいに直角方向を向いたローラーを1台の装置に組込むために設計上種々の工夫をこらす必要も生じたのであるが、これらはみな技術的に解決された。

次にこの2連式ローラーダイスの穴型について説明しよう。第1図に示したように、このローラーダイスでは丸→オーバル→丸の工程をとるから、当然第2段のローラーの穴型は丸穴型となる。すなわち、ローラーを正しい位置まで圧下したときに（ローラーの平らな部分での間隙が0.2mm）、所要の丸線と同じ直径の円となるように穴型をほる。ただ穴型の端部に若干のまるみをつけておくことは線に疵をつけないために必要である。次にオーバル穴型であるが、これは少くとも素材の丸線の直径よりも幅が広く、また仕上丸線の直径よりも薄いことが必要である。なぜならば丸→オーバル工程でも、オーバル→丸工程でも幅広がりが生じるから、これに対するゆとりがないとかみ出しを生じ線に致命的な疵をつけることになるからである。さて、上の最低の条件を満たした上でさらに具体的なオーバル穴型の形状を決めるのであるが、これにはかなり立入つた考察と実験が必要であるが、ここではその概略を述べよう。この形状の決定の際に(1)引抜の安定性、(2)低い引抜き力、(3)低い穴型面圧力、(4)高い真円度という条件を考慮する必要がある。第1段の丸→オーバル工程では安定性は問題とはならないが、第2段のオーバル→丸工程ではオーバル形状が不適当であると、線が引抜中にねじれたり倒れたりする。実際には穴形状を適当に選ぶと共に、2組のローラーの距離を機構上可能なかぎり近づけて、第1段ローラーを第2段ローラーに対するガイドの役割をさせていて、この両方の手段で引抜の安定性を保証している。引抜き力の点では2連式に不利な点があることは前に述べたが、これも穴型の設計によつてかなり改善できるのである。一口にいえばオーバル穴型として幅広がり小さいものを使うことが必要である。ところが一方、幅広がり小さい穴型では穴型内の圧力が高くなると共に真円度も低下する。これは材料自身は幅方向へも変形したいのに穴型がこれを拘束するためである。著者達が測定した例では⁴⁾くちびる状穴型内の圧力分布は第6図のように

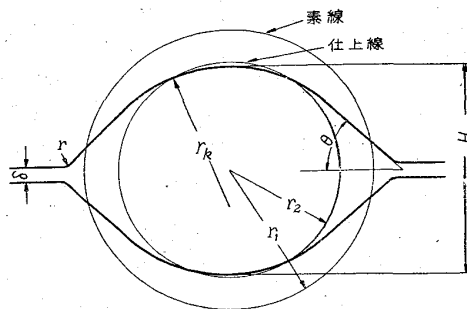


第6図 穴型内のロール面圧力分布
(くちびる状穴型, 丸→オーバル工程,
アルミニウム加工材, 減面率30%)

なっていて、この値は材料の変形抵抗の約2倍の値である。従つて硬鋼線の引抜きなどで線の変形抵抗が150 kg/mm² になつたとすればローラ面圧力は約300 kg/mm² にも達するわけで、これは工具鋼の耐え得る限界に近く、事実ローラーの摩耗も多く破損も生じ得る。そこで穴型の形状を吟味して幅広がりがありあまり大きくないが、穴型面圧力も高くない穴型を使わなければならない。また図からわかるように逆張力を付加するといちじるしく穴型面圧力が低下するから、この意味で逆張力付加はローラーダイスに対しても意味がある。2連式では第2段のローラーには第1段ローラーの引抜き力が逆張力として作用しており、上述の効果を自動的に上げることになる。以上述べてきた点を考慮して現在使用している穴型は第7図に示したような形状をしていて、各部の寸法はつぎの式で計算できる。原線径を r_1 、仕上線径を r_2 とすると、

$$H = r_2 - (0.1 \sim 0.2 \text{ mm}), \quad r_K = r_1, \quad \theta = 45 \sim 55^\circ$$

$$r = 0.2 \sim 0.5 \text{ mm}, \quad \delta = 0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$$



第7図 2連式ローラーダイス用のオーバル穴型

である。

第1表 普通ダイス伸線法を基準としたローラーダイス法と冷間圧延法の比較

| | | ローラーダイス法 | 冷間圧延法 |
|--------|------------------|-------------|-------------|
| 動力消費率 | 少 | 少 | 一 |
| 潤滑 | 容 | 易 | 容 |
| 減加工 | 大 | 大 | 少 |
| 難加工材 | 適 | す | 適 |
| 工程数 | 加工中 | 少 | 大 |
| | 焼なまし | | 少 |
| | 酸洗 | | |
| 設備費 | 同 | じ | 大 |
| 真原線最異伸 | 円線の小型伸線 | 悪任適 | 悪任適 |
| | 度型直線作 | い意す | い意す |
| | 直径線業 | ~3mm ややめんどろ | ~3mm ややめんどろ |
| 線の性質 | 抗張力、伸び弾性、捻回内径、ゼイ | 同高、高、少 | 同高、高、少 |
| | 伸び限度、応力、クレンション | じい、いい、好 | じい、いい、好 |

III. ローラーダイスの性能

第1表に穴ダイス伸線法を基準にしたローラーダイス法と圧延法の性能の比較をまとめた。以下に各項目について説明しよう。

動力消費は前にも述べたように2連式ローラーダイスと超合金製穴ダイスとではほぼ同程度であつて、オーバル→オーバル工程を採用すればローラーダイスの方が15~20%少くなる。圧延法の場合のデータがないのはつきりしたことは言いえないが、2連式ローラーダイスと同程度になるものと思われる。

潤滑はローラーダイスでも圧延でも穴ダイスにくらべるとはるかに容易である。実験的にはほとんどすべての線は無潤滑で滑らかな表面を持つた線が得られる。実際の伸線作業では穴型の摩耗を少なくするために潤滑剤が必要である。それと同時にローラーダイスでは一般に大きい減面率で伸線するためかなりの加工熱が発生する。これを放置すると線が軟化したり、ローラーの寿命を短くしたりするから、十分に冷却する必要がある。一般に冷却能の大きいものは水であつて、粘度の高い油類は冷却剤としては適当ではない。そこで潤滑剤としてソリブルオイルを使い、これを水に添加して、ローラーと線(中間のオーバル部分)に吹付けて潤滑と冷却を同時に行つている。ローラーダイスおよび圧延法での潤滑に

対する考え方は穴ダイスの場合とはかなりことなつたもので、石灰づけあるいは磷酸塩被膜などは適当ではない。作業上からいえば、造膜処理工程は不用になつて、酸洗した線をいきなりローラーダイスで伸線し、伸線中に上述の液を吹付ければよいのである。従つて潤滑剤および潤滑処理工程に対する経費が節減されることになる。一回の引抜きで可能な減面率は断線事故を生じないことおよび線の性質が劣化しないことによつて制約される。作業上からいえば一般に減面率を大きくとつた方が、工程数が減少して有利なわけである。この可能な最大の減面率はローラーダイスではダイスおよび圧延にくらべてはるかに大きくなる。穴型の設計上ローラーダイスでは50%が限度であるが、銅あるいはアルミニウムなどの延性材料の焼なまし材ではこの限度の50%の減面率で引抜くことも不可能ではない。圧延法の場合には穴型の設計上からは30%程度が限度であるが、実際には安定性を考慮して15~20%程度が使われているようである。このようなわけでローラーダイスを使用すると一回の減面率を大きくとることができて、引抜工程数が節減できることになる。そしてそのとき引抜線の性質の劣化は生じない。

次ぎに問題となるのは中間焼なましまでに可能な全断面減少の大小である。一般にある限界以上に引抜きを続けると性質が劣化したり、また引抜きがまったく不可能になつたりする。焼なましあるいは酸洗工程は経費のかかる作業であつて当然その数は少ない方がよいのである。この加工限界はローラーダイス法と圧延法ではダイス法にくらべて大きくなる。例えば燐青銅線を例にとると、ダイス引抜きでは1回の減面率が30%のときには全減面率70%以上になると性質が劣化するが、ローラーダイスでは80%の加工が可能であり、圧延法では80%以上の加工が可能である。前に述べた1回の断面減少の限界と加工限界とは密接に関係がある。一般に1回の断面減少を大きくとると加工限界は下るのである。上と同じ燐青銅の例でいえば、1回の減面率は50%が可能ではあるが、この場合にはさらに50%の引抜きを行なおうとするとしばしば断線事故をおこす。すなわち、50%で2パスの引抜きは無理であつて、この場合の加工限界は75%よりは小さいわけであつて、1回に30%の断面減少とした場合に80%の全断面減少が可能であつたのにくらべると加工限界が下つている。1回の減面率を大きくとるか、あるいは1回は小さくしても加工限界の大きい工程とするかは伸線工場の事情によつてことなるわけである。

つぎに難加工材料について考えてみよう。例えば高速

度鋼線はダイス引抜きでは1回の減面率20%前後で引抜いては中間焼なましを行うほど加工性が悪いのである。この加工性の悪さは材料に内存する性質ではあるが、それと同時に加工法の悪さでもある。この鋼線をローラーダイスで引抜けば1回の減面率は最高40%まで高め得るし、また加工限界も50%近くまで高められて工程数は半減することになる。特に最近開発された強力な耐熱鋼などは加工性が悪いものが多いが、これら加工の難かしい材料にローラーダイス法が適用されて好結果をあげている。なお圧延法ではローラーダイスよりもなお若干加工が容易である。

以上述べたことも工程数の面からみなおせば、表に示してあるようにローラーダイスの導入により加工および焼なまし酸洗工程が節減されることになる。なおこの点に関連して、メカニカルデスクレーヤーとローラーダイスを合せて使う方法がある。酸洗工程のかわりにメカニカルデスクレーヤーを使うことが多くなつているが、そのときにスケールの除去が十分でないとダイス引抜工程にトラブルが多くなる。デスクレーヤー以後の初段にローラーダイスを使うとローラーダイス自身がオーバル丸と直角方向から加工するのでスケールを除く作用を持つているために、トラブルが減少する。

以上述べたことをまとめて設備費の点からみると、ローラーダイスは従来穴ダイスで使用してきた伸線機にとりつけることができるから、新しい設備としてはローラーダイス自身を考えればよいわけである。ローラーダイスとダイスと比較するとローラーダイスの方がやや高価である。

しかしローラーダイスを使うことを考えに入れて新たに工場を設備するときは、上述のように工程数が節減できるので、伸線機および焼なまし酸洗設備の費用がかなり節約できるだろう。一方圧延法では圧延機がかなり高価であつて、設備費の負担は大きくなる。

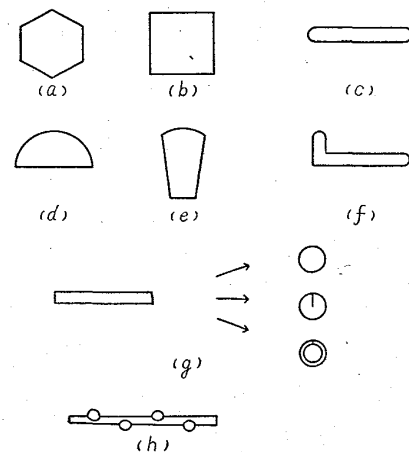
つぎに真円度の問題であるが、これは圧延法もローラーダイス法もローラー穴型の組合せで加工する以上は穴ダイスほどの真円度は望めない。実際作業の経験でいえばローラーダイスの場合は $\pm 0.1\text{mm}$ 以内のだ円がある。従つてこれを最終工程に使うことは無理であつて、ローラーダイスも圧延も中間工程向きである。事実ローラーダイスを使用して好成績をあげている多くの例は製品が細線である場合の中間工程であつて、圧延上り以後 $3\text{mm}\phi$ 程度までにローラーダイスを使い少い工程数で能率よく断面減少を行い、それ以後はダイス伸線を行うわけである。しかしPC鋼線のように真円度が重要ではなく他の特性の重視される線に対してはローラーダイス

あるいは圧延で最終製品まで製造する工程が考えられる。

穴ダイス伸線では素材となる線も真円度の高い丸線を丸線へと引抜く場合には能率が良いのであつて、素材のだ円が大きかつたり、四角断面であるとトラブルが多い。一般に圧延上りの線材は理想的なものとは限らないのであつて、とくに小規模の熱間圧延を行つている場合には線径偏差が大きかつたり、おれ込みなどの欠陥があつたり、線の部分々々で性質が変動していたりすることがある。もちろんこれは熱延工程を改善してこれらの事故を減じるべきものであるが、小規模な圧延ではこれが難かしい場合もあるしまた一般に経費のかかることが多い。そのときに伸線工程の初段あるいは最初の数段にローラーダイスを導入すると効果がある。それはローラーダイスは素線の線径や性質の変動に対して適応性が大きいからである。また前段の圧延工程の都合によつて四角断面でも、オーバル断面でもローラー穴型に若干の工夫をすれば伸線に支障はない。またおれ込みなどの欠陥はローラーダイスで丸→オーバル→丸と直角方向から加工される間にこれらの欠陥がはげ落ちてしまう。このようにローラーダイスを利用して断面減少と同時に線の調質を行つてから穴ダイス伸線工程に移すと伸線作業は安定すると共に製品の欠陥が減少しダイスの摩耗が減少する。

ローラーダイスで伸線可能な最小直径は約 $3\text{mm } \phi$ である。これは上で述べたように線の真円度が $\pm 0.1\text{mm}$ であるから線が細くなると相対的に精度が悪くなる上に穴型合せあるいは圧下調節などのローラーダイスの取扱いがめんどうになつてくるためであつて、この事情は圧延法でも同じである。

つぎに異形線の伸線の問題であるが、最近とくにこれに対する需要が多くなつてきている。穴ダイスの場合には放電加工の進歩などによつてダイスの製造は以前よりも容易にはなつたが、穴ダイスで異形線を製造する場合には一般に引抜工程数が多く必要であるし、また異形線の最小径と最大径がいちじるしく差のあるものは困難である。また潤滑被膜が破れて焼付をおこすこともある。これに対しローラーダイスでは穴型の研削は丸線の場合と同様に投影グラインダーを使用すればよいから、とくに問題がない上にかなり複雑な断面形状のものまでも少い工程数で製造可能である。また線の長手方向に断面の変化しているものは穴ダイスでは不可能であるが、ローラーダイスでは容易である。ただ異形線に対する穴型は場合々々によつて工夫が必要である。第8図にローラーダイスで実際に製造した異形断面の例をあげておいた。



第8図 ローラーダイスで製造した異形断面の例

伸線作業上はローラーダイスは穴ダイスにくらべてややめんどうである。穴ダイスは所定の寸法形状に研磨してあれば、伸線機に取付けて伸線を行うのは簡単であつて、その点では伸線作業者は熟練を要しない。これに対してローラーダイスではローラー穴型が正しく研磨されていても、穴型合せと圧下調節が必要となる。伸線機に取付ける前に予備調整を行うことにすれば良いが、それでも実際に伸線を行うときに若干の圧下調節はどうしても必要である。

線の性質の問題を最後に述べよう。この問題はこまかくいえば線の種類によつてことなつた傾向があるが、ここでは一般的にいえることを総括的にのべておこう。まづ引張強さと伸びであるが、これはほとんどすべての場合にダイス法でもローラーダイス法でも大差はない。また弾性限は $10\sim 20\%$ 程度増加することがある。捻回値は鋼線では差はないが、磷青銅などでは増加する。内部応力はローラーダイス法の場合の方が小さい。これは酸腐食試験でも顕著に差がみられるが、細線を製造するときに中間工程としてローラーダイスを使うと製品のわれなどの欠陥がいちじるしく減つた例からもこのことがわかる。リラクゼーションは良好であつて、弾性限の高いこと、内部応力の少いことおよび異形線の製造に適することの特長を合せて考えると、ローラーダイスをPSコンクリート用のインデンテッド鋼線の製造に応用すると良いことがわかる(第8図(h))。

IV. その他の問題と総括

ローラーダイスの装置とその性能について今迄述べてきたのであるが、あと若干の注目すべき点にふれることにする。

伸線能率を高めるためには線の束の重量を大きくとり、一度仕掛けた伸線機を止めずに連続して伸線作業を

行うことが重要である。生産すべき製品の量が少い場合は論外であるが、一般に束重量を制約するのは線材圧延の能力である。そしてこれを大きくすることは経済的にも技術的にも困難なことが多い。そのときには線を溶接あるいは圧接してつないでいけばよいが、線の材質によつては接続部での断線事故の多いことがある。例えば隣青銅はこの例であるが、ある実例では断線事故が接続箇所20%にも達していた。この工程にローラーダイスを使用して断線を3%以下におさえることができた。

最後に少し変わったローラーダイスの応用例をのべてみよう。薄板の製造工程中ホットコイルを冷延する前に板の両側の端部をスリットして幅をそろえる際に、帯状のスクラップができる。この部分はインゴットのリム層の部分であつて、切断してリターンスクラップとするのもつたいない。これを活用するためにローラーダイスを応用して好結果を得ている例がある。詳しいことは省略するが、穴型を工夫するとこの帯から管あるいは線を作ることができるのであつて、溶接棒に利用されている(第8図, (g))。

以上にローラーダイス全般にわたり概要を述べてきたが、ここでそれらを総括してローラーダイスを応用して行く場合の考え方を述べよう。注意しなければならないことは穴ダイスというものは前にも指摘したような欠点を持っているが、一方その構造は単純であり、その保守や取扱いが簡単であつて、大量生産用の工具として優れた性能を持っている点である。従つて穴ダイスを使つた

伸線工程が安定に行われていて、トラブルの少ない場合には、ローラーダイスを導入しても必ずしも工場全体の生産性を高めることにはならない。しかし今迄にあげてきたいくつかの例でもわかるように、伸線工程に何か重大なトラブルのある場合にはローラーダイスによつて飛躍的に改善され得るのである。またいくつかの例で示したように、ローラーダイスは穴ダイスでは不可能であつた分野を可能にした場合もある。ローラーダイスを応用する場合にローラーダイスの持つ特長の生きる工程に使うことが必要である。

今後ともローラーダイス自身の改良も行わなければならないし、さらにローラーダイスの応用法例へばテーパーワイヤの製造などを開発していくことも必要である。著者達も受賞を機会にさらに努力を続けるつもりである。各位からの有意義な御助言を期待して筆をおきたい。

終りに本法の開発に当り協力された研究室員および卒業先実施にふみ切られた関係各社の方々に深く感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 五弓, 堀内, 岩田: 日本金属学会誌, 26 (1963) 1, p. 39~43
- 2) 五弓, 他: 日本金属学会誌, 投稿中
- 3) 五十嵐, 本田: 機械の研究, 10 (1958) 1, p. 235~239
- 4) 五弓, 大久保, 上滝: 塑性と加工, 3 (1962) 2, p. 73~80