

圧力計工業界の現況

小川 正義

圧力計の品質、性能の向上を要望する声が各方面から挙がっても何年かになるが、困難な基礎技術の問題があるのに加えて、圧力計工業界の特殊な事情から、あまりはかばかしい進展は見られなかった。ようやく最近、政府のテコ入れにより改善、近代化への機運が動き始めた。こういう特異な状況下にある本業界の一般的概観と、それが内臓する基礎および技術上の重要な問題点について述べ、さらに今後の改善の目標およびその方策にも簡単にふれる。

は し が き

ここでいう圧力計とは、静的圧力の測定に用いられる機械式計量器のことであって、その他の圧力測定手段である電気式のもの（主として動的圧力を測る）や高真空計などは除外する。わが国のこの圧力計工業は、明治中期頃に輸入機械に付属していた外国製品の修理という形で始まり、つづいて製造するようになったもので、今日までにすでに 70 余年を経過し、かなり古い歴史をもっているのであるが、技術的にも経営的にもまだ近代化されない面を多くもった特殊な企業として、進歩の著しい他の工業分野の間にはさまってとり残され、はい上がるのに苦慮しているのが現状なのである。計量器工業界には全般に、中小から零細規模の企業に属するものの数が非常に多いが、圧力計についても同様で、これらが不十分な設備で多種少量生産を行なっていて、専門の技術者もごく少数しかもたず、独自で技術の研究、新製品の開発をすすめてゆく能力も資力もなく、製品の品質についてよりも生産数量についての競争にだけ走りがちで、その結果いわゆる過当競争におちいる危険をつねにはらんでいるのである。本業界の年間総生産額は 20 億円を少し上回る程度なのであるが、これを実に数十社におよぶ企業がわけ合っている。このような状態が、技術の基本となることさらに未解決問題をかかえ、経験と勤に頼る仕事をしていることとあいまって、企業の近代化促進、製品々質の向上を著しく困難にしているといえよう。

本業界がいまなおこんな状況にある原因を考えてみると、第 1 に後述するように製品の品質性能に関係する因子が多過ぎるため、ごく高級な製品とそうでないものととの比較なら別であるが、普通製品の間では検査や試験による品質の優劣の判定が容易ではなく、それらが実際の使用状態におかれてから後に、初めて良否がわかるというような傾向がつよいものであること、第 2 に一応の製品を生産することは、少人数の熟練者がいれば小資本でも可能であること、第 3 に計量法という法律によって、製品は工業技術院計量研究所が行なういわゆる国家検定をうけなければならないが、これの基準が比較的低い線

におさえられているので、これに合格して販売することはかなり容易であること、などが挙げられる。他方需要家側では従来一般に、圧力計は単に大ざっぱな目安を示せばたりと考え、なるべく安価なもので間に合わせようとするような態度が多かったし、またそうでない特殊な場合でも、使用する環境の機械的振動や熱の影響、加わる圧力の脈動状態などの条件を十分考慮することなくこのために圧力計の寿命を短くする結果に終わっていても、あまり気にもかけないでいるというようなこともあって、前記のような状況の業界における企業も、一応の製品を生産さえしていれば、結構商売としては成り立ってきたのである。

しかし元来計量器というものは、その本質上信頼性の高いものであることが必須条件である。精度はそう高くなくても、それを永く維持できるものであれば、それなりに用途もあり、信頼される。従来の圧力計には早期に大きな狂いがでて、たちまち使用に耐えなくなるようなものもあった。こうした欠陥を改善し、信頼性を高めなければならぬこと、精度上からは、使用者がときどき用いて比較検査が行なえるような、ゲージの役割を果たす高精度のものも必要とされるようになってきていること、また近年、自動制御、オートメーションなどの分野から、記録用や圧力スイッチ用として、構造上、機能上多岐にわたり、かつ厳しい要求がなされるようになってき、こうした場合受圧エレメントの性能が十分でない、せっかく発達してきている近代技術の自由な駆使を妨げ、ひいては自己の需要部門を狭くすることにもなるので、なんとかしてその要請にこたえねばならないこと、さらに貿易の自由化に対処するため、など各種の事情が重なって、数年前から圧力計工業界の技術を向上させることの必要性が痛感されるようになった。それ以前に、船舶や化学工業用プラントを輸出したとき、付属の圧力計の寿命がごく短かったため、わが国工業界全般の信用にもかかわるといようなケースも、二三あったと聞いている。

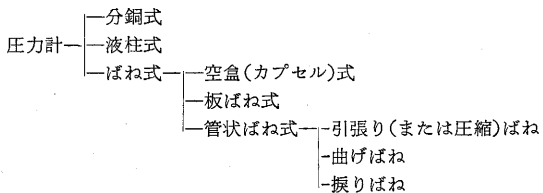
このような背景の下に、昭和 35 年に中小企業業種別振興臨時措置法という法律が制定、施行され、これに基

づいて同年に圧力計を含む 17 業種が通産大臣により指定され——その後追加指定が年々行なわれている——これら業種の経営、設備の合理化、技術の向上、製品々質の改善などが、国の施策によって推進されることになった。圧力計工業界に関する事項を審議する圧力計分科会が設けられ、筆者は古川浩中大教授（本所研究員）とともに、その委員として技術面を担当してきている。36 年には、経営診断専門の委員とともに業界の実態調査を行ない、報告書を作成し、これをもとにして分科会がたてた昭和 40 年を最終目標年度とする改善事項案を通産大臣に答申し、これが本決りとなって公布された。現在はその趣旨に沿い、改善策を実行に移しつつある段階なのである。この中には多くの種類のことがらが含まれているが、ここではただ、こうした特異な状況下にある圧力計工業界全般の模様と、今後確立すべき技術およびその基礎になる問題など、重要な点についての概観を試みようと思う。

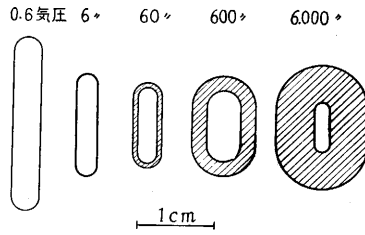
圧力計の分類

静的圧力を測る機械式のものには、作動原理による種類がある。すなわち測定すべき圧力と平衡させるために用いる手段によって、分銅式、液柱式およびばね式に大別される(第 1 表)。いずれによるものも工業上重要な役

第 1 表 圧力計の分類



割を果たしているが、中でも最も広く用いられているのがばね式である。ばね式圧力計は前世紀の中頃から、各種機械類の要求に応じて発達してきたもので、その構造上多量生産に適し、使用上の取扱いが簡単で、かつ広い圧力範囲をカバーすることが容易なので、今日工業上の圧力測定分野における使用量が非常に多いのである。ただその弱点は、用いる弾性材料が完全無欠な挙動をするものではないし、その上に加工や処理上の不備などからくる誤差が加わるため、理論上の計算から割り出して圧力目盛を付するわけにはゆかず、前二者のような理論的精度を十分実現できる基準器にかけて、比較検定しなければならないことである。ばね式のものには第 1 表のようにさらに変形様式によって分類されるが、その中の曲げばねに属する扁平中空の円弧状金属管、いわゆるブルドン管を用いる圧力計が工業上使用されるものの大部分を占めているのである。そのおもな理由は、この式によると、管の材質、肉厚および断面形状などを適当に選択すれば、簡単な拡大機構をつけるだけで、0.5 気圧ぐら



第 1 図 内圧の程度によるブルドン管断面の変化模型

から数千気圧(まれに 10,000 気圧を越えるものもある)までの広い範囲内の任意の値付近で使えるものが製作できるからである。第 1 図は圧力が 10 倍ずつ増した場合のブルドン管断面の形状変化の様子を模型的に示したものである(材質については後出)。実際の生産個数についてみると、昭和 35 年の圧力計工業組合加盟の 60 社による圧力計の総生産個数 185 万 5 千個のうち、ブルドン管式のものが 172 万 5 千個と、93%を占めているのであって、圧力計工業界の生産の問題は、つまりブルドン管式圧力計の生産の問題といつてよいのである。

業界の一般概況

a) 企業数と規模

昭和 26 年に計量法が制定され、これにより計量器の製造、販売をする者は、それ以前の度量衡法による免許制に代わって、通産大臣の許可を受ければよいとする許可制となり、かなり容易に事業を始めうようになった。そのため免許工場にいた従業員で独立して企業を興すものが増え、小規模工場の急激な増加を招いた。免許制の終り頃には 37 社に過ぎなかったのが、同 27 年 3 月には 67 社となり、今日では第 2 表のように 111 社が

第 2 表 許可工場数

地域	関東	中部	関西	中国	九州	計
工場数	68	9	30	1	3	111

許可をとっている。これの地域分布は、東京を中心とする関東地方が圧倒的に多く、ついで大阪を中心とする関西地方に集り、極端な局所集中になっている。許可はとっていても、現在実際には圧力計の生産を行っていないものもかなりあり、実動中のものは 76 社程度、そのうち JIS 製品の資格をもつものが 24 社である。こんな状況であって、創業約 10 年という新顔がだいたい半数ある反面、明治 20 年頃かられんめんとこれを製作している古顔も数社あるのである。

第 3 表 資本金と工場数

資本金(万円)	100~500	500~1,000	1,000以上
工場数	19	6	10

資本金をみると第 3 表のように 1,000 万円以上のものが 10 社(兼業を含む)あるだけで、零細企業が非常に多い、専業で資本金 6,000 万円というのが 1 社あり、こ

れが最大規模のものである。

従業員数では専従者が 100 名をこえるものは 2 社だけ、30 名以下が大部分を占めている (第 4 表)。

第 4 表 従業員数と工場数

専従者数	30~50	50~100	100以上
工場数	11	7	2

b) 生産高

工業組合集計によると、昭和 35 年には同 30 年の生産金額の 2 倍に達し、185 万 5 千個、15.6 億円であった (組合加盟 60 社)。このうちブルドン管式のもの 172 万 5 千個、14.5 億円、60 社以外、ブルドン管式以外まで含めた総金額は 17 億 1 千万円であった。昭和 36、37 年のものは推定であるが、わずかずつ単価の高い方へ生産が移行しつつある傾向が認められる (第 5 表)。

第 5 表 生産高

年度	35	36	37
個数(万)	172	212	202
金額(億円)	14.5	18.0	17.5

c) 需要部門

第 6 表のように全体の平均単価は 850 円くらいである

第 6 表 需要部門

部門	溶断機	圧縮機	化学	噴霧機	船舶	自動車	鉄道	その他	計
個数(千)	384	242	187	119	63	58	20	652	1725
金額(千円)	30.6	18	17.5	3.6	5.2	1.8	3.3	65	145

が、比較的それが高いのは鉄道車輛用、ついで化学工業用である。前者はエヤーブレーキ、エンジンドアなど、その安全性に密接な関係をもつ所に使われるからであり、後者は耐食性、耐熱性などの要求が強く、また取替えの必要がひんぱんに起こると、その都度一時作業を停止せねばならず、その損害が大きいためなどによるものであろう。逆に安価なのは自動車用、噴霧機用のもので、その単価はやっと 300~400 円くらいである。自動車用のは主として潤滑油の圧力を示す油圧計であるが、自動車計器専門の工場での生産が、間に合わない分だけが、たまたま本業界に注文がきたわけで、個数も少なくこれこそ目的に用いられるだけであるから、目盛数字も付けないごく簡単なもので、国家検定からも除外されている。その他の欄は全体の 1/3 を上まわる数量で、特殊な注文品であり、単価も高い。

こうした需要に対して、数多い小規模工場が技術的に容易な安価な品の生産に集中するようになり、過当競争を生じて一層価格を低下させる傾向が現われたので、昭和 31 年から普通品 (単価 1,400 円以下のもの) については、工業組合が各社に生産数量の調整割当を行なうよ

うになった。

d) 単価の国際比較

わが国では計量法にも JIS にも品質等級の別をつけるようにはまだなっていないので、外国製品と簡単に対応させるわけにはゆかないが、ごく常識的な意味で米国製品と比較して示したのが第 7 表である。米国製品の価格

第 7 表 単価の国際比較

(ただし、目盛板径 100mm, 10~30 気圧用のもの)

種別	国産品	米国製品	級別
普通品	500円	360円	B
高価品	1,500円	3,000円	A
特別高価品	2,500円	6,000円	AA

は、同国内での販売価格を 1 ドル 360 円で換算したものである。これによると、国産品は普通品では高価で、高級品では安価ということになるが、わが国の高級品には拡大機構を上質にしたという程度のものが多く、AA 級に匹敵するかどうか疑問である。

e) 輸出入

昭和 34、5 年頃の輸出が 2,000~3,000 万円、輸入が 4,000~5,000 万円、いずれもあまり多くはない。もちろん圧力計単体としての金額であって、他装置の付属品となっているものは含まれない。輸入は従来極力抑制され、国内メーカを保護する方針がとられてきたのであるが、貿易が自由化された今後が問題である。現在のところはまだ目立った影響は、現われていない模様であるが、輸出についての引合いは時折あっても、それが普通品であるため、単価が高く折合いがつかないことが多く、西ドイツなどととられてしまっている。ソ連への輸出も多少あるが継続的ではない。将来輸出商品にするには、技術面の基礎づくりが必要である。

第 8 表 その他

生産集中度	コスト構成	付加価値率
上位 5 社 = 61% 全企業	資材費 45% 労務費 36%	30%
上位 10 社 = 76% 全企業	経費 19%	

f) その他 (第 8 表)

前記のように生産数量の調整割当が行なわれているため、上位社に生産量が極端に集中することはない。しかしそれでも零細企業の中には、自社への割当数量不足の不満を洩らすむきがないではない。

コスト構成では、資材費が割合に大きな部分を占めている。高価な黄銅物のケースを安価な合成樹脂製に代えるなど、ある程度のことはすでに実行されているが、まだ全体として部品の加工精度を高める努力に欠け、その結果生ずるたとえば摩耗のようなトラブルを、使用する材料を上質なものにして逃げようとする傾向がある。

一般にこれだけではあまり所要の効果はなく、値段だけは確実に高くなるものである。付加価値率の 30% も、精密加工に徹し、もっと無駄を省けば、上昇するはずのものである。

生産体制、技術面の状況

前記のような状況の業界であるから、集中生産体制が確立されてはいず、全般的に高性能の設備をもたず、加工・組立・検査および品質管理などの技術の程度が低い。

a) 工場設備

製造機械としてそう特殊なもの、高価なものが必要というわけではないのに、一般に基礎的工作機械、測定試験機類、熱処理設備などが貧弱である。工作機械として多いのは普通旋盤、ボール盤、ターレット旋盤、プレス、歯切盤、フライス盤、研削盤などの順であるが、そのうち 5 年以内のもの設備台数は約 20%、老朽化したものが多い。中間工程での検査や試験に重点がおかれず、組立工程での手直しと、完成品の最終試験とにすべてをもち越している感じが深い。

b) 技術者数

大学卒技術者数は 60 社に 100 名程度、その約半数は上位の 2、3 社に集中している。一般に専門の技術者が極度に不足し、研究や技術の改善もできず、あまり進歩が望めない。

c) 生産体制

ブルドン管式でさえ 88%、その他の圧力計ではほとんど全部が受注による多種少量生産になっている。

d) 技術研究

従来断片的、散発的な研究はあっても、基本的、系統的な研究に欠けていた。最近では工業組合が通産省から補助金をうけ、これに自己資金を加えて共同研究を行なうという方式をとっている。

ブルドン管式圧力計の問題点

構造上の主要部は内圧をうけてこれに比例した管先の移動を生ずるブルドン管と、管先の動きを拡大して指針の回転角に変える機構とであり、過去の製品の多くにはそのいずれにも狂いを生じ易いという弱点があった。後者については、部品の加工精度を高め、たとえば面の仕上げをよくし、直角度をよく出し、面と面のあたりをよくするなどして耐摩耗性を向上させればよく、事実近年の上位会社の製品では、摩耗試験機にけるテストも行なわれ、十分なものが製造されている。ただ問題は今後国際競争力をもつに到るだけに価格を低下させることにある。小企業ないし零細企業については、部品の規格を統一し、共同で機械加工をするなどの方策を推し進める必要がある。

ブルドン管の品質改善に関してはそう簡単ではない、従来このものの弾性学上の理論的研究はかなり多く発表されているが、その結果と実際製品についての実測結果とがよく合致しない。特に低圧領域のものに著しい。これは理論の方に多くの欠陥があるからではなく、現実の金属材料、その成形加工や熱処理工程などに不備があって、実際面が理論に追いついてゆけないでいるからだと考えられる。そのため基礎理論はあっても、ブルドン管の実際の設計に利用されるに到っていない。このギャップをうめるため、とりあえずは普遍的に使える実験式でもうちたられる程度に、実際面を向上させることが望まれているのである。

ブルドン管は本器の中枢部となる精密ばねであって、形状が特殊であり、また長期にわたって苛酷な条件下で使用されることが多いので、満足なものをうることが非常にむずかしい。強度・疲労強度・ばね性・疲労変形・ヒステレシス・クリープ・時効割れ・経年変化・耐熱性・耐食性など非常に多くの因子を必要な程度にみかさなければならず、その上材料の成形加工性、熱処理性および価格も考慮すべき重要な項目である。可能性のある弾性材料について、加工・処理と前記各因子との関連性の所要のデータを集積するには、膨大な量の実験研究が必要で、決して容易なことではない。現在のところ各メーカーは、ごく部分的な経験による知識を基にして製造にあっているだけで、使用している材料の特性を十分に活用できているかどうか、また弾性上や形状寸法上にむらの少ない加工法や処理法がとられているかどうかなどに多くの疑問の余地があり、少なくとも最も一般性のある材料については、早急にこれらを明らかにしなければならぬ。

a) ブルドン管の素材

(1) 材質 各種弾性材料のうちブルドン管に用いられるものを第 9 表に示す。これらの使いわけは、需要の最も多い 50 気圧以下の低圧用には銅合金、50 気圧を越す中圧用で、特に耐食性の要求が強いものにはステンレスやニッケル合金、通常の 50 気圧を越える所から高圧領域には鋼というのが一般的である。鋼はヒステレシスが小さく、疲労限界が高く優れた弾性材料であるから低圧用にも使えば、それに越したことはないのであるが、弾性係数が大きいためごく薄肉にしなければ、内圧による変形が小さ過ぎる。しかし加工性がわるくて、肉厚 1 mm 以下の管をつくるのが非常に困難なので、これ以上の肉厚を要する中、高圧力領域にしか用いられない。ベリリウム銅は 1 気圧前後から 300 気圧ぐらいまでの広い範囲に使え、ばね性・耐食性も優れ、疲労にも強く、しかも成形が容易であるが、熱処理温度の許容差が小さいこと、高価なこと（他の銅合金の価格の 10~15 倍）で、特殊な高性能のものに限って用いられる。ニッケル

第9表 ブルドン管用金属材料

(◎は日本で多く使われ、○は日本で少しアメリカで多く使われ、●はアメリカで多く使われるもの)

- ◎黄銅 (60, 65, 70% Cu)
- ◎アルミプラス (Cu 76~80, Al 1.8~2.5, Cr, Mn 少々残大部 Zn)
- ◎アルブラック (Cu 76~79, Al 1.8~2.5, Si, その他少々残大部 Zn)
 - 磷青銅 (8~10% Sn)
 - 珪素青銅 (Cu 95.8, Si 3.1, Mn 1.1)
 - トランペットプラス (Cu 80, Zn 19, Sn 1)
 - アドミラルティプラス (Cu 71, Zn 27.9, Sn 1, ...)
 - ベリリウム銅 (1.7~1.9% Be)
 - K-モネル (Ni 63~70, Al 2~4, ...)
 - インコネル X (Ni 70 以上, Cr 14~16, Fe 5~9, Ti 2.25~2.75, ...)
 - ニッケルspan C (Ni 42, Cr, Ti, ...)
- ◎ステンレス (18-8)
 - ステンレス (12% Cr)
- ◎炭素鋼
- ◎ばね鋼
- ◎特殊工具鋼
- Cr-Mo 鋼

span Cは温度の広い範囲の変化に対して弾性係数が変化せず、またヒステシスが非常に小さい特性をもつが、やはり熱処理条件がやかましく、輸入品であってベリリウム銅と同程度に高価でもあるので、特殊高級品用である。わが国でも最近、住友金属KKによりベリリウム銅の管の試作の段階が終わり、注文によって供給がうけられるようになったが、価格については輸入品と同程度とのことである。

低圧用には黄銅、アルミプラスおよびアルブラックが最も普通の材料なのであるが、これはわが国だけのことらしい。磷青銅の錫の成分の高いものは、輸入品以外には管材がえられないので僅かに用いられる程度、黄銅は優れた弾性材料ではないが、かなりの程度のばね性がえられ、安価なのが特徴である。しかしZnを多く含む材料は後に劣化を起し、経年変化が著しく、ばね性は減じ、疲労変形が大きくなる欠点は避けられない。アルミプラス、アルブラックはそれぞれKK神戸製鋼所、住友金属KKが復水器用に開発した特殊黄銅管であるが、その本来の目的から水蒸気に対して耐食性があり、熱ひずみに強いよう弾性的な均一性もあるというので、ブルドン管に使われるようになったのである。アメリカではトランペットプラス、アドミラルティプラス、磷青銅、珪素青銅などがよく使われる。前二者はZnを減じ、Snを入れた特殊黄銅であり、青銅系のもはZnを含まず優れた弾性材料なのである。トランペットプラスはその名が示すように、本来は管楽器用のものであるが、弾性的均一性がかわれて、一般普通品にひろく用いられている。これでも輸入すると、国産特殊黄銅の8~10倍ぐら

いの値段であるからやはり相当に高価である。

こうしたわけで、容易にえられる安価な黄銅、アルミプラス、アルブラックを、適正な加工と熱処理とによりなるべく良好なばねにすること、少なくとも、この程度の性能までにはなるといふ限界を見出すことが、さしあたって本業界にとって重要な課題なのである。

なおステンレスについては、国産のものは弾性係数が不安定であったり、ヒステシスが大きすぎたり（オーステナイト組織）、少しの過圧で割れたり（マルテンサイト組織）する傾向があり、材質そのものあるいは加工、熱処理のいずれの不備によるのかよくわかっていないがやはり改善を要する事項である。

鋼は国産品のほか、強度に対する信頼性・熱処理性・優れたばね性などの観点から、少量ではあるがスウェーデン、オーストリーなどからの輸入材が使われている。国産の優秀なばね鋼の出現も望まれる。

(2) 材料の形態 管、板および棒の3種類の形態が用いられる。棒は鋼に限って使われる。切削による中ぐり、リーマ通しを行なって管状にする。高圧における安全性から、むしろやへヤクラックが残らないことが必要。鋼以外には一般に継目なし引抜管を用いるのが本筋なのであるが、安価なことと、引抜管に比し肉厚やカタサのばらつきが比較的少ないという理由で板を材料とし、これを切って折り曲げたものを銀ろう付けして管にする方法もとられている。黄銅ではかなり広く、また磷青銅には管材が輸入品以外にはないので、必要な場合に行なわれる。板から始める方法はわが国独特のもののようなのである。またごく特別な場合には、磷青銅やステンレ

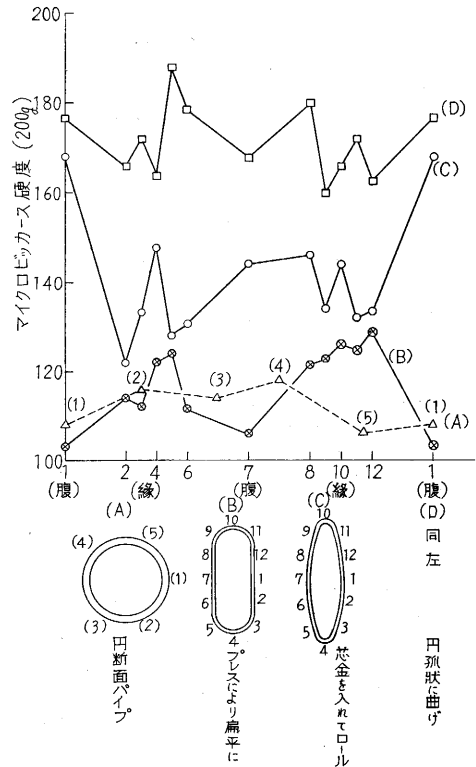
スの板切れをしないで絞っていった、ブルドン管 1 本ずつの管をつくることもあり、これによると質的に最も均一なものがえられるが、板の安価性は失なわれる。通常の板材ではばらつきが少ないといっても 10 数パーセントの厚みの不同はあるし、銀ろう付けに伴う面倒もあるので板材が果たして有利かどうか疑問である。近年精密圧延機による高精度の帯状の板もあるが、ブルドン管に必要な任意厚みのものが市場にあるわけではない。需要量がうんとまとまれば、供給がうけられるかも知れないが。

要は統目なし引抜管の均質なものが円滑に供給されればよいのである。管は金属材料の大メーカーで生産されたものが、直接圧力計工場に入荷するわけではない。管の引抜き専門の中小企業の伸管工場で、ドローベンチにより数回にわけてダイスを通し、切断して熱処理を施し、適当な外径、肉厚およびカタサにしたものが圧力計工場に入るのである。東京に 1 社、西宮に 1 社の計 2 社が、わが国ブルドン管用の引抜管の大部分を供給している。現在ではブルドン管の設計基準がないこと、成形加工におのおの独自の伝統をもっていることなどのために、伸管工場に対する圧力計工場側の要求がまちまちであることも原因として、伸管工場の作業が合理化されていない。これら工場の設備の改善(特に熱処理炉)、技術の向上により、均一な引抜管を確保できるようにすることが、ブルドン管の品質改善の前提条件として欠くことができない。現在のものは長さ約 5 m の管として製造され、2 m くらいに切って供給されているが、ロットごとに、1 ロット中の 1 本ずつに、さらに 1 本の中の部分によりというようにむらがある。

なお引抜管に対する弾性その他の性質の試験法をも確立する必要がある。

b) ブルドン管の製造工程

前出のブルドン管用の材料は、ばね性を高める熱処理法のちがいに、3 種類にわかれる。鋼および 12% Cr ステンレス(マルテンサイト組織)は赤熱状態で成形しておき、後に焼入れ、焼戻しを行なう。ベリリウム銅およびニッケル合金は、いわゆる析出硬化性材料で、溶体比処理をした軟かい状態で成形し、後に時効処理を行なって硬化させる。以上の 2 種では、成形と硬化が別工程なので、比較的処理法とばね性との関連がつかみ易い。第 3 のベリリウム銅を除く銅合金および 18-8 ステンレス(オーステナイト組織)は、冷間加工と低温焼鈍(再結晶温度以下での焼鈍)を組み合わせて硬化させるべき材料なので、ブルドン管の成形中の冷間加工もえられるばね性に影響するという特殊性がある。この冷間加工と低温焼鈍効果との関連については、すでに金属学者による詳細な研究成果があるが、ブルドン管のような複雑な形状のものの場合、また特にアルミブラス、アルブラッ

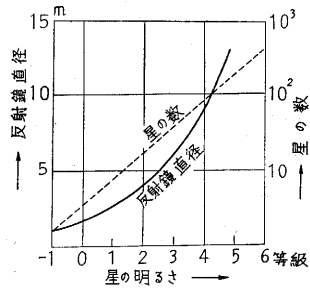


第 2 図 アルミブラス管の加工硬化

クのような特殊材料に対しては、加工度とそのむらとばね性、ヒステレシスや疲労限界に対する影響などの観点から、改めて低温焼鈍効果を十分検討しなければならない。

第 2 図は完全になました(いわゆる O-材)アルミブラス管を、図のような順序でブルドン管に成形する場合のカタサの分布状況を、マイクロピッカースにより測定した実例である。管の長さ方向にもカタサのばらつきを生ずるが、その平均値をとって、周方向の分布だけを示している。これによると、ロールによる成形でかなり大きなカタサのばらつきを生ずることがわかる。しかも較正結果加工度は平均やと 15% くらいなので、低温焼鈍の効果が十分期待できず、むしろこれによりカタサのむらが増大するようになる。したがって一層高い加工度を加えるには、成形ロールの作業をもっと工夫するか、それとも O-材ではなく、引抜工程での加工度を残した管材を使用しなければならない。後の場合には成形工程でわれが入り易いから、ひずみ取り焼鈍が必要となり、けっきよく素材である管の引抜工程と、ブルドン管の成形ロール工程を通じて、加工度と熱処理とをいかに配分したり、組み合わせたりするのが最も有効であるかという問題に帰着する。これはこの種ばねの本質に関係する基本の事柄なのであるが、現在一般に使われている成形ロ

をとると振幅自身の干渉と同じような取扱いができることが明らかにされている。そうすると「ゆらぎ」の変動は光の振動に比べて緩いから、光電管などを用いてもその変化を捕え得るから 4, 5 でのべた干渉の諸測定が電氣的にできることになる。これは画期的なこと、たとえば天体干渉計にこの原理を応用すれば、二つのスリットの位置に光電管をおいてその出力の相関をとればよく、光をそのまま測定するより測定が容易になり、基線長もいくらかでも伸ばすことができる。ただし光の粒子的性質からくる random の「ゆらぎ」すなわち shot noise のため測定が防げられるので、S/N 比はあまりよいものではなく、このための技術的苦心はある。Brown と Twiss はこの原理による最初の干渉計を作り、基線長を大にして光学的な天体干渉計では測定できなかった小さい星 Sirius の視直径を測り 0.0071 秒という値を得ている。光電管の感度に制限せられ、あまり暗い星は測定できないのであるが、測光が目的であるので精度のよい反射鏡は必要でない、小鏡を集めて作った大型の反射鏡でよい。星の明るさ（等級）と必要な反射鏡の直径は第 7 図のようであり、目下 3 等星（北極星は 2 等級）まで測れる 6 m の反射鏡を建設中とのことである。



第 7 図 「ゆらぎ」を用いる干渉計の反射鏡の大きさと星の明るさ

光の現象をこのように統計的に扱うのを統計光学という。レーザからの光は、その特殊な発光機構から考え可干渉度が極めてよく、今までの光とまったく性質の異なるもので、その取扱いもこの統計光学の発展により解明されつつある。

(1963 年 8 月 3 日受理)

本文に述べたことのさらに詳しい解説は下記の諸稿を見られたい。

久保田広「輻射のゆらぎとその応用」科学 31 (1961) 9 月号
久保田広、朝倉利光「コヒーレンス理論の発展」日本物理学会誌 16 (1961) 12 月号

久保田広「コヒーレンスについて」応用物理 31 (1962) 9 月号
久保田広、朝倉利光「光のゆらぎについて」応用物理 近刊
宮本健郎「Patial coherence の理論」応用物理 30 (1961) 3 月号

(11 ページよりつづく)

ールにしても、熱処理設備にしても、条件を十分におさえられるほど精度の高いものでなく、これらの改善をはかって、適正な加工、熱処理法を確立することが急務と考えられる。

なお非鉄金属のばね性を定量的に示すのに、JIS にばね限界値（繰返し曲げによる一種の疲労試験結果を示す値）という特性値の定め方がある。実際にこの試験機を製作している試験機メーカーもあるが、圧力計工場ではこうしたものは、ぜんぜん使用されていない。

以上のようなばねとしての本質的問題のほかにも、まだ種々の問題があるが割愛する。

今後の目標と改善策

欧米の先進国の本工業の実状については詳かにしないが、聞くところによると、200~300 人程度の従業員で、独特な技術と伝統により、少種多量生産を行なっている由である。その製品は均一性の確保に重点がおかれ、不必要な工程をはぶいて、コストの低減をはかっているようである。わが国の本業界はきわめて閉鎖的な特殊社会であって、他にその技術は公開せず、また他分野から新知識を導入することもあまりなくて、今日に到って

る。今後製造技術を高めて、むらの少ない、精度等級の別をもった、信頼性の高い製品を多量生産できるようになることを目標にして、技術の基本になる重要課題の解決に力を注ぐため、他分野からも有用な知識や技術をどしどし導入しなければならない。また業界全体の体制を建て直し、将来は各企業が専門分野にわかれて、少種多量生産が行なわれるよう、合理的な状態に編成がえをする必要もあろう。

さしあたっては、素管メーカーおよび伸管工場との連携の強化、ブルドン管製造工程の厳密な管理、その他の部品の規格の統一および共同の機械加工、各工程中間の検査や試験の励行と、そのための設備機械の充実などの重要事項の具体化が、工業組合が中心になって協議され、実行に移されようとしている。

本年度には、ブルドン管の熱処理に関する共同研究が伸管工場の協力をえて進められている。またさきごろ某社により、構造をごく単純化した製品を、コンベアライン組立方式により大量に生産、ストックすることが試みられたこともあり、こうしたことが刺激になって、本業界もようやく前進を始める機運に向かいつつあるようである。

(1963 年 8 月 1 日受理)