

を占めているのに引張強さは健全材とほとんど変わらないものがあつたりしたからです。山本(信公)主任は静水圧を加えたら白点は全部溶着するのではないだろうかと言ひ出され、私が砲身の不良品を白にしてその中で白点のある試料を杵で圧縮する装置を設計し、テストしたところ、白点はみごとにくつついたのです。鍛造や圧延では塑性変形するために圧力が大してかからないですが、密閉型の中でほとんど塑性変形が起こらないようにして高い静水圧を加えると、酸化していない表面を持つ白点は溶着したわけです。

またその頃 Bain の等温変態に関する論文 (Trans. AIME, 90(1930) p. 117) が我々をあつといわせたものですが、等温変態を利用しての Ni-Cr 鋼の焼なまし時間の短縮を考え出したのも山本主任でした。従来白点防止のため砲身材は鍛造後 72 時間くらいかけて 200°C 辺りまで徐冷していましたが、それでも白点が出るがありました。それが、T-T-T 曲線の鼻の下を利用することにより、十数時間の焼なましで事足りるようになったのです (鉄鋼協会で発表)。

2. 鍛造の研究に手を染めて

さて私の本職となる鍛造の研究の第一歩は魚雷気室の欠陥除去から始まりました。日本海軍が飛行機から投下する魚雷の気室は Ni-Cr-Mo 鋼に Cu を 1% 加えたもので作られていました。通常は嫌われる Cu をあえて添加したのが味噌で、これにより $\sigma_B > 125\text{kg/mm}^2$, $\sigma_y > 115\text{kg/mm}^2$, $\delta > 16\%$, アイゾット $> 25\text{ftlb}$ を得ていたと思いますが、古い話で数字に多少の出入りはあるかも知れませんが、円柱形の荒地を 3000 t の横水圧にかけて押し出し、続いて引抜きして薄肉の底付円筒にします。円筒の一端は球面になつていて、その先端に乳首のような突出部がついています。ここに疵が (多分白点でしょう) よく出るので、この鍛造状態を調べるために実物の 1/10 大の鉛の模型をつくり、半割りにして分割面にグリッドを刻み、割型を用いて押し出しの実験をやりました。グリッドを刻んでフロー・ボタンを調べる方法は 1939 年ごろから始まつたもので、それまでは鋼のマクロ組織の検査から変形を推測していたにすぎません。さてこの実験から、突出部のグリッドはほとんど変形しておらず、鍛造が利いていないことが明らかとなり、先端が自由に出ないように型穴の先に詰物をする事により問題は解決しました。

次は航空機シリンダの押し出しです。シリンダの荒仕上げ形状は図 1 に示すとおりで、従来は鑄の方を上にして、機械プレスで押し出していたのですが、鑄の部分に十分肉が廻らないという問題がありました。これを解析するために、上、中、下の 3ヶ所に鑄のある割型を作り、鉛試験片を用いて押し出しを試みました。使用したポンチは先突型と先平型の二種類、底板は扁平型と突出型の二種類

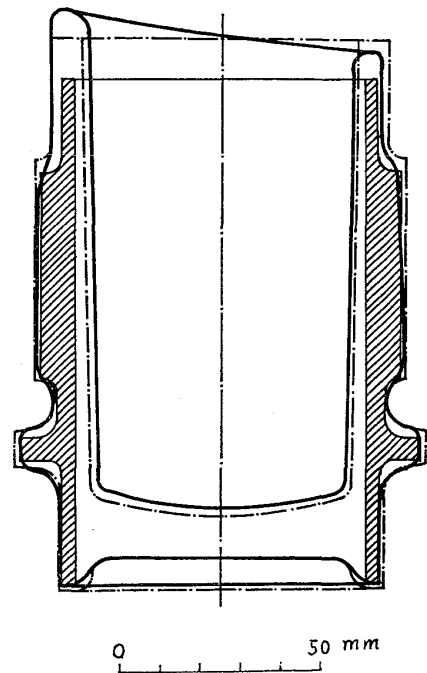


図 1 実物の 1/2 の型を用い 300 t プレスで押し出したときの鋼鍛造品の形状(---型とポンチの輪郭, ——鍛造品, ///// 荒仕上げ形状)

です。自由落下槌による押し出しの結果は図 2 に示すとおりで、どの底板とポンチの組合せにおいても、ポンチ先端が鑄部を通過すると、その鑄の成形は止み、次の鑄が大きく成長すること、ポンチが底近くまで侵入すると、その部分は鑄をせん断して、内壁を上方向に向かって流れることが判明しました。このような結果は、数年前我々が行つた冷間鍛造時のコンテナ内圧分布の測定結果 (塑性と加工, 12(1971), p. 840) を見れば当然理解され、予測される事柄ですが、昭和 18~19 年当時は、鍛造の研究が世界的にやつと端緒についたばかりの時ですから、この 30 年間の Metal Progress は相当なものといえるでしょう。

この結果から、鑄の成形を十分に行うには、鑄を型の下方に設ける必要のあることが明らかとなつたので、次に実物の 1/2 大の鋼ビレットと割型を使つての試作実験を行いました。図 1 に荒仕上げ形状のほか型、ポンチの輪郭、完成鍛造品の形状を示しました。(昭和 20-2 鉄鋼協会, 昭和 22-4 金属学会でそれぞれ講演)。この第 1 回の試作で略目的に適う品物が型鍛造できることがわかりました。この方法で作ると荒地重量が約 25% 節約でき、荒仕上げ品の歩留りも 15% 向上するのですが、割型を使う関係上生産能力が落ちます。日米戦争の真最中に生産能率を落とすわけには行かないということで、割型による鍛造は実地の製造段階にまで至らないままで敗戦を迎えることとなりました。

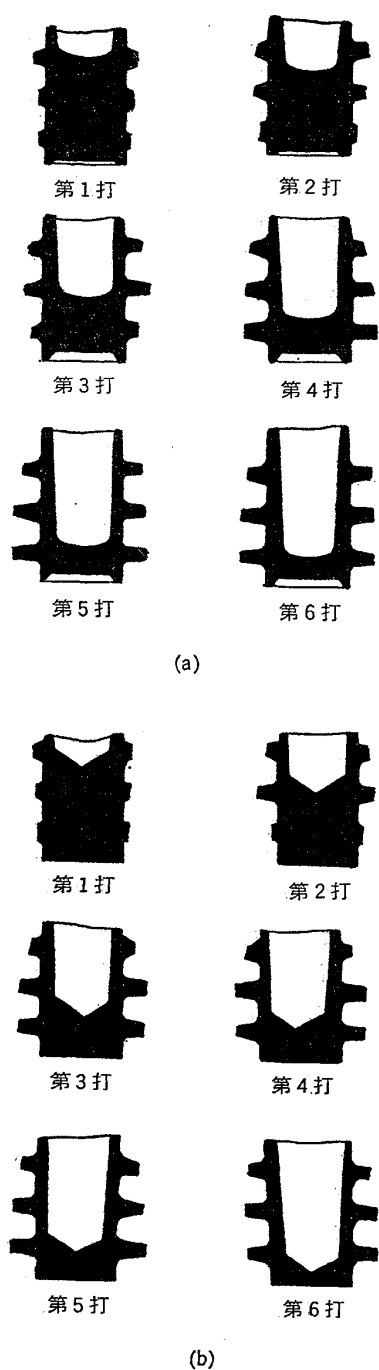


図2 3つの鑿を有する割型を用いての鉛の押出し実験 (a)先平ポンチと突出底板の組合せ (b)先突ポンチと扁平底板の組合せ

3. 基礎工学部に移って

敗戦直後の混乱期も何とか切抜け、世情が安定するとともに、会社は車輛ばねの生産を始め、私は鍛造の研究を中止して、ばねの研究に従事することになり、それが大阪市大に在職の期間を合わせて15年余り続きます。昭和37年阪大基礎工学部に迎えられた私は、鍛造の研究を再開したものの、戦前やりたいと思いつつやれなかつたことの多くは、15年の空白期間に他の人達が既に果

してました。そこで今度は鋼の冷間鍛造の潤滑の問題に取り組むことにしました。戦前摩擦の研究を身近に観ていた私は、摩擦とか摩擦の不思議なからくりを魅せられていたのかも知れません。

温間鍛造が盛んになり始めると、適当な潤滑剤がないことが問題となりました。それまでの冷間鍛造の潤滑の経験から、温間鍛造の潤滑には、金属石けんのように単に化学吸着を、黒鉛のようにへき開性と吸着を利用する潤滑剤よりは、化学反応によつて鋼表面に密着する潤滑剤のほうが勝つていてと考えて、酸化鉛(PbO)や酸化ビスマス(Bi₂O₃)の鉄合金に対する強い酸化力を利用することを思い付き、幸いにも800°C位まで潤滑効果の衰えない潤滑剤を開発し、かつその潤滑機構を明らかにすることができました。(塑性と加工17, (1976), p. 101; Trans. ISIJ, 17 (1977), p. 623).

最近ステンレス深絞り品の時効割れの原因を追求していますが、主因は深絞りによつて必然的に生ずる円周方向引張残留応力、副要因は塑性変形により酸化皮膜の破れた新生面上に加工誘起マルテンサイト(α')と母相(γ)が混在することによる電気化学的腐食、要するに応力腐食割れの一因であると考えています。水素脆化というには含有量が少なすぎること(2ppm程度)、純粋の水の中では割れず、50°C以上の湯の中で割れること、ごく微量の水を含む有機溶媒中で割れて、多量の水を含む溶媒中では割れないことなどは水の電離と何か関係があるように思われてなりません。化学を知らない私がこんなことをいうと笑われるかも知れませんが、水の分子が無数に存在するときには隣接する水の分子の間でH₃O⁺+HO⁻の反応が起こるけれど、水の分子間に多数の有機溶媒分子が介在するようになると、水同士の間での電気のやりとりが起りやすくなり、γ相より卑なα'相がイオンとなつて溶け出してゆき、その跡に微細なき裂が生じ、残留応力の応力集中効果によつて割れが発生するのである、と考えると話がすつきりするように思えるのです。それで深絞り直後に表面をH₂O₂などで酸化してやると、き裂は発生しなくなります。割れ感受性に対する温度の影響は、水や溶媒の吸着性や会合性が温度依存性を持つているからだと考えると説明がつきそうです。

4. 解析力と総合力

それにつけても思うのは、最近物理であれ、数学であれ、解析する方法が非常に発達し、それに伴つて解析力が向上したこと自体は結構なことですが、反対の総合(synthesis)する力をも一つ不足するという事です。例えばAの原因からB, C, Dの結果が生じ、また、A'からB, D, E, A''からB, E, Fの結果が生ずる場合、A'のことだけ知つていて、BとEとが確認されたから原因はA'であると短絡する人が多いようです。水素を多量

に硬鋼中に吸蔵させると水素脆化が起こる、酸洗によつて水素が入つても脆化が起こる、めつきによつても起こることがあると授業の時間を違えて教えておいて、鋼の水素脆化について記せと出題すると大抵の学生は一つしか解答しません。これは最近の受験勉強と関係があるのではないか、「何々に該当するのは次のどれか」と設問と解答を線で結ぶ方式に慣らされた結果ではないかと思うのですが。

研究を進めるには、広い視野に立つた総合判断力が大切であるのに、自分の得意の分野にむりに問題を引張り込もうとする傾向も見られます。何か破壊したとき転位論を専攻している者は何でも彼でも転位論で説明しようとし、破壊力学を得意とする者は、すべてを応力拡大係数で処理しようとする傾向があるように思われます。

私の研究室はX線による材料強度の研究と塑性加工の研究の二本建てでやつて来ましたが、配属になつた学生はまるで別の研究室の学生のように、お互に知識を交換しようとはせず、研究発表会をやつても、相手を理解できない場合が多いです。当今の学生は最少の努力で最少の必要単位を修得して卒業すればよいと心得ているらしく、知識に対する欲望が実に稀薄です。一定の料金を支払えばいくら食べても食べ放題というのに、食欲の乏しい学生達は、つつましくかにランチを食べて、ご馳走さまともいわずに校門を去つてゆきます。私が停年退官して再び大学に教鞭をとりたくない理由の一つは、教え甲斐のない学生の面倒を見るのに疲れたからです。食欲に知識を吸収して卒業していつた一世代前の学生達が懐しく偲ばれてなりません。

5. 日本の鉄鋼材料の将来

私が最近の鉄鋼材料について心配していることの一つは、大形圧延鋼材の品質がよくないことです。戦前と異なり、300mm 中以上のビレットもプレスではなくてロールにより作られるからではないかと思うのですが、内部欠陥のために鍛造作業中に割れるものが随分あるのを見聞しています。先日も遭遇したのですが、ある鍛造工場で鍛造中に割れが発生し、製鉄所側が出張して在庫品を超音波探傷した結果、ほとんどが不良となりました。

欠陥のないものと取換えることで商取引は一応結着したのですが、技術的問題は解決していません。どうして再検査の結果不良になつたのか、私は抜取検査のためかと思いましたが、メーカー側は全数検査しているといひます。そして、JIS の定める 50% の感度の検査では疵は検出されなかつたので良品として出荷した、再検査では感度を上げて検査したので疵が検出されたのであるといひのです。こんなおかしい理屈が通用するのでしょうか。これでは疵がたとえ存在しても JIS に定める検査法で検出されねば疵は存在しないので、たまたま運悪くどこかでクレームがついたら、その分だけ弁償するほうが、疵を発生しなくなる造塊法や圧延技術の研究をするより安上りであると考えているとしか思われません。戦後の技術者は技術者の良心を失つたのでしょうか。我々は戦争中、何とかして白点を防止しようと懸命の努力をしました。非破壊検査技術が発達していなかつたため、一々破壊検査して、砲身材を多数オシヤカにしました。今は非破壊検査法が大いに発達して、超音波を利用すれば大形の鋼材でも容易に探傷ができます。(学生にもそう教え、非破壊検査は機械工学実験の一題目としているのです)。それなのに、標準検査法で見付かりさえしなかつたらそれでよいとか、疵のある部分は切取つて使える用途もあるから、そんな向きには疵が少々あつてもよいのだとか、これが若い技術者の見解とは何と技術者も墮落したものだと思わされます。Iron and Steel や Metal の Progress がこの 30 年間にいくらあつたとしても、このような根本的な命題を放置したまま、末梢的な方面のみの進歩を計つたのでは本末転倒も極まりといわねばならず、21 世紀に向けての日本の鉄鋼技術は何とも寒い限りではありませんか。

幸い一部の製鉄所で、大形鋼材の内部欠陥をなくす基礎研究が色々なされていることは喜ばしいことです。(塑性加工連合講演会など)。日本の全製鉄会社がこぞつてこの問題の解決にあたつて下さるなら、近い将来この問題で私が憂うことはなくなるでしょう。そうして安心して Iron and Steel や Metal Progress を読むことのできる日が再び来ることでしよう。