

技 術 資 料

ユーヂンセヂユルネー押出法

川 村 宏 矣*

UGINE-SEJOURNET EXTRUSION PROCESS

—REVIEW—

Koi Kawamura, Dr. Eng.



セヂユルネ氏別邸における同氏と筆者

I. 緒 言

ユーヂン・セヂユルネー押出法 (Ugine Sejournet Extrusion Process) とは硝子質潤滑剤を用いて鋼の棒管, その他各種の型材を高温において押出す方法であつて仏国 C.I.E.P.M 社 (COMPTOIR INDUSTRIEL DÉTIRAGE ET PROFILAGE DE MÉTAUX) の支配人 J. Sejournet 氏を中心とする人々によつて發明された鉄鋼の一熱間加工法でありかつ極めて劃期的のものである。1951 年頃より各種文献^{1)~17)}にも現われわが国においては帝國酸素株式会社を通じて照会されたので急に業界の興味をひくこととなつた。筆者もまたこれに興味を持つた一人であつたが 1955 年 6 月ロンドンにて開かれた万国鑄物會議に出席の往復途上巴里に Sejournet を訪問しかつ親しく工場參觀の機会を与えられ想像以上にその技術の優秀にしてかつ将来性のあることを認め技術提携の予備交渉を行つて帰国した。その後一年を経て日本政府の認可も得られ正式調印も済したので実習員数名を滞同して再びパリに赴き技術修得を終えて帰国後急速にその作業実施に着手した。既に本年 5 月 4 日 日刊工業新聞紙上に報道された通り本年 3 月稼動開始以来諸実験をおおむね完了し今や実生産態勢に這入らんとしている。

本年 4 月には Sejournet 氏一行も来日し約 20 日間にわたつて licencee の指導を行う一方わが国工業技術の全貌を視察して行かれたので今後わが国においては相等広く本技術が利用されんとする運命にある。

この時にあつて本技術の概念を照会し特にその正常なる利用の道を開くことがわが国業界への責務なるを痛感しここに筆を執る次第である。

ただし本技術の内容の詳細は技術契約の条件上發表の自由を有しないが最近の文献並びに Sejournet 氏の東京においてなされし講演等を綜合しかつ筆者の多少の私見を加えて申述べたいと思う。

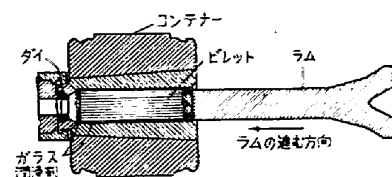
ちなみに Sejournet 氏は 1955 年 10 月本技術の發明ならびに工業化の功績に対して The Institute Medal Day Ceremonies において John Price Wetherill Medal を授けられている¹⁸⁾。アメリカにおいても本技術がが高く評価されかつ最も広く利用されつつあることを附言して置きたい。

II. 本法の特徴

1. 本法の概念

金属の熱間押出法は戦前より世界各国において行われて来た技術で別に珍しいものではないが、それは銅およびその合金ないし軽合金に至るおおむね加工温度の低い金属に適用されたものである。これら非鉄金属の加工温度が 400~650°C 程度であるに対し鉄鋼類では 1100~1250°C の範囲に達し前者に比すればいちじるしい高温である。これが鉄鋼に対する押出法の実現が早くより希望されつつも遅れた主なる理由である。

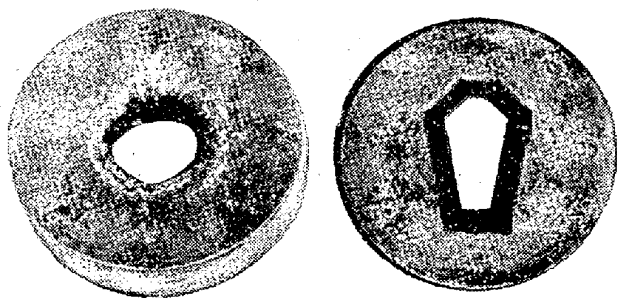
機械としては普通横置き式押出機を用いるがその主要部分は Container, die および ram である。第 1 図は



第 1 図 実体の押出

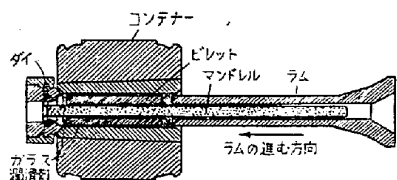
* 株式会社神戸製鋼所顧問, 工学博士

これらの関係位置を示すもので container 内に装入された billet をその一方より ram で押すときは他端に装備した die を通してその形状に応じた断面を持った金属が細長く押出されるのである。これだけならば従来の方法と何等変つたことはないがもしこのままで鉄鋼類を押し出せば container は過熱変形し die は一度で損耗してしまう。第2図は斯くして押出した際の die の



第2図 潤滑剤を用いず 鋼を一回押出した die
第3図 硝子潤滑剤を用いて数十回押出後の die

損耗状況を示すものである。Sejournet 氏はこれが解決のため種々の潤滑剤を研究した結果ついに硝子質のものが最も有効なることを発見した。これが本法発展の端緒である。適当な方法で潤滑の行われたものは dies も製品も数十回の押出後も欠陥を生ぜず円滑に押し出ができる。すなわち第1図に見るごとく金属と Container ならびに dies との間に硝子質潤滑剤の被覆を造り押し出作業中これを保持せしめるのである。第2図はかかる場合数十回の押出後の dies を示すものでなお健全である。また中空材の押出の場合は Ram の中心を貫通する mandrel を用いるがこの場合は金属の中空内面と mandrel の間にも硝子潤滑剤を供給する。その状況は第4図に示す通りである。



第4図 中空材の押出

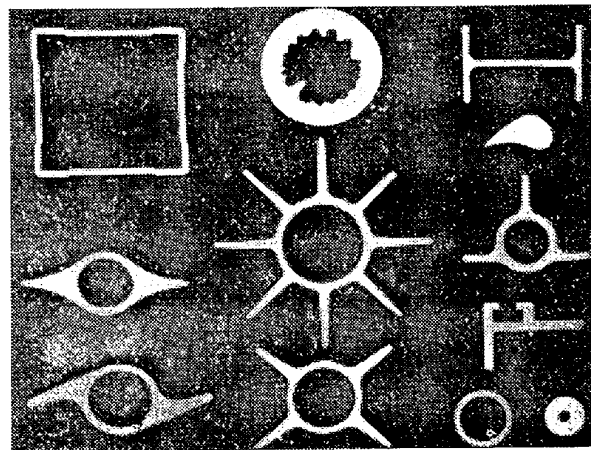
これで押出そのものは可能となつたがこれが実現した結果として当然のこととはいいいながら押出速度がいちじるしく増大したことは本法の偉大なる特徴といわねばならぬ。従来非鉄合金の押出で潤滑剤のない場合は押出速度は毎分数米程度であつたがこの場合は毎秒数米となり最高毎秒 10 米以上も得られた例もある。このことは摩擦の減少にもとづく当然の結果ではあるが、またこのため高温の金属が container 内にとどまる時間を数秒程

度に短縮することとなり硝子剤の断熱作用と相まつて container, mandrel および die の温度上昇を或程度に抑制することとなり本法の可能性を確保することとなるのである。

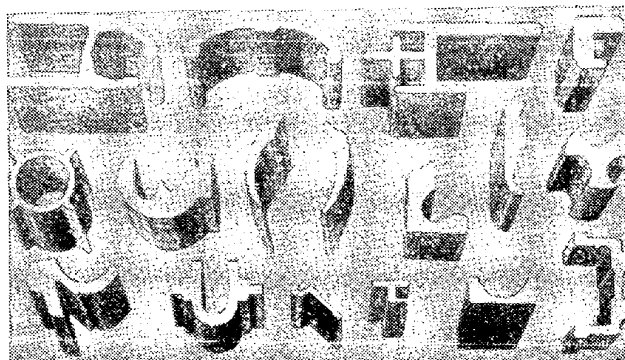
型の形状ならびに mandrel の断面を適当に選べば任意断面の押出材が得られる理であるが、その詳細は後述するとして、ここに本法によつて得られたその代表的断面の例を示すと第5図および第6図の如きものである。これらの中には従来の圧延法或いは製管法等では到底製造不可能のものも多く、またその材質からいっても一般鋼材はもちろん不銹鋼、耐熱鋼等極めて広汎にわたりその利用範囲も益々拡大されんとする傾向にある。

2. 本法発見に至る経過¹²⁾

Sejournet 氏の名刺には anciens élèves de L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE と記されている。フランスの雑誌 Réalités の 1957 年 4 月号には同校の 1929 年入学同期生の名簿と写真がのつているがその中に同氏の名前もあり若かりし時の想像の出来る学生服の姿が見られる。なお本稿カットにある写真と比較すると興味多い。同氏は初め Renault 自動車会社の技師となつたが 1935 年まさに隠退せんとする岳父の要請により C.I.E. P.M. の支配人となつた。



第5図 押出断面の例 (その 1)



第6図 押出断面の例 (その 2)



第 7 図 押出断面の例 (その 3)

当時その工場は冷間引抜型材を製造する小工場であったがその施設中に非鉄金属用の 600 t 押出機と数台の draw bench があつた。いづれも旧式のものであつたのでこれを近代化することが彼の使命であつた。中でも真先に着手すべきは工具の問題であつたので、これに主力を注ぐこととした。それには鋼の maker と接触する必要を感じ Ugine 製鋼会社と関係を持つこととなつた。特に同社の工具鋼部の Labataille 氏と相知ることとなつたが計らずもその後の研究は終始同氏との協同のもとになされた。彼は今日 C.I.E.P.M 社の営業担当重役その人である。

あたかもその頃 Ugine 社においては優秀な耐熱性を持つ新鋼種を完成していたのでこれを鋼材押出用型材料として使つて見れば恐らくすばらしい成績をあげ得るだろうとの予想が同社の技師達の頭に浮んだ。

ここにおいて C.I.E.P.M と Ugine の二社の間に技術ならびに販売協定が成立し両社協力のもとにその実験が行われることとなつた。時を同じくして第二次大戦の勃発となり、初めは国をあげての兵器の生産に従事したがその後ドイツ軍の占領、続いて休戦ということになつたが彼の会社もそのため人員の整理、業種の転換を余儀なくされる状態となつた。しかし彼は最後迄踏み止り、前記の Ugine 社との提携にもとづく押出法の研究に専念することを提案した。

彼は直ちに仕事に取りかかり、差当り間に合せの設備で数個の鋼片を押し出し鋼の押出問題には如何なる困難がひそんでいるかを確認せんと試みた。しかしその結果は実に惨憺たるものであつた。彼はその報告において次の如く結論している。

“鋼材の押出においては潤滑こそ最大の問題であるなお押出材による型の摩滅はその摩擦係数の大なるに起因するものと思われる”。

記録によると二本の鋼片しか押出せなかつたとあるが恐らくその時の型の状況は第 2 図に示した様なものであつたであらう。

1940 年 10 月 30 日 Labataille 氏協力のもとに第 2 回目の実験が行われた。それには 20 個の炭素鋼塊から直径 1"~2" の棒を押し出したがその結果は次の通りであつた。

(1) 鋼の押し出しはあえて困難でない。

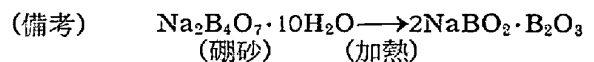
(2) ただし次の如き大なる困難あることを確認した。

(a) 型材料が押出材をかじるため型の表面に疵が出来る。

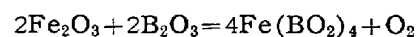
(b) 鋼片の scale の粉が型に固着して押出材に疵をつける。

(c) 押残りの除去ならびに押出材の切り落しの困難

1941 年 6 月新たに構想をねつて試験を行つた。まず型の潤滑を目的として動、植、鉸物のあらゆる潤滑剤を用い、scale の附いたままの鋼片を押し出して見たが何れも失敗に帰した。つぎに鋼片の scale 除去の目的をもつて Container への挿入前木炭粉末中を転がした後押し出して見たがこれも失敗であつた。つぎに木炭粉末に硼砂を混じて見たがこれでもよくなつたとは思えなかつた。ただ押出機の圧力曲線を調べて見ると押出圧力がいちじるしく低下しておりあたかも硼酸ソーダが container 内における鋼片の進行を潤滑するかにみえた。これが実にその後本法の主体をなす硝子潤滑剤発見のヒントとなつたのである。



今仮りに scale を Fe_2O_3 とすれば



すなわち硼酸の存在は単に硼酸ソーダが潤滑作用をなすのみならず scale を溶解せしめることも考えられる。

しかしながらなお重大な要解決事項は型の摩滅ということであつた。上記の実験から硼酸ソーダの作用を観察した結果から当然ながらこれを型の潤滑にも試みた。硼酸は市場には粉末状態のものしか得られなかつたが、型

は押出機の軸に対して垂直に置かれている関係上これに如何にしてうまく供給するかが一つの問題であつた。その時彼の脳裏にひらめいたのは硼砂の粉末を紙袋に充してこれを container 内から型に向つて挿入することであつた。これが最後の解決への鍵となつた。

かくして得られた結果は従前とは全く異なるものであつた。すなわち押出材の引掻疵はほとんど全く消え去り、型の摩滅は減少し押出圧力は格段に低下した。

しかしながらなお型の潤滑法は満足すべきものでなく紙袋を止めて熔融硼砂も用いて見たが脆くて物ならずまた硼砂に他の潤滑剤を混じても思わしい結果が得られなかつた。その頃彼は偶然にも硝子に関する書物を勉強している間に硼酸ソーダを含んでいる多くの硝子のあることを知つた。早速硝子専門家の協力を得て硼砂に硫酸、石灰、ソーダおよびアルミナの適当量を混じて熔融しこれを板状に鑄込んだものを使用することにした。その結果は、型には押出材の凝着した形跡もなく押出材は潤滑剤の薄い層にて覆われその下は極めて平滑であつた。すなわち鋼片、押出材および型の間にはいさきかも接触した様な跡は見られなかつた。また押出後の型の温度も押出前よりわずかに上昇したに過ぎず、しかも Ugine 社の型用耐熱鋼もその必要がなくなつた。

この方法は、よいにはよかつたが、かかる潤滑剤を不断に供給することにはまた困難があつた。ここにおいて彼はかかる溶融剤と一般硝子との組成上の類似点に思い

至つて試みに window glass を切り抜いて使用して見たところその結果はむしろ前よりも良い位であつた。ここにおいて根本問題は一まづ解決した。

その後中空材の潤滑方法、各種形状に応ずる潤滑剤の使用法、ならびに潤滑剤自体の組成ならびに使用時の形態その他につき研究改善し逐次世界各国の特許を獲得して遂に今日の工業的技術を確立した。彼の研究態度の立派さ、不斷の努力、観察の鋭敏、着想の好妙、等我々技術者の範とすべきところが多い。また筆者はこの三年間に当方より二回の渡仏、先方より一回の来日の機会を得て公私の交りを通じ人格もまた稀に見る高潔の紳士たるを知つた。本稿の最初および最後に掲げた写真からもその片影は窺い知られよう。

なお本技術の関係で今日迄日本特許となつてゐるものは第1表の通りである。

3. 本法の利点

本法の利点とするところはこれを工業的見地よりその技術面と経済面の両方から考えて見る必要がある。

A. 技術的利点

a. 従来非鉄金属の範囲にのみ限られていた押出法を鉄鋼その他高熔融金属および合金の範囲に拡張することができたのは何といても本法の根本的利点といわねばならない。

b. 圧延機によつて製造不可能または困難な実体および中空型材も容易に製造できる。

(第1表) 日本特許一覧表

公告番号	公告日	願書番号	出願日	特許番号 特許日	発明の名称
特公昭26—5607	26. 9. 21	特願昭26—3973	26. 3. 17 (優先1941.11.12)	1911346 26. 12. 7	金属の熱押出方法
〳昭26—5608	26. 9. 21	〳昭26—3974	26. 3. 17 (〳 1942. 7.12)	191529 29. 12. 13	金属の熱押出方法の改良
〳昭28—4759	28. 9. 24	〳昭25—3524	26. 3. 8 (〳 1950. 3.10)	206533 26. 6. 30	金属の熱間加工における減摩方法
〳昭28—6267	28. 12. 7	〳昭27—12532	27. 8. 8 (〳 1951. 8.22)	204832 29. 3. 30	金属の熱間押出方法
〳昭29—3762	29. 6. 28	〳昭27—12533	27. 8. 8 (〳 1951.10.15)	208254 29. 9. 17	金属片の熱間穿孔法
〳昭30—863	30. 2. 12	〳昭28—11582	28. 6. 27 (〳 1952. 7. 1)	213458 30. 5. 13	プレスによる金属の熱間押出方法
〳昭30—2272	30. 4. 5	〳昭28—1197	28. 1. 23 (〳 1952. 1.28)	214615 30. 7. 5	金属の熱間押出プレス
〳昭30—3061	30. 5. 9	〳昭28—17765	28. 9. 30 (〳 1952.10. 1)	215518 30. 8. 15	合成金属片の熱間押出方法

c. 材質的に鍛造または圧延の困難なものまたは歩留の極めて低い材料例えば高合金耐熱鋼の如きものにも応用できる。

d. 前項のような材料も一度押出した後は鍛造，圧延が容易となる。

e. 押出速度が極めて高いので押出機のこれに応ずる操作装置を設置すれば1台の押出機の能力はいらじるしく向上する。

f. 銅，アルミニウム，チタニウム等の諸金属および合金の本法による押出方法も逐次解決されつつあり，従来の押出法に比し数10倍の押出速度の得られることも明らかとなった。

g. 機械部品の設計上これを適当に利用すると次の如き利益が期待できる。

(i) 加熱度，熱交換機等に対し内外異形管或いは縮付管を利用することにより伝熱効率をいちじるしく向上し全体の重量体積の低減が可能である。

(ii) 適当な断面を考慮すれば押出後切断ならびに簡単な加工のみにて直ちに機械部品として使用し得て，機械工数の節減ならびに材料歩留の向上を計り得る。

(iii) 精度，表面状況等要求により冷間引抜法の併用により向上し得る。

B. 経済的利点

a. 圧延設備に比すれば比較的安価に設備出来る。

b. 製品の種類の変化に応じて比較的簡単に工具および型の取替えのみにてこれに応じ得る。

c. 製品の種類の変化に応じ得る一方これに要する素材の手持寸度は container の径の変化にもとづく二，三種類だけでよい。

d. 諸工具および型は製作が容易である。またその材質も従来の押出機に用いるもの以上に特別なものを要しない。最近の技術の発達によれば溶接による型の修理も可能であり，またその製造にも shell mould を利用すると安価な製造方法が考えられつつある。

e. 押出工具の設計製造もすでに単なる芸術たりし時代を過ぎ一定法則のもとに行い得ることとなった。従つて新しい形状のものを製造する場合も時間と費用を左程必要としない。

次に二，三の実例につき本法の採用によつて材料および時間の節約が如何に顕著であるかを示して見よう。

(例1) 銃尾用箱型部品 (第8図)

半硬鋼 仕上り重量 0.75 kg

A. 棒材より出発し milling 加工および溶接による場合

工程 10, 所要時間 4時間0分

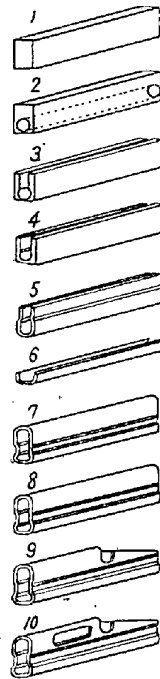
B. 押出後冷間引抜材より出発する場合 (第10図)

工程 3 所要時間 40分

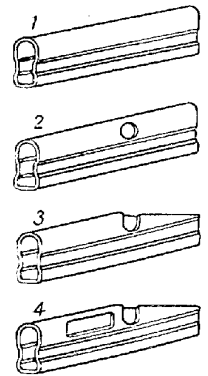
すなわち1箇の製作に要する時間の節約 3時間20分

1箇についての材料節約 3kg 161g

この例においては時間の節約もさりながら材料節約量は極めて大きい。



第8図 筒形銃尾製品



第10図

第9図 従来の工程

本法利用による工程

(例2) 錠環 (第11図) 軟銅，重量 0.057 kg

A. 引抜平角材より出発する場合 (第12図)

工程 5, 100個の所要時間 20時間0分

B. 押出後冷却引抜材を使用する場合

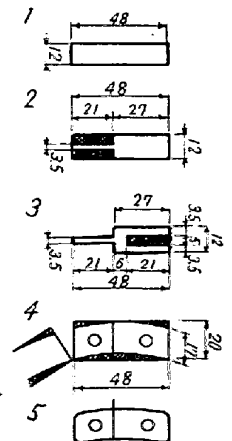
工程 3 (前者の 3, 4 および 5 工程),

100個の所要時間 15時間

すなわち100個に対し所要時間5時間，材料 5.400 kg の節約となる。



第11図 錠環



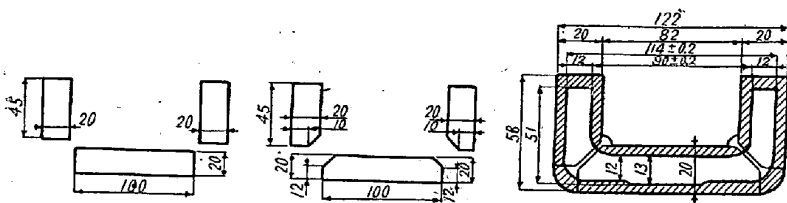
第12図 平角材を用いる場合

(例3) 車輛支柱(第13図), 半硬鋼,
仕上り重量 47,700 kg

A. 圧延平角材を用いる場合(第13図).

工程	所要時間
	h m
1. 3本の平角材の切断長さ 2m400	0-03
2. 接合角度付け	2-00
3. 3個の平角材溶接	1-15
4. 仕上	0-45
5. 切断, milling	10-30
計	14-03

B. 押出後冷間引抜材による場合一切断の 0-03
みすなわち時間の節約は絶対的で, 材料もまた約 60%
の節約となる。



第13図 平角材より車輛支柱を作る場合

III. 押出力

従来的一般押出加工を行う場合のこれに要する力を与える公式を求めることは極めて困難なことであるが潤滑剤を用いた場合には与えられたる金属に対し一定の温度においてはその公式が理論的に導き出されておりかつ幾多の実験によりこれが確認されている¹³⁾。

第14図において F を半径 R なる container 内において長さ l なる billet を押出すに要する total force とする。また厚さ dl なる金属の薄層が型より l なる距離にありとする。今押出中の金属と container 間の摩擦係数を f とすれば

$$dF = 2\pi R f \frac{F}{\pi R^2} dl$$

従つて, $\frac{dF}{F} = 2 \frac{f dl}{R}$

$$\text{また } F = F_0 e^{2 \frac{fl}{R}} \dots (1)$$

F_0 は $l=0$ なるときの押出力を示す。換言すれば F_0 は押出操作の終点において、もはや摩擦の存在しない時の押出力である。

Siebel によれば変形に要する力はその変形断面積と変形に対する全抵抗の相乗積に等しい。また彼は変形とその変形物質の変形前後の断面積の比の Neper 対数(自然対数)と考えている。

今 S を押出された材料の断面とすれば $\frac{\pi R^2}{S}$ なる比 δ を一般に押出比 (extrusion ratio) と呼んでいる。押出温度において考えられる変形抵抗を ρ とすれば

$$F_0 = \pi R^2 \rho \log \delta \dots (2)$$

押出中の任意の時間における押出力を与える一般式は (1) および (2) より導かれる。すなわち

$$F = \pi R^2 \rho \log \delta e^{2f \frac{l}{R}} \dots (3)$$

同様にして内径 $2r$ なる管の押出に対しては次式が与えられる。

$$F = \pi (R^2 - r^2) \rho \log \delta e^{2f \frac{l}{R-r}}$$

ここに注意すべきは硝子潤滑法を採用するときは型に対する摩擦にもとづく抵抗力は作業力に比すれば考慮する必要がないということである。

この式は押出中の圧力を測定することと一方使用される潤滑剤の摩擦係数およびその時の温度における押出金属の変形抵抗を各種の場合に測定して check することができる。

水圧押出プレスにおいてはその cylinder に供給される水圧力を測定することは容易である。Ram によつて billet に与えられる total force を F , 押出操作の終点すなわち $l=0$ の時における力を F' にて表わすとすれば (3) から

$$\rho = \frac{F'}{\pi R^2} \cdot \frac{1}{\log \delta}$$

これから δ すなわち押出材と billet の寸法を知れば ρ を求めることができる。

同様にまた押出の開始および終りににおける力 F および F' を知れば

$$\frac{F}{F'} = e^{2f \frac{l}{R}}$$

これから

$$f = \frac{R}{2l} \log \frac{F}{F'}$$

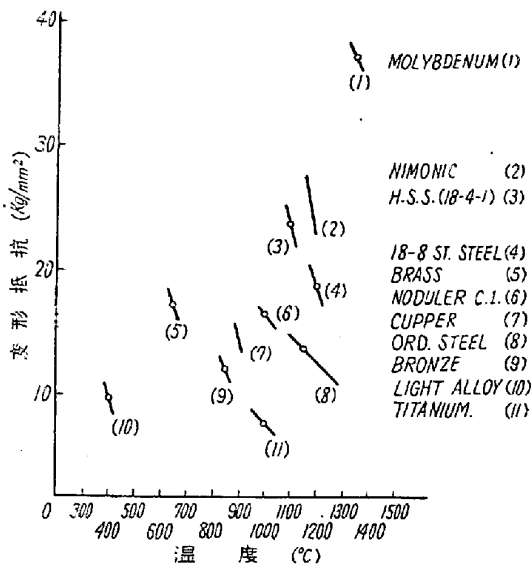
この式から摩擦係数を計算することもできる。

鉄鋼の場合においてもまた非鉄金属(銅および軽合金)の場合においても単に硝子潤滑剤を用いるということのみによつて摩擦係数を驚異的に減少するものなることが明らかとなつた。多くの場合において、特に鋼の押出の場合に対しては摩擦係数は潤滑不充分の場合に 0.05,

また非鉄金属の場合一般に行われているように潤滑剤を使用しなければ 0.12 という値なるにも拘らず硝子潤滑を行えばほとんど問題ならない程度に低下する。

摩擦係数の項には超越函数の係数を含んでいるのでその値が小さいといつても *billet* の長さが増加すると押出圧力は著しく増加する。実際工業的押出作業の場合はあたかもこの場合に相当する。

一つの合金を各種の異なる温度で押出すときは押出圧力はその温度と共に変化する。上記の式から押出温度における合金の変形抵抗を計算することができる。かくして各種の合金に対し温度変化にもとづく変形抵抗の曲線を画くことができる。押出温度範囲内においてはこれらの曲線は第 15 図に示すように直線となる。同図は主なる金属および合金の変形抵抗を示す。



第15図 各種金属及び合金の変形抵抗

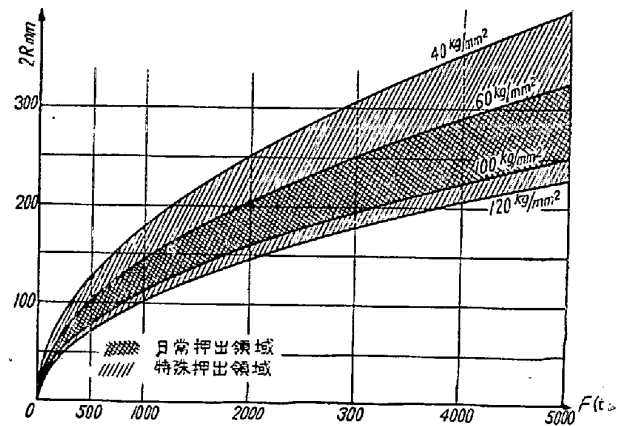
われわれが押出に対する変形抵抗とは押出公式を適用した結果から得られた数値をいうのであるが、これは別的高温における各種の試験方法例えば *creep test*, あるいは *rapture test* 等より得られた結果と簡単な関係を持つてることが明らかにされている。

Container 内の比圧力は明らかに $p = \frac{F}{\pi R^2}$ であり實際上この値は 40 kg/mm² と 120 kg/mm² の間にある、この式より各種の p に対して F と R の関係を求めると第 16 図の如くなる。また前掲の δ を求める式において

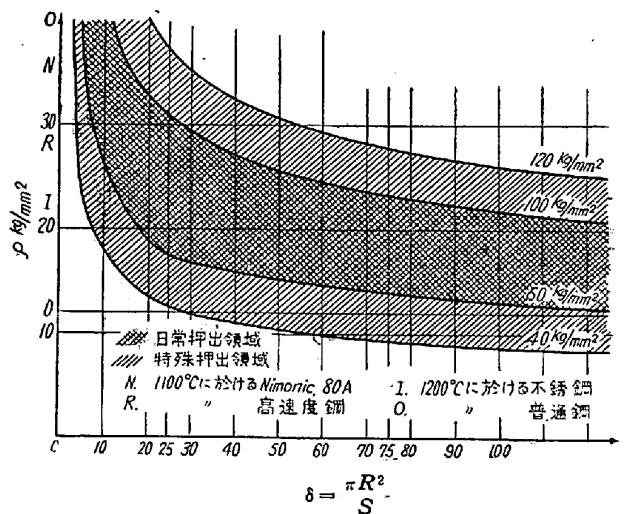
$$\frac{F'}{\pi R^2} = p' \text{ とすれば}$$

$$p = p' \frac{1}{\log \delta}$$

これより p と δ との関係の各種の p' に対して求めると第 17 図が得られる。



第16図 押出力と container の円径との関係



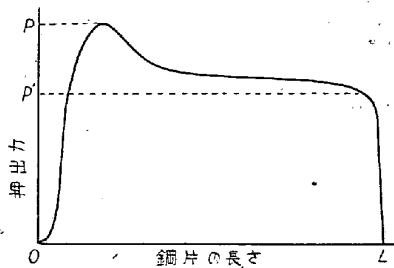
第17図 押出比と変形抵抗との関係

さて押出機が決定すれば p は container の内半径によつて定まる。もしこの半径 R を過大に選ぶと p は低くなり一方材料と押出温度が決定すればその変形抵抗 ρ は定まるからその時の ρ よりも p が低くなれば押出作業に充分な力が得られない。また逆に R を過小に採ると p は高くなつて Container がこれに耐えなくなり変形或いは破裂を起すかまたは *ram* が焼付を生ずる。

第 16 図および第 17 図において $p=60 \text{ kg/mm}^2$ および $p=100 \text{ kg/mm}^2$ の二種の曲線に囲まれた部分は日常使用範囲であり、その両外側の $p=60 \text{ kg/mm}^2$ および $p=120 \text{ kg/mm}^2$ のとの間の部分は例外的に使用される範囲である。

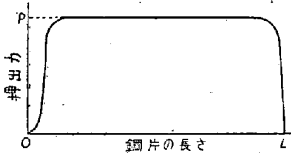
普通鋼は変形抵抗が低いためその押出性が極めて高い。実験結果によれば押出比 225 まで実施可能であつた。これは直径 120 mm の円形鋼片から 10 mm × 5 mm の平角材を押出す場合に相当する。($\pi/4 \times 120^2 / 10 \times 5$) これと反対に耐熱性の大なる鋼では加工性ははるかに低下する。例えば *nimonic* 系の耐熱合金では如何なる押出機を使用しても押出比 80 以上の延伸は見られない。

押出公式から、もしわれわれが ram の各位置に対する押出所要力を記録することができるならばその曲線は第18図に示す様な一般的形状を持つだろうことが予測できる。すなわち初めは高くそれから押出の進行と共に連続的に低下している。その押出終期においてはその力は摩擦なき場合に押出に必要な値に相当している。



第18図 押出曲線—標準型

われわれは摩擦係数 f は使用される潤滑剤の品質によ

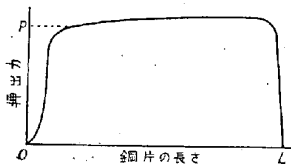


第19図

押出曲線—摩擦なき場合

つて変化することを認めている。適当な硝子を選べば f の値は無視し得る程度となり圧力は始動時の時よりほとんど増加しない。第19図はこの場合の曲線で水平な曲線が記録されている。

押しを緩徐に行いこれを精密に記録すると押出経過と共に圧力が増加することさえ認められる。このことは



第20図

押出曲線—緩徐線出

押しを緩徐に行いこれを精密に記録すると押出経過と共に鋼片が冷却することを意味している。かくして変形抵抗 p の増加となり、押出に必要な total force は押出の進むと共に増加する。第20図はこれを示す。

結局不適当な潤滑剤を用いて緩徐な押しを行うときは押出の初めと終りに各々最大を示す様な曲線が記録される。これは鋼片の冷却にもとづく抵抗増加が摩擦の低下によつて償い切れないからである。

IV. 硝子潤滑機構

ここに Container 内にある鋼片を考えると次の様な各面に対して潤滑が行われなければならないことが容易にわかるであろう。

- 1) 鋼片の前面すなわち型の面に対して摩擦する面であつてこれが最も重要なものである。
- 2) Container の内面と摩擦する鋼片の外面。
- 3) 管の押出の場合には mandrel の表面と擦れ合う

鋼片の内面。

1. 鋼片前面の潤滑

今ここに冷たい型と加熱された鋼片との間に置かれた硝子の厚い板を考えて見よう。この加熱された鋼と冷たい型との間に置かれた硝子の厚さの中で如何なる現象が起るかが研究問題である。第21図においては横軸に硝子板の厚さを、縦軸に硝子の温度をとつてある。まず型に接する硝子の部分は型の温度に近い温度となり、鋼片に接する部分では急激に鋼片の温度に極めて近い温度にまで上昇する。 $t=0$ すなわち押出の開始の瞬間においては未だ何等熱の移動する時間がないので硝子板中における温度の平衡を示す曲線は両端を左右両縦軸上に置き横軸に極めて接近した位置を取ることができる。実際には熱の交換が直ちに行われて $t=1$ 秒という極めて短時後における温度の平衡曲線は計算して得られるがその形状は図に示す様なものとなる。この際鋼片は $40\sim 120\text{kg/mm}^2$ という高い比圧力で硝子の上に押し当てられる。その圧力下において流動し得る温度以上の温度に保たれた硝子層は全部それよりも先に通過する全層の動きにより引きつられ、型内を通過すると共に押し出され、かくして押し出される全層の表面は一樣な硝子層で被覆されて行く。図面の上で 1073°C 以上の温度となつている硝子が押し出されるとすれば厚さ $1/10\text{mm}$ の硝子がこれにあづかっていることがわかる。

粘りかつ流動する硝子層が圧力のために分離して行くに従つて新しい硝子層が熱い鋼片に触れ次々に流れて同様に分離して行く。最後には押出材は 20μ 程度の硝子層で被われている。

かくして硝子による潤滑は次の如き特性を持つことが必要欠くべからざるものなることが知られる。すなわち連続的の溶解性を持ち金属によつて引きつられるようではなくてはならぬ。すなわち潤滑剤は粘性溶解をなすものでなくてはならない。もし用いられるべき潤滑剤が定点溶解をするものであると不連続的に押し出され従つて連続的に均一層を形成することができず、かくて好ましい結果は望み得べくもない。

押しに使用し得る硝子の各種組成の特性を研究するために Saint-Gobain 硝子会社の Chauny & Cirey 研究所では放射性硝子を用いる新しい技術の開発に着手した。かくして押し出材や工具の表面に附いた硝子の各部の厚さを驚くべき精度で決定することができるようになった¹⁸⁾。

硝子膜の厚さに関する要素は極めて多い。これはこの硝子は時間と、その硝子板の厚さそれ自身によつて決

定される一つの規準にもとづいて作られたものであり、かつ押出速度が極めて重要なものなることが知られているからである。

型の設計はもちろん一般問題としてその他の工具の設計の良否は硝子の膜ならびに金属それ自身の一様な流れを得るため第一に重要なこととなる。実際作業において押出作業が数秒間しか継続せずかつ極端な短時間の間に高度の変形を与える加工過程が実現するものとすれば毎秒6米程度の高速度で押出が行われていることとなる。

押出作業中高圧のもとにおける潤滑において有効な役割を実現するような硝子の備うべき主なる特性としては熱拡散係数ならびに粘性係数の二つである。

熱拡散係数は熱伝導率 (λ) と比熱 (γ) に比重 (C) を乗じた積との比 $\lambda/\gamma C$ にて表わされる。これはすなわち高温金属からその際使用されている硝子が如何に熱を伝え得るかの能力を意味するものである。実用上大部分の硝子は互いにほとんど相似た拡散係数を有しているのでその差を利用するほどに研究が進んでいない。これに反し粘性係数の方は化学組成の変化によつていちじるしい差を生ずるものである。押出作業上はその作業温度における粘性係数は狭い限界内になければならない。従つてその押出温度に応じて各々適当な硝子を選択しなくてはならない。今日においては、われわれはあらゆる工業生産において良好なる結果を与えるような広範囲の粘性係数を有する重要な一連の硝子状製品を準備し得るに至つている。

研究の初期においては型の潤滑に対する板状のものにしるまたは mandrel の潤滑に用いる管状のものにしる何れも鑄込み硝子を用いていた。その当時当面した主なる困難はこれらの硝子板や管を高温の鋼片に急に接触させると崩壊してしまうことであつた。その硝子の破片は押出材の表面に欠点を生ずる原因となつた。そこで他の物理的形態を有する硝子すなわち蜂巢状硝子、硝子繊維毛状硝子、織物等各種のものが研究された。今日量的に使用されているものは各種粒度の混合よりなる硝子粉末であつて入手容易かつ安価のものである。

2. 外面の潤滑

この場合硝子は一般潤滑の場合と同様の作用をするので問題の解決は容易である。鋼片が Container に挿入される前に硝子潤滑剤で包んでしまえばよい。充分注意して行えば金属の表面に硝子が油の如く一様に流れ拡つて行く。鋼片の外面を潤滑するときには潤滑を行わない場合に比してはるかに長い製品を押出すことができる。押出当初の圧力もいちじるしく低い。

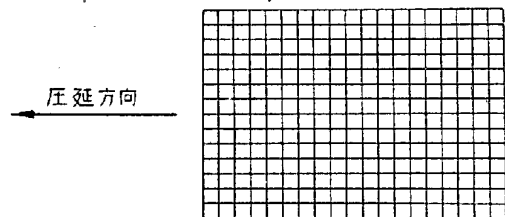
3. 内面の潤滑

原理は外面潤滑の場合も同様である。初めの内は極めて不便な硝子管を使つた。この硝子管はその後毛状硝子で置き換えられたが遂に今日においては押し直前に鋼片の孔の内面に硝子粉末を挿入するやり方に変つている。

V. 押出中の金属の流れ

押出のさい潤滑剤の存否により如何なる相違があるかを目に見える形において出現するために次の如き方法が採用された。

円い billet を軸を含む一つの面に沿つて二分しその断面に碁盤目を刻む(第21図)。この半分ずつを溶接で再び組合せた上これを一部だけ押し出し、押出後再び二つに分ける。この碁盤目に刻んだ細い溝に適当な物質を詰め込んで置けば押し出し後この溝が伸びて変形過程を明瞭に示すことが認められる。



第21図 鋼片縦断面に刻まれた碁盤目溝



第22図 従来の押出法における金属の流れ

第23図 ガラス潤滑押出法における金属の流れ

第22図は軽合金を従来法によつて潤滑剤なしに押し出した場合の金属の流れを示すものである。これによると鋼片の外部よりも内部が先に押し出され、型に接する部分はその位置に残留する傾向を持つのでその型の部分の摩擦は増加し、一方鋼片周辺は冷却して変形抵抗は増加する様子がうかがい知られる。このことは型の入口の或角度内に金属の動かない部分を生ずる。これを“dead angle” (死角) という。この死角の存在は潤滑剤無しの場合遭遇する幾多の厄介な問題を起す原因となる。第24図はこの場合の肉眼組織であるが上記の現象を示すような碁盤目の残つているのが見られる。

第23図にこれに反して硝子潤滑剤を用いた鋼の押出の場合の金属の流れを示している。これによつて金属は異

VI. 押出製品の諸性質

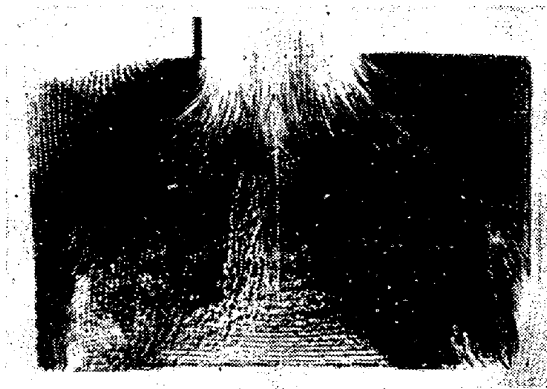
押出法には他の方法とは明らかに異なる幾つかの特性がある。

1. 材料の変形が三主応力の方向に沿って行われる。このことは型の設計を適当にすれば部分的に張力を生ずるようなところを生ぜしめないこととなる。従つて普通の方法で加工すれば破壊を生じ易いような材料も押出可能となる。例えば 18%W 高速度鋼, 60%Co の S 816 アメリカ耐熱合金, 球状黒鉛鑄鉄, nimonic 耐熱型合金等が挙げられる。

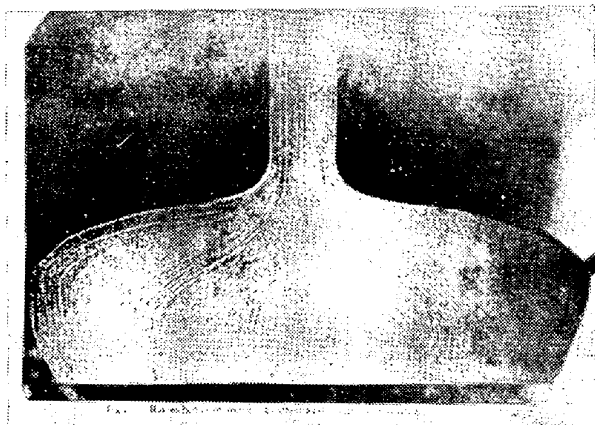
2. わずかに数秒間で完了するような押出操作で加工される金属として特有の金相学的特性を保有せしめる。不銹鋼や高速度鋼を例にとるとこれらの材料はその加工温度範囲に極めて厳しい限界があるので特に押出の特徴が発揮される。すなわち等温加工が行われるため押出材の顕微鏡組織の不均一をさけることができる。第 27 図および第 28 図はそれぞれ 321 型および 304 型不銹鋼の押出管の熱処理後の顕微鏡組織を示すものであるが何れも適正のものである。

3. 押出製品の表面状況は平滑度においてまた精度において何れも圧延材に勝る。高級の棒および管の熱間押出材はその品質において熱間圧延材と冷間引抜または機械加工材との中間に位する。

4. 押出法によつて異種金属の組合せ棒および管が容易にできる。例えば内部が不銹鋼で外部が普通鋼またはその他の合金である管の如きものである。第 5 図右下方にある管はこれを示している。



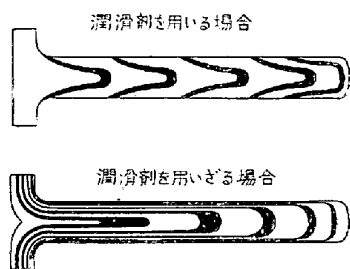
第24図 潤滑剤を用いざる軽合金の肉眼組織



第25図 硝子潤滑剤を用いた場合の鋼片の肉眼組織

状の変形をすることなく、しかもその変形は型の直前においてのみ起り、鋼片の各層がこの範囲に達するに従つて次々とこの過程が進められて行くことが知られる。特に注意すべきは鋼片の表面がそのまま押出材の表面となつて行くことである。

第 26 図は潤滑剤を用いた場合としからざる場合の押出材の構造を示す模型図である。適当な潤滑剤を用いた場合の押出材は一端から他端に至るまで一様な構造を有し機械的性質も変動の少ないことを示している。これに反し潤滑剤を用いない従来の方法によるものは部分的に組織構造を異にしている。今後はこれらに対してもよりよき構造を与えるような技術上の改善が望ましいことはいうまでもない。



第26図 押出材の組織構造説明図



第27図 321 型不銹鋼押出管の熱処理後の顕微鏡組織 ×200(1/2)



第28図 304型不銹鋼押出管の熱処理後の顕微鏡組織 ×200(1/2)

VI. 所要設備

1. 加熱炉

すでに述べたところにより明らかなごとく潤滑剤を用いる押出においては鋼片の外表面が伸びてそのまま押出材の表面を形成する。さらにまた鋼片は Container 内に閉ぢ込められているから型を通じて流れ出る他に道はない。そのため鋼片の表面に附着せる酸化物または不純物は鋼片自体に埋め込まれ押出材の表面に現われてくる。従つて潤滑剤を用いる押出作業に対してはその鋼片を押し出温度まで加熱する間に表面酸化を生じないように考慮する必要がある。かつては二つの工程を別けて加熱を行った。すなわち普通鋼では 650°C 、不銹鋼では 850°C までをガス炉において無酸化予備加熱を行い、これに続いて普通塩化バリウム (barium chloride) の salt bath を浸漬電極を用いて加熱しこれによつて最終加熱を行った。この加熱法は押出法には極めて都合のよいものではあるがその保持法が完全でないと製造原価が高いものとなる。それでも製品価格の高いもの特に不銹鋼や耐熱鋼のようなものに対しては実用し得るものである。

他の加熱技術で scale を生じないで十分採算の採れるものが逐次進歩しつつある。次にその数例を挙げる。

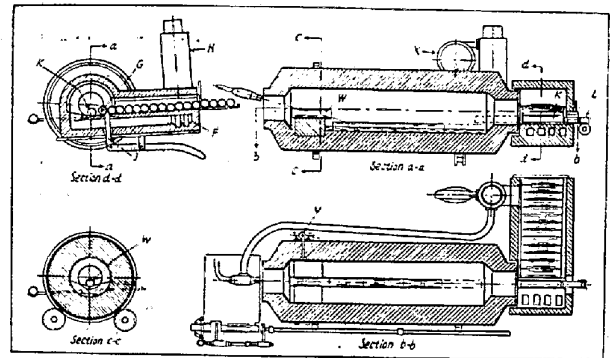
a) 低周波誘導加熱法

この方法は主としてアメリカにおいて発達しつつあるもので普通必要とするように数時間も加熱を行うことなく、billet が一つずつ次から次へと加熱されて行く。その据付所要面積は少なく全装置を自動式とすることができるので工賃の安い国においては評判がよい。普通鋼を

取扱う場合はヘリウムガス雰囲気内で加熱を行い満足すべき結果が得られている。唯一の欠点としては設備費が高いことでこれがこの種の炉が欧州において普及していない理由である。

b) 硝子炉

他の一つの解決方法としてイタリーの FIAV L. Mazzacchera で初められたものである¹⁹⁾。これは水平軸の周りに回転する一種の硝子炉である。第29図はその詳細を示す。一端に附したガスバーナーにより軸方向に加熱される。鋼片は炉の下部に少量溶けた硝子の中で転



第29図 Balestra 式硝子炉

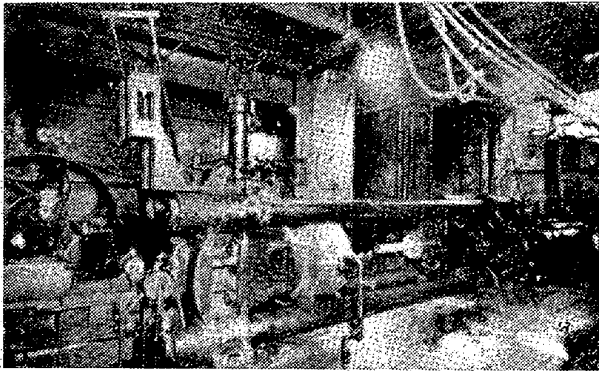
動するようになっている。硝子は鋼片の酸化を防止すること、またすでに生じていた酸化物を溶かす作用をする。従つて鋼片は圧延したままで特に scale を除くことなく使用できる。この炉は O. Balestra 氏の特許となっている。この炉は普通鋼の小型鋼片を加熱するには好適であるが大型鋼片または鋼種が種々異なるような場合は多少の困難を伴つて来る。

c) イギリスの Incandescent Heat 社は独自の研究により熱回収装置 (récupérateur) を備えたガス炉で不完全燃焼を行わしつつもお経済的に無酸化加熱が行えるものの研究を進めている。実験の結果は良好で近くドイツにて大型のものが稼動する予定である。C.I.E.P.M の Persan 工場では小型の試験炉を備えて研究しているが最も問題となるのは供給ガスの組成の変動である。従つて天然ガスを用いられるところでは便利であるがいわゆる town gas はこの点困難を生じることが多いとの結論である。アメリカの Lithium Corporation でもこの原理にもとづく炉を建設し稼動している。

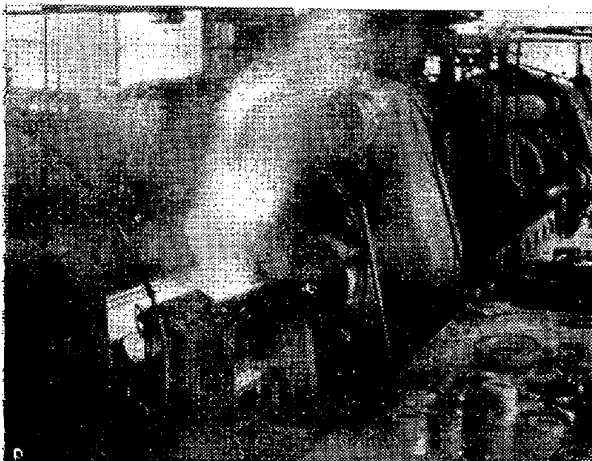
2. 水圧押出プレス

鋼の押出に初めて使用されたプレスは C.I.E.P.M. が Paris で使用していた非鉄金属押出用 600 t 水圧プレスであつたが旧式のものであつたのでこれを工業的生産に用いるためには相当の改造を必要とした。Persan 工場

には Morane の 1500 t 水圧プレスが据付けられたがこれも経済生産を行うためにはかなりの改造を要した。これが今日同工場で稼動しているものであるがその後外国に対して技術援助契約が行われた時はこの経験を生かしてこれに用いるプレスが造られた。今日においては鋼の押出機に対する主なる重要事項は知り尽されもはやこれ以上基本的改造事項はなくなつたようである。



第30図 Sejournet 氏が最初鋼の押出に使用した 600 t 押出機



第31図 現 C.I.E.P.M Persan 工場において稼動中の Morane 1500 t 押出機

Sejournet 氏は非鉄金属用押出機を鋼用に改造する場合のことについては近刊の *Revue de la Société Française de Métallurgie* に発表するといわれているがその要点は次の如くである。

Ram の接近および押出速度の迅速化

押出材の切断および押滓 (discard) の除去装置型

および die-holder の保持装置

摺動部分の硝子粉による摩擦防護装置

3. Mechanical プレス

水圧プレスと mechanical プレスの優劣は種々論じられているがその主なる点は次の如くである。

a) 毎時間の押出回数は mechanical プレスの方が容易に増加し得る。従つて生産量は大となり生産原価を

低下し得る。

b) 同一押出回数による押出材料の重量は同一押出力の両種のプレスでも水圧プレスの方が大である。これは mechanical プレスは一般に垂直に設置されるため押出材の長さに制限が置かれることも一理由である。

c) 以上のことから実際同一能力の機械では毎時間の押出全重量には大差がない。

d) mechanical プレスでは押出過程における圧力と速度の変動の多いことは特に劣つている点である。

e) mechanical プレスは特に同一製品を多数造るときには効力を発揮する。

f) mechanical プレスには力量の限度があり、一般に 2000~2500 t 以上のものは水圧プレスしか造らない。

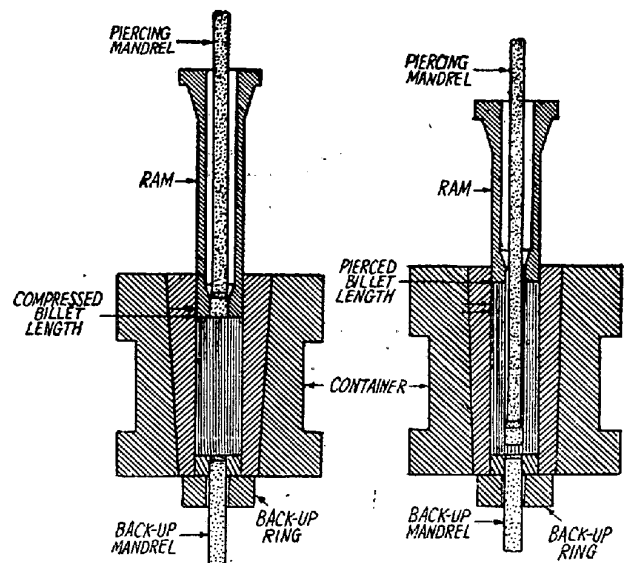
4. Piercing プレス

管材を押出す場合はこれに先立つて billet に予め穿孔しなければならぬ。これに用いる piercing プレスは特別のものを必ずしも要しない。これにも硝子潤滑を適用することにより円形鋼片を使用することができ、材料が ram に沿つて昇つてくることにより穿孔される。この場合において最も重要なことは centering のよい中空材を造ることであり、そのためには container 内で圧縮することが好ましい。

一般に硝子潤滑剤を用いて行われる piercing は次の 4 過程から成つている。

a) 圧縮, b) 穿孔, c) 底抜, d) 取出

第 32 図はこの状況を示す。



第32図 Piercing 過程

5. 洗滌

押出材は金属の酸化物と硝子の混合物の薄い被膜で覆われている。この被覆除去のため用いられる主なる方法は次の如くである。

a) 酸洗

弗酸と硫酸の混合液

b) 溶融ソーダまたは苛性ソーダ

c) Shot blast

この最後の方法は特によい結果を与える。特に炭素鋼の押出型材の場合効果的である。かつ化学的方法に比し安価である。

硝子被覆の厚さはすでに述べた如く約 20 μ であるからこれを取除くことはさして苦勞ではない。上記の化学的方法は従来の硫酸を用いる方法よりやや高価につく。棒または管の冷却中に生ずる酸化被膜を除去する場合には溶融ソーダを用いる方法と Shot blast とはその費用において大差がない。

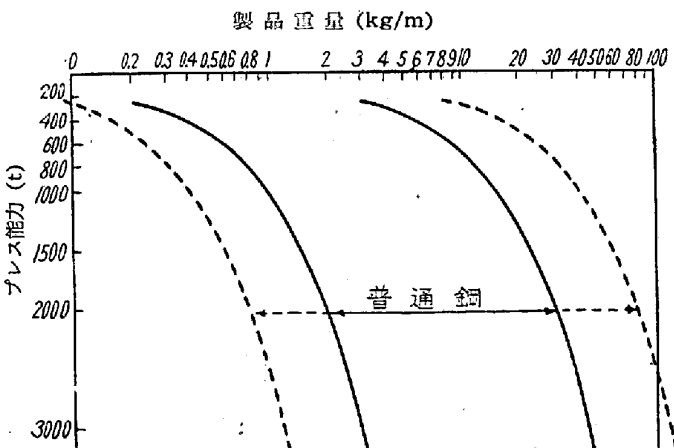
6. 押出プレスを選択

押出プレスの選択上次の二つの事項が考慮されねばならない。

a) 製品の最大および最小寸法

b) 最大ならびに最小生産 t 数

一般にはプレスの能力を増せば製品の寸法は大となり

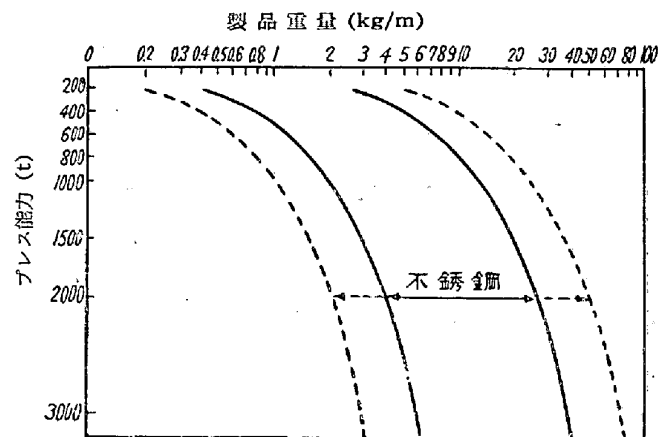


第33図 押出プレス能力と製品重量 (kg/m) (炭素鋼)

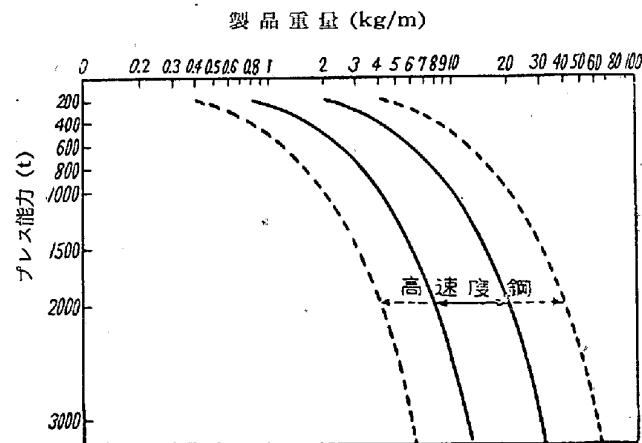
毎時の生産 t 数は増加する。

第 33~35 図は押出プレスの能力に相当する製品 (実体) 重量 (kg/m) との関係を示したものである。これらの実線で挟まれた部分は経済生産に適する範囲を示し、その両側点線までの範囲は理論的に可能ではあるが生産原価が急に上ることを意味する。

第 2 および第 3 表は普通鋼および不銹鋼の管を造る場



第34図 押出プレス能力と製品重量 (kg/m) (不銹鋼)



第35図 押出プレス能力と製品重量 (kg/m) (高速度鋼)

第 2 表 普通鋼または低合金鋼管適正寸度

プレス能力 (t)	管の厚さ (mm)	3	5	10	15	20	25	30
3000	外径 (mm) O. D	40~260	40~280	50~260	60~220	60~210		100
	長さ (mm) L	25~12	25~6	20~5	15~6	12~5		6
4000	O. D	70~340	60~360	60~340	60~320	60~280		
	L	25~12	25~7	25~5	18~5	15~6		
5000	O. D	70~300	80~400	100~380	100~340	90~340	110~270	100~230
	L	25~10	25~5	25~5	20~5	20~6	10~6	6
6000	O. D		250	100~420	100~380	100~360	100~330	100~320
	L		8	10~6	15~6	20~5	15~6	13*6

第3表 不銹鋼管適正寸度

プレス能力 (t)	管の厚さ (mm)	3	5	10	15	20	25	30
3000	外径 (mm) O. D	80~240	90~280	50~260	60~210	60~200		
	長さ (mm) L	16~6	16~5	15~5	15~5	12~4		
4000	O. D	80~250	70~320	70~280	60~260	70~240		
	L	20~10	20~5	20~5	18~5	15~5		
5000	O. D	90~260	120~360	100~380	120~320	120~280	110~210	100~200
	L	20~10	15~5	17~5	15~5	10~5	9~5	6~5
6000	O. D			140~420	140~340	130~340	120~320	100~300
	L			10~5	15~6	13~6	12~5	6~5

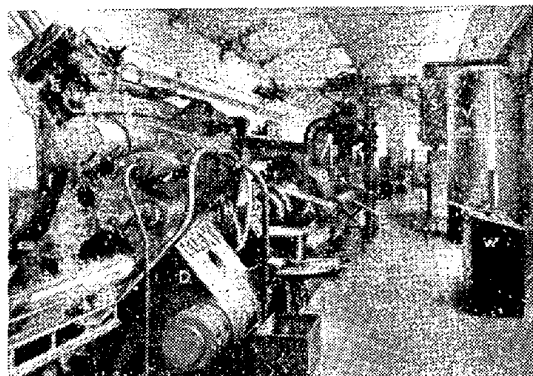
合適な寸度範囲を示すものである。

なお本押出法に用いる押出プレスも本事業の世界的普及に伴いその要求も向上し逐次改善が行われている。その maker としては Loewy Hydro Press (アメリカ およびイギリス) および Schlämann (ドイツ) 等であるが何分にも毎時の押出回数が最近では 60 回が標準とな

り、最高 80 回にも達している。従つてその操縦もほとんど自動式となり高度の精密機械となりつつある。第36~39 図は最近の押出プレスの数例を示す。

押出型は第 40 図に示す如く同一型を数個製作して一回毎に取り変え清掃して反覆使用する。

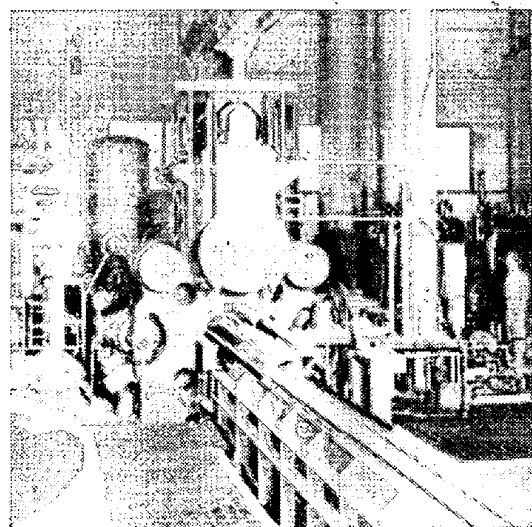
7. 押出プレスの生産能力



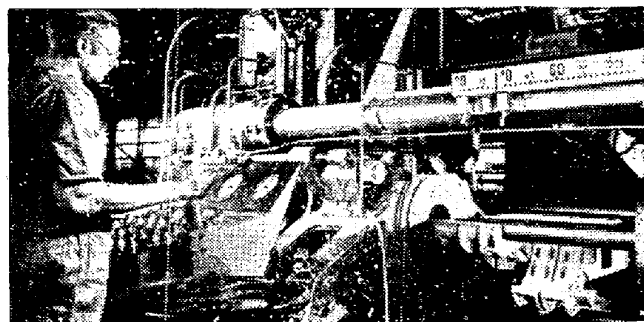
第36図 イタリア Mazzacchera 1000 t プレス



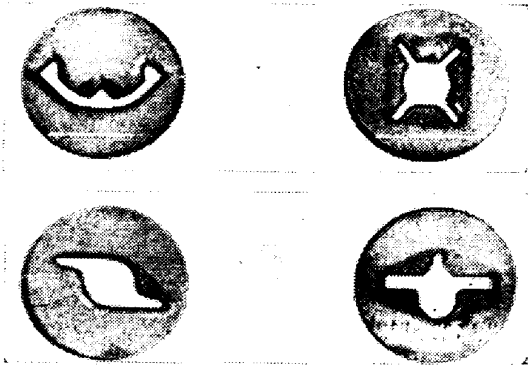
第38図 Johnes & Laughlin 社(米)押出プレス



第37図 Babcock & Wilcox 社(米) Beaver Falls 工場押出プレス



第39図 H. M. Harper Company 押出プレス操縦席 (40 個のボタンで操作する)

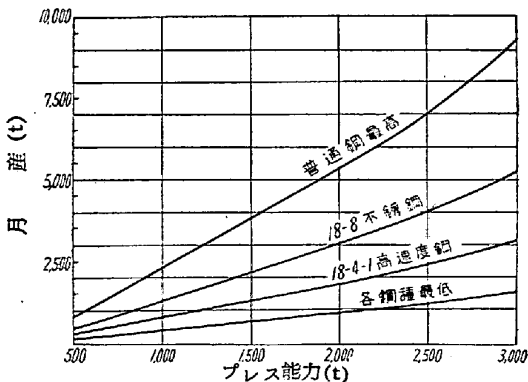


第40図 押出型の数例

われわれはどうかすると押出プレスなるものは少量の生産しかできない遅鈍な機械のように思い勝ちである。しかしその能力は次の三要素によつて決定さるべきものなることを強調せねばならぬ。

- a) 押出力
- b) 毎時押出回数
- c) 使用材料の性質

第41図は毎時押出回数50回、月500時間稼働の場合の各鋼種に対する押出プレスの能力に依ずる日産t数を示す。



第41図 各種鋼材に対する押出プレスの生産能力 (月500時間, 毎時押出回数50)

各プレス能力に対して生産量に最大と最小があり、しかもその差が相当大きいのは一つのプレスでも製品の単位長重量に大きな差のあるためである。単位長重量の大なるほど全生産量は大きくなるのは当然である。また全生産量は毎時押出回数に比例する。毎時押出回数50回というのは平均的数値であつて新式の自動装置の完備した押出機ではこの数字は80~100回となるものもある。この図表は一台の押出機の生産能力の概数を見出すには役立つであろう。

VII. 押出材の主なる用途

最近数年間に於いて鋼の押出が各方面に利用されつつ

あるがその主なるものは次のようなものである。

1) 不銹鋼管

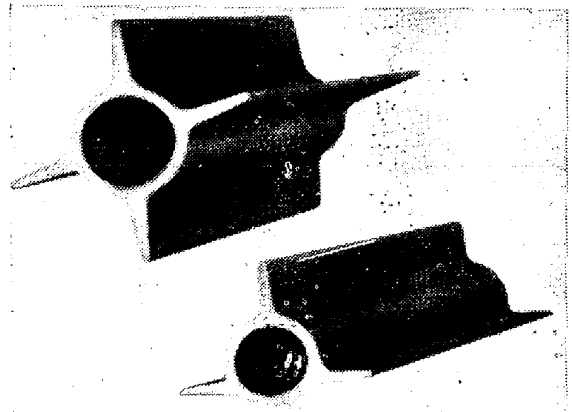
現在欧米において不銹鋼管を製造している大会社では何れもその素管の製造に硝子潤滑押出法を利用してゐる。その理由としては充分の長さを有し薄肉でかつ内外面とも修正研磨等を要しない素管ができるからである。これによつて主として化学工業方面に用いられる不銹鋼管は爾後の冷間引抜の工程を行わずして使用可能であり値段も従つて安いこととなる。また冷間引抜を行うとしても従来の素管に比すれば、はるかに最終寸度に近いものが得られるから、これに要する費用と時間の節約は顕著なものである。

2) 特殊鋼管

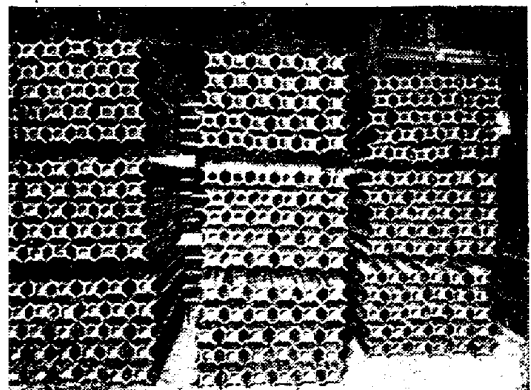
押出法は特殊鋼の加工法として特に理想的のものである。例えば nimonic 型耐熱合金、boiler 用耐熱合金石油工業用耐蝕合金等に関しては品質優良にしてかつ極めて経済的な製品を得る唯一の手段である。

3) 異形管

boiler や、またその superheater 等に用いられる普通鋼鑄附管等が取り上げられるが第42図にはその例を示してある。またその断面形状は第5~6図に示すような種々のものが得られる。この種の異形管は今後益々そ



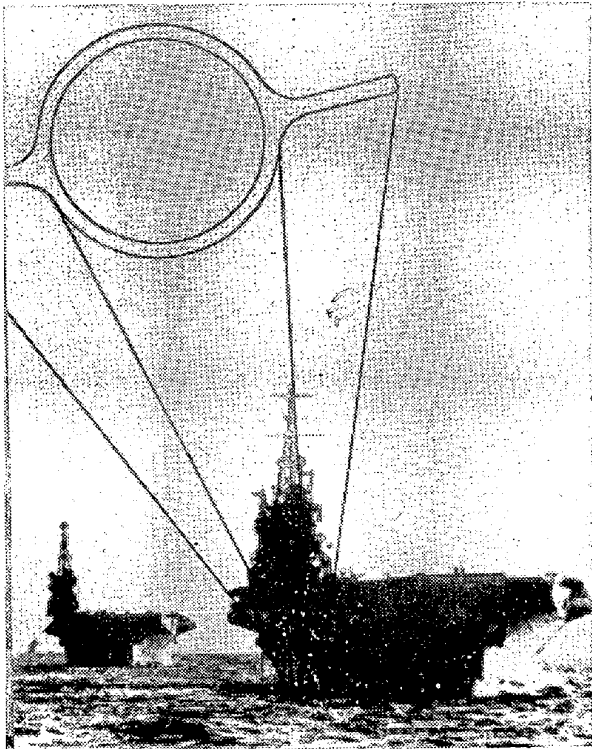
第42図 鑄付附普通鋼管



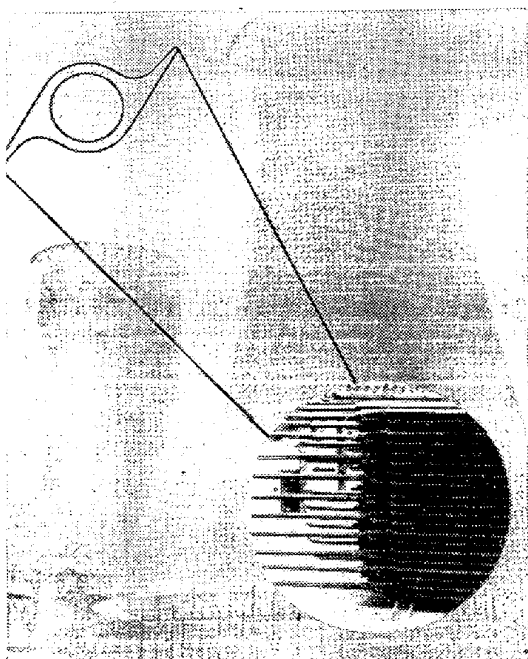
第43図 本法によつて作られた原子炉用異形管

の用途を拡大する傾向があり、化学工場でも大いに注目している。第 43 図は Marcoule の原子力施設中に設置予定の boiler 用 4 枚鱗附管で、Bobcock Wilcox 社の注文で C.I.E.P.M の Person 工場で製造されたものである。昨秋筆者が同工場を訪問した時に盛んに製作していた。なお第 44~45 図にはこの種異形管の用例を示してある。

4) 普通鋼型材

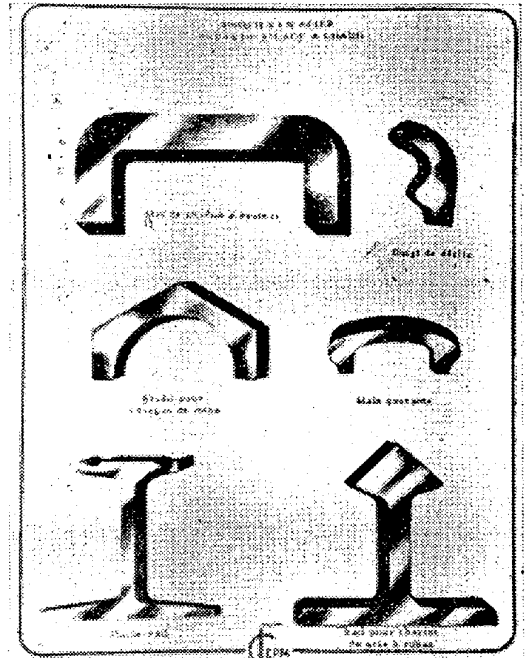


第44図 艦船 boiler への用例



第45図 原子力発電所の用例

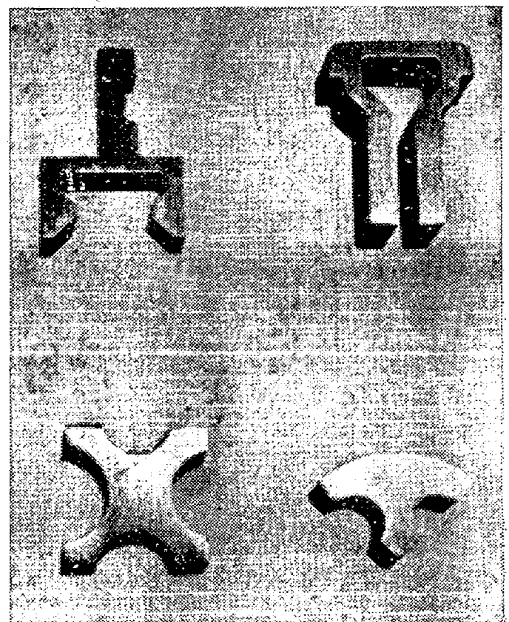
熱間圧延品に比しさらに精度の高いしかも表面状況の良好な普通鋼押出型材は今後興味ある販路を見出すであろう。少量の注文に対しても短い納期で納入できるという点はこの製品の発展を助長するものである。この型材の数例を第 5~6 図ならびに第 46 図に示す。



第46図 押出のまま供給される普通鋼型材

5) 押出後冷間引抜加工用素材としての普通鋼および合金鋼型材

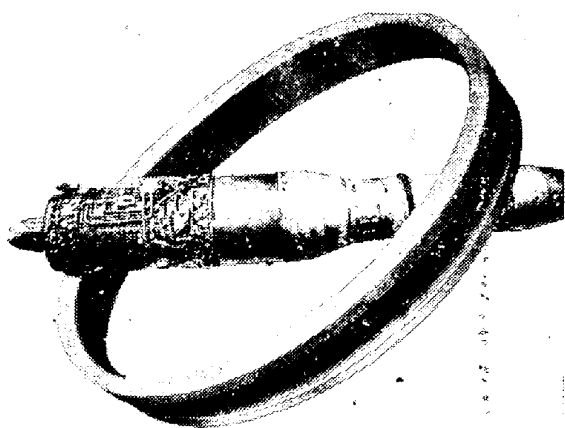
これは特殊鋼押出材の応用された第一分野であつた。このことが次第に発展して現今冷間引抜工場自身が熱間押出施設を行い素材を自給するような工場ができて来た。第 47 図は最近のこの種製品の数例を示す。



第47図 押出後冷間引抜せるもの

6) Jet Engine ring 用型材

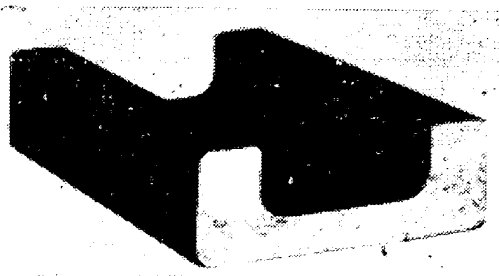
この型材は不銹鋼または耐熱鋼でつくられるのが普通である。この ring はかつて鑄造または鍛造でつくられたものであるがこれを押出後彎曲、溶接してつくることによつて製造原価をいちじるしく低下することができた。このことは engine ring の大部分を押出素材から製造するに至らしめた。アメリカにおいてはこの方法で毎月 50,000 個以上の ring がつくられている。第48～50 図はその数例を示す。



第48図 Jet engine ring



第49図 Jet engine ring の各種断面。



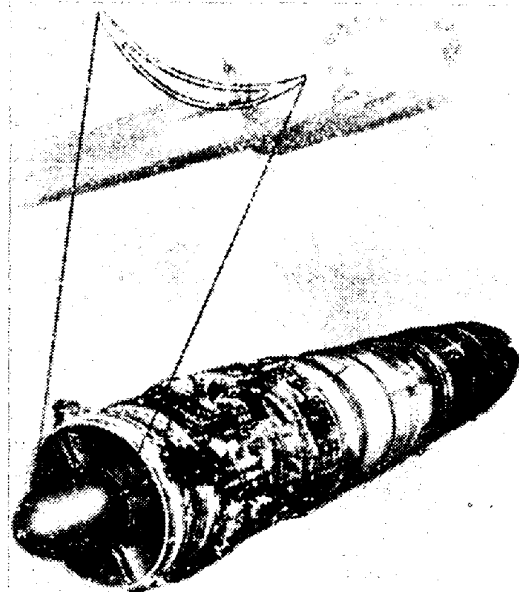
第50図 Engine ring の一種

7) Jet engine 静翼

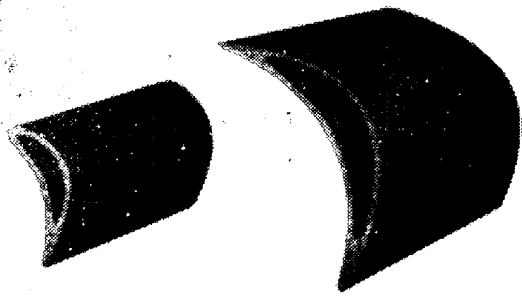
この静翼断面は熱間押出後冷間引抜によつて成形される。第 51～53 図はその数例を示す。初め長いものをつくつてこれを切断し mechanical プレスで最終加工する。これらは普通 nimonic 型耐熱鋼で作られる。

8) 鋼の粗鍛造 (Dégrossissage)

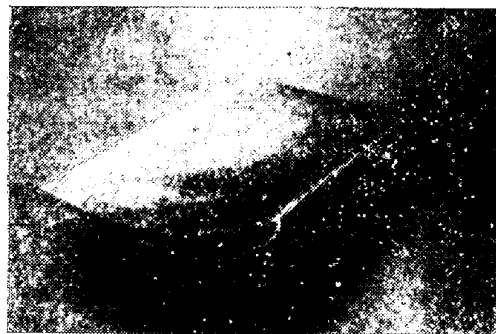
押出という作業は鍛造困難な耐熱合金の粗鍛造 (Dégrossissage) という部門において重要な用途を見出した。この新しい方法を発展させようというのは nimonic 型の耐熱合金および高速度鋼の方向においてであるが、これらの材料は普通の鍛造では破壊し易く常に困



第51図 Jet engine 静翼 (その1)



第52図 Jet engine 静翼 (その2)



第53図 Jet engine 静翼 (その3)

難を伴うものであるがその Ingot は容易に押し出しができ、しかも爾後の鍛造は容易となる。

普通鋼においても 5～10,000 t の強力プレスを用いて分塊 (blooming) にかかわつて押し出しによる粗鍛造 (Dégrossissage) が考えられており、目下研究の途上にある。

9) 普通鋼管

普通鋼の管材の製造はもちろん可能であるがなお経済的には研究の余地がある。目下この問題について活発な研究が行われている。問題は生産原価にあるがそれは要するに素材の価格と加熱方法に帰する。いずれも数年中

には普通鋼の管材製造も経済的な原価で製造し得る見込である。

10) 新しい金属および合金

押出法は目下種々論議されている新金属の加工にも用いられ成功を収めている。

アメリカにおいてはモリブデンおよびその合金の鋳塊をこの方法を用いて中間製品をつくっている。今日モリブデンの棒、線、管、板が比較的安価に提供できるのはこのためである。

チタンおよびその合金についてはなお研究の余地あるもいわゆる commercial titanium の範囲のものに対しては良結果が得られている⁸⁾。

原子力の発展上重要な位置を占めるであろうジルコニウムについても研究が進められ成功の見通しがついている。

11) 特殊製品

押出製品は各種工業における多くの特種問題の解決に寄与して来たが次にその数例を挙げる。

a) 内外各々耐蝕性を異にする材料から成る合せ管 (既述第5図右下)

b) 特別肉薄管

冷間引抜を行うことなく直接押出法によつて厚さ 7/100 mm, 長さ 12m の不銹鋼管を作つたことがある。

c) 中空棒

軸に平行な小孔を有する高速度鋼丸棒を作つた。これは冷却可能の錐をつくるのが目的であつた。

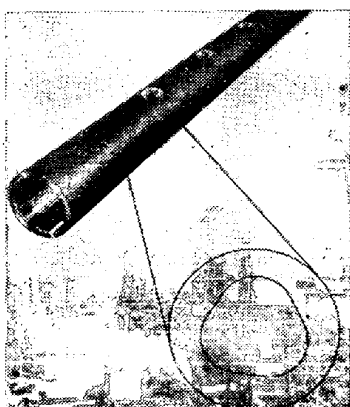
12) 圧延工場新設上の新構想

一般に押出設備は圧延設備に比し安価であり、特に圧延機を設置して充分採算取れない程度の生産量の少ない国においてはこの問題を検討する必要がある。また押出機は管と棒との両者を同一機械で作ることができる。この融通性は生産量の少ない場合には特に利益をもたらすものである。

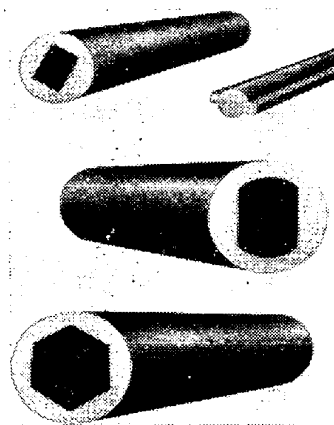
13) 其の他の応用例

以上の他用途は無限に考えられるがすでに工業的に利用されているものを写真をもつて補足しておきたい。

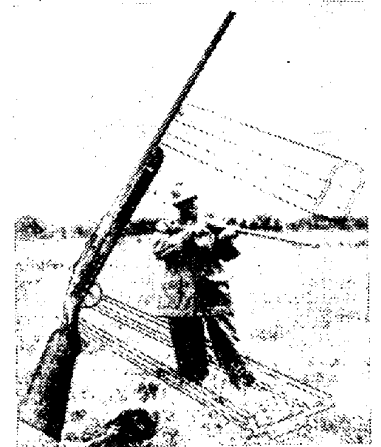
- (a) 石油井用大型異形鋼管その他 (第54~55図)
- (b) 銃器部品 (第56~57図)
- (c) 電力装置 (第58~59図)
- (d) 車輛部品 (第60~61図)
- (e) 製鋼工場諸装置 (第62~63図)
- (f) 医療機械部品 (第64~65図)
- (g) 紡織機部品 (第66~67図)
- (h) 建築造船部品 (第68~70図)
- (i) タイプライター登録器部品 (第71~72図)
- (j) ミシン部品 (第73~74図)
- (k) 工作機械部品 (第75~76図)
- (l) 産業機械部品 (第77~78図)
- (m) 自動車部品 (第79~80図)
- (n) フォークリフト部品 (第81~82図)
- (o) 燃料噴射唧筒部品 (第83~84図)



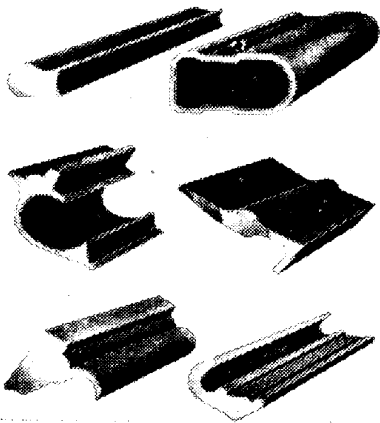
第54図異 石油井用形管 (その1)



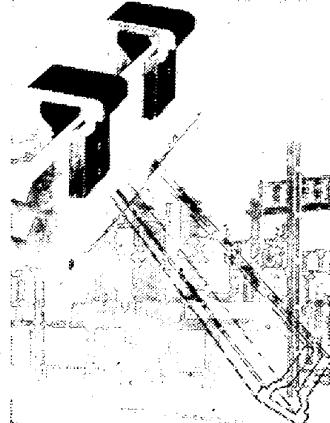
第55図 石油井用異形管 (その2)



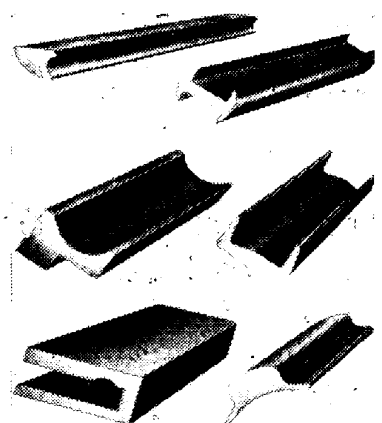
第56図 銃器部品 (その1)



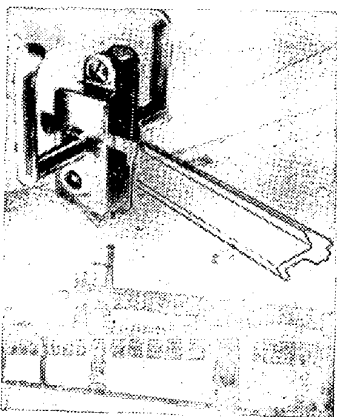
第57図 鋳器部品 (その2)



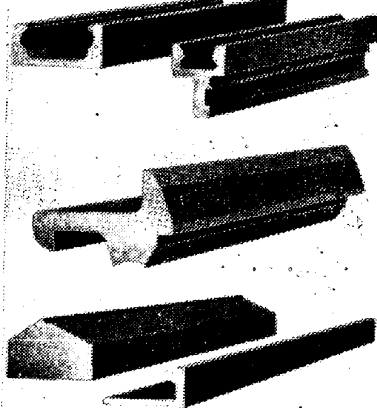
第58図 電力装置 (その1)



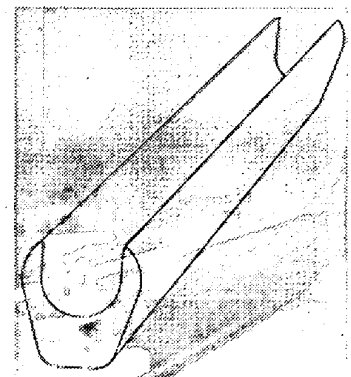
第59図 電力装置 (その2)



第60図 車輛部品 (その1)



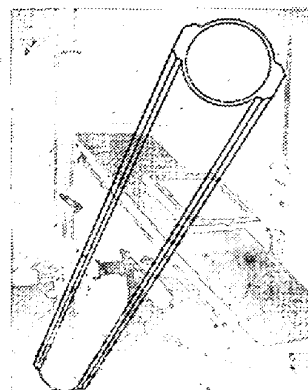
第61図 車輛部品 (その2)



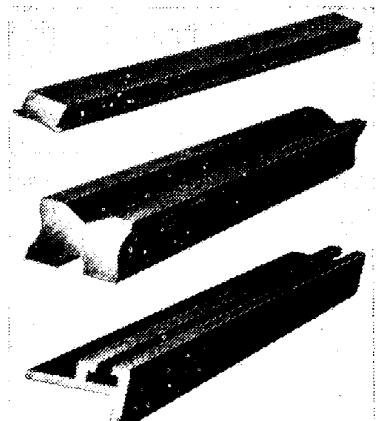
第62図 製鋼工場諸装置 (その1)



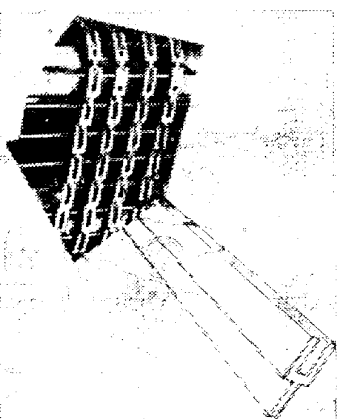
第63図 製鋼工場諸装置 (その2)



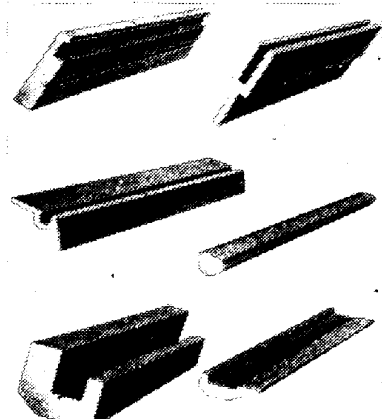
第64図 医療機械部品 (その1)



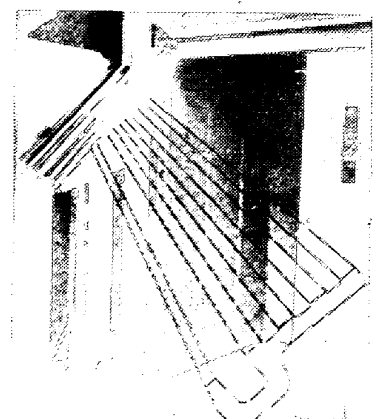
第65図 医療機械部品 (その2)



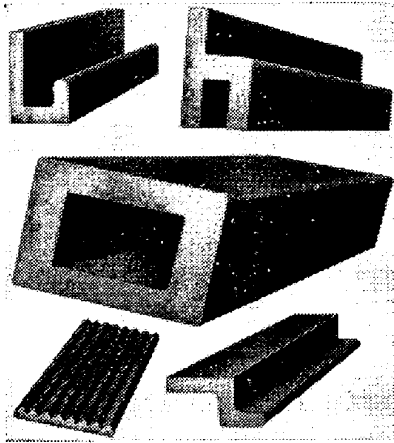
第66図 紡織機部品 (その1)



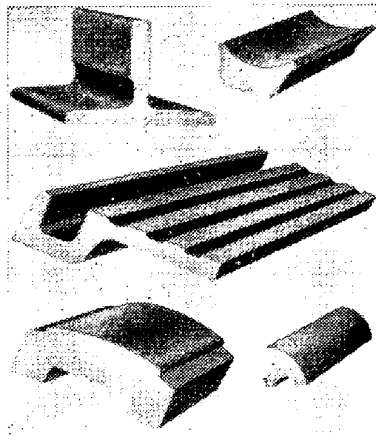
第67図 紡織機部品 (その2)



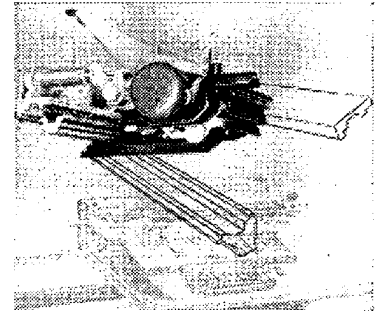
第68図 建築部品 (その1)



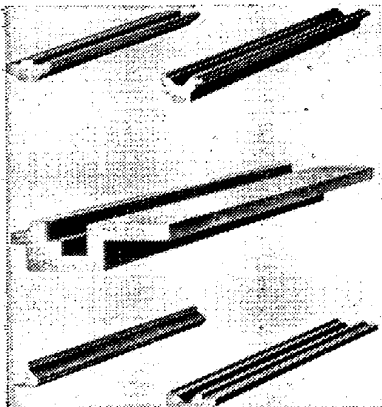
第69図 建築造船部品 (その2)



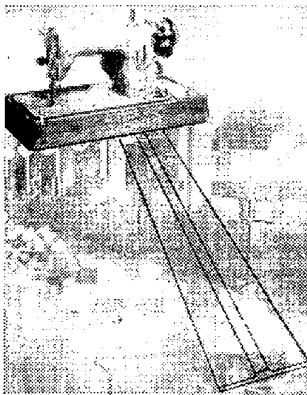
第70図 建築造船部品 (その3)



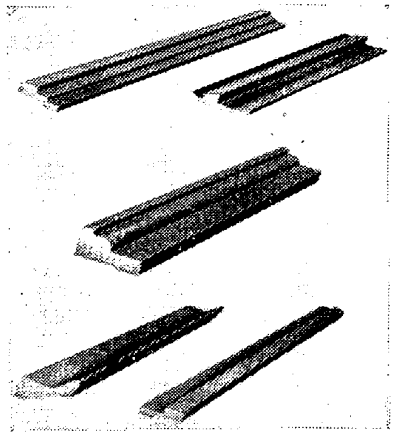
第71図 タイプライター,
登録器部品 (その2)



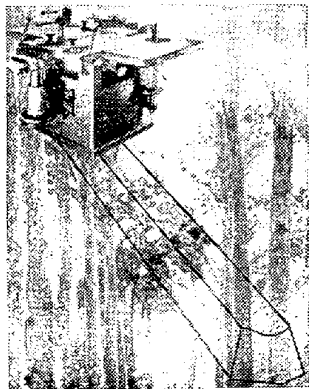
第72図 タイプライター,
登録器部品 (その2)



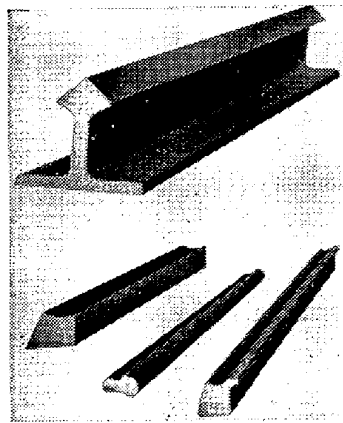
第73図 ミシン部品 (その1)



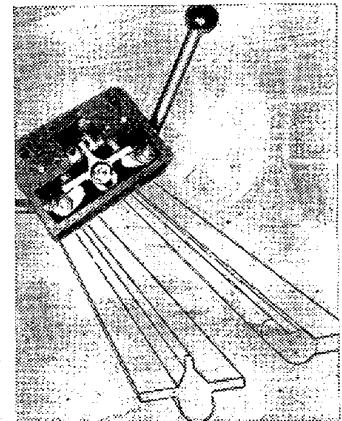
第74図 ミシン部品 (その2)



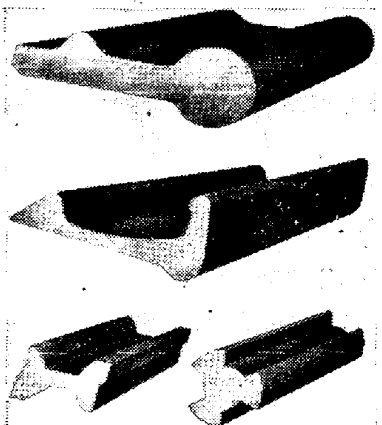
第75図 工作機械部品 (その1)



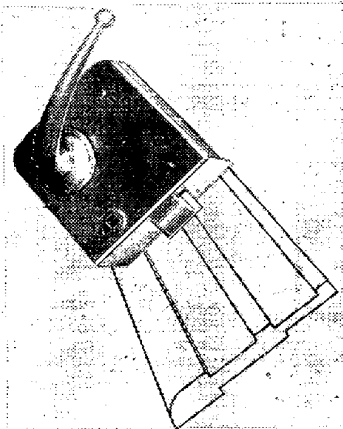
第76図 工作機械部品 (その2)



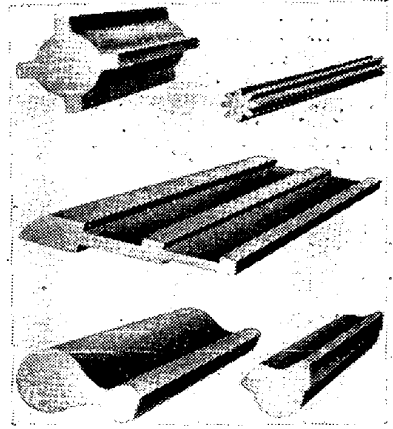
第77図 産業機械部品 (その1)



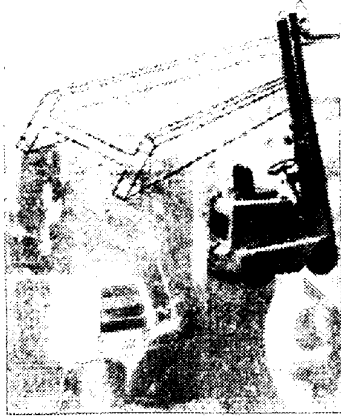
第78図 産業機械部品 (その2)



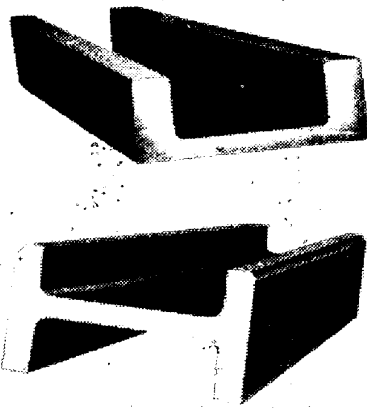
第79図 自動車部品 (その1)



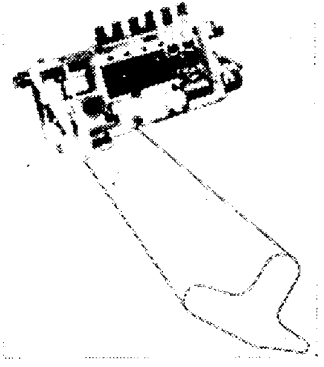
第80図 自動車部品 (その2)



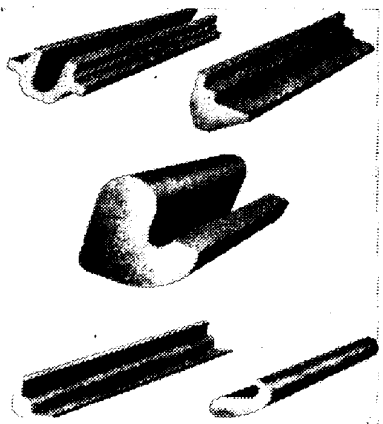
第81図 フォークリフト部品 (その1)



第82図 フォークリフト部品 (その2)



第83図 燃料噴射唧筒 (その1)

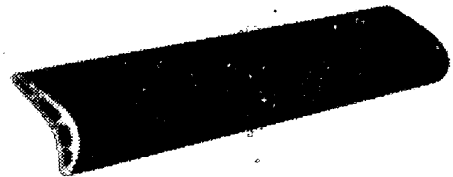


第84図 燃料噴射唧筒 (その2)

等の利点がすでに認められているがなお工業的には研究の余地があるようである。ただし今年末頃には完成の見通しがつくとの話である。

c) Jet engine 用多孔動翼¹⁰⁾

主としてイギリスにおいて試みられ成功している。動翼の温度はこの孔に空気または適当な流体を通すことに



第85図 多孔動翼 (その1)

VIII. 現在研究中の事項

鋼の硝子潤滑押出法の発達に伴ってさらにこれを他方面に応用可能ならしめるための硝子質潤滑剤の研究が必要となつて来た。目下次の方針で研究が進められている。

a) 銅系統材料の押出

次の如く従来の方法で押出困難な材料に対し研究が進みつつある。

—シリコンブロンズ，—アルミニウムブロンズ，—キユープロニッケル—その他銅系の複雑な合金。

硝子潤滑剤を銅合金の押出に利用するときは1操作当りの重量の増加，押出速度の上昇，歩留の向上等がもたせられる。また従来外径12mm，厚さ1mmの鋼管をつくる場合は相当大きな粗管から冷間加工をしなければならなかつたが本法を適用することによつて熱間押出のみによつて125mm径の素材から長さ20mの10×12mm管が一回でできてしまう。

b) 軽合金

軽合金は目下アメリカにおいて研究が進められ，押出速度の増加，押出所要圧力の低下，大型鑄塊の利用可能



第86図 多孔動翼 (その2)

よつていちじるしく低下し従つてガス温度は250°Cも上昇でき engine の能率を高め得る。第85, 86図はその数例を示す。

d) 砲弾の製造

すでに piercing press の所において述べたことを砲弾に利用することであるがこれにより，素材の重量の低減，工程の節約等により生産原価は大いに低下しつつある。

e) 熱間穿孔

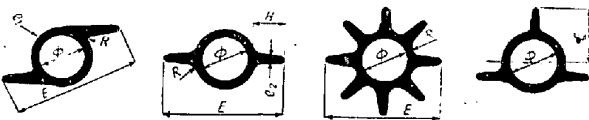
すでに piercing このとは述べたがこのことは加工困難な鋼の場合に限らず普通鋼の場合でも極めて平滑な表面が得られるという点で広く利用されんとしている。

IX. 押出製品の精度

以上により押出製品の特徴は一応了解されたはずであるが、実際の製品について精度の問題がよく質問される。これは材質、寸度、形状により一様にはいえないがここに数例につき現に押出作業を実施している数社の数値を拾って示して見よう。なおこの例は最大径120~150mmのものである。



第87図 各種型材



第88図 鳍附管



第89図 特殊形状

- (例) 1. 各種型材 (第 87 図)
断面 $\pm 1\%$ (最小 $\pm 5/10\text{mm}$)
- (例) 2. 鳍附管 (第 88 図)
 鳍間隔 $\pm 2\text{mm}$
 平均厚さ $\pm 5\text{mm}$
 偏 心 平均厚さの 15%
 内 径 $\pm 2\%$ (最低 $\pm 1\text{mm}$)
 鳍の厚さ $\pm 0.5\text{mm}$
- (例) 3. 特種形状 (第 89 図)
 突起間隔 $\pm 2\text{mm}$
 平均厚さ $\pm 0.5\text{mm}$
 偏 心 平均厚さの 15%
 内 径 $\pm 2\%$ (最低 $\pm 1\text{mm}$)
 突起の厚さ $\pm 0.5\text{mm}$

X. 結 論

C. I. E. P. M が最初技術援助契約を行つたのはアメリカの Bobcock & Wilcox 社で 1950 年調印, 1951 年12 月 Pittsburgh 近郊の Beaver Falls で稼動開始した。

その後世界各国に広まり、我国では昨年7月、神鋼、住友二社が第 16, 第 17 番目の licences となつた。本年春には山陽、八幡の 2 社もこれに参加したが licences の総数はすでに 24 社となつた由である。この事実から見てもわれわれは硝子潤滑押出法はもはや研究や議論の時代をすでに過ぎて確実なる实用時代にはいつていることが知られよう。

本法の利用範囲は本文に詳述した如く極めて広汎でありしかも今後の発展は予想以上のものとなる。しかしながらかかる新技術はその円滑な発展を実現するためには関係技術者の充分なる理解がなければならぬ。すなわち材料関係者はもちろん、機械加工技術者、機械設計者、営業関係者等がよく連絡を保ちつついたづらに飛びつくこともなく、また敬遠することもなく、確実なる地歩を踏みつつ育成するよう努力しなければならない。



第90図 C.I.E.P.M の Persan 工場



図91第 桂離宮における Sejournet 氏

本稿がその意味において何等かのお役に立てば幸甚である。

本技術の発明者 Sejournet 氏は本年四月来朝の際東京会館において機械学会、鉄鋼協会、金属学会の三学会の代表者と懇談したがその席上結論として次のことを述べられた。

「U. S. Steel 社長 Benjamin F. Fairless 氏が New York 市の Socony Mobile Building における

AISI の講演の中で「押出法は来るべき 100 年以内に鋼加工法として圧延機にとって代るであろう」と述べたこととお伝えしたい」

なおこの文書は鉄管につめられてこの Building の下にうめられ 100 年後に開かれるはずである。

最後にこの偉大なる発明を完遂した Sejournet 氏の働く C.I.E.P.M の Persan 工場と彼の来朝の際の写真の載せて敬意を表したい。

文 献

- 1) Latest Development in Extrusion of Metals: E. Loewy, representation at the Association of Iron & Steel Engineer, Oct. 3, 1951
- 2) The Ugine Sejournet Extrusion Process: J. Strauss, representation at the General Meeting of American Iron Steel Institute May 21, 1952
- 3) Tube-Extrusion Process: Mechanical Engineering, Sept. 1952
- 4) The Extrusion of Steel: J. Sejournet, Iron & Steel Engineer, Jan. 1953
- 5) Steel Extrusion and its Value to the Designer: S. O. Evans. representation at the SAE National Passenger Car Body and Materials Meeting. March 2, 1954
- 6) Extruded Engine-Rings: P. V. Brown. Aircraft Production, March, 1954
- 7) Hot Extrusion of Steel, Glass as Lubricant: J. Sejournet, Engineering April 19, 1954
- 8) Alloy Steel, Titanium Successfully Hot Extruded: K. A. Wilhelm: G. A. Moudry. The Iron Age, April 29, 1954; May 13, 1954
- 9) Le Filage de l'Acier Avec Verre Lubricant: L. Labataille, Journal de la Société des Ingénieurs de L'Automobile Mars. 1955
- 10) Production of the Aircraft Turbine Engine: K. T. Fulton, Aeroplane March, 1955
- 11) Considerations for Selectin gSteel Extrusions: S. O. Evans, Metal Progress, April 1955
- 12) Origin of the Inversion of Steel Extrusion by Glass Lubrication. J. Sejournet, Journal of the Franklin Institute March, 1956
- 13) Le Filage de l'Acier avec Verre Lubricant: J. Sejournet, Revue de Metallurgie. Dec. 1956
- 14) Le Filage de l'Acier Avec Verre Lubricant: G. Leclerc, Revue General Mechanique Nov. 1956
- 15) ガラス潤滑剤による鋼の熱間押出法: 川村宏矣, 金属, Feb. 1957
- 16) 鋼の熱間押出法のエンジン部品に対する応用: 川村宏矣: エンジン, June, 1957
- 17) 鋼の高温加工における硝子潤滑の意義: 川村宏矣 日本機械学会誌, July, 1957
- 18) M. B. JAOU, le bulletin N°14 de la Société Française.
- 19) The Production of Extruded Steel Sections: Machinery, 20th April. 1956, 4th May. 1956

正 誤 表 (Errata)

昭和 32 年 7 月号 特別講演欄 P. 744 (Tetsu-to-Haganié Vol. 43 (1957) No. 7 P. 744)
Tafle 6. Production and Consumption of sand iron. の左欄

誤 (error)
Coal production
Coal production
Coal consumption

正 (correct)
sand iron production
sand iron production
sand iron consumption