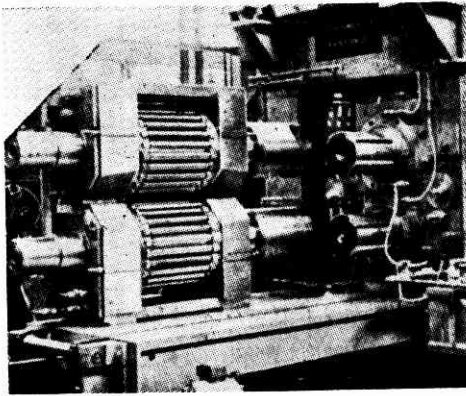


座 談 会

塑性加工について語る

(1953・10・22 学士会館別館において)

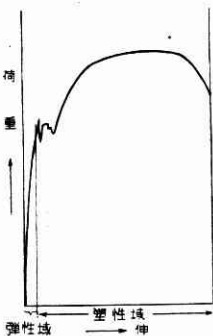


塑性加工とは？

司会者 本日はお忙しい所をわざわざ有難うございました。では早速ですが、塑性加工とは何かという所から話を進めて戴きましようか。

鈴木 では話の順序として塑性加工の定義のようなものを最初に申し上げます。私の勝手な解釈ですが、塑性加工が学問的に立っている基盤から大まかに分類してみますと五つ位に分れるようです。まず第一に谷先生のやつていらっしゃる固態論とか塑性物理学とかいうもので、材料がどういう物理的条件下におかれた場合に塑性変形を起すか等の機構を探られる方面です。第二は山田さん等がやつておられる塑性学又は塑性力学といわれているもので、材料の性質を比較的簡単な数学的表現にした後、純粋に数学的に扱って行く分野です。第三に五弓先生のやつておられる冶金の面からの見方で成分や処理の方法等によつて材料がどんな風な機械的性質を持つか。そういう問題を取扱う塑性加工の金属工学的見方があると思います。第四に塑性加工用機械の機械的特性を純粋に機械の面から考える面があります。以上のほか現場の方にとつて非常に重要なのは理論がまだ樹立されていないことも、とも角品物を作らねばならぬために、経験則を集積した体系で塑性加工技術とでもいう面が第五に考えられます。このように非常に範囲の広い分野であることを最初に申し上げておきたいと思ひます。

以上を仮りに縦の分類としますと、横の分類としては工法より圧延、引抜、押し出し、板のプレスとかいろいろのものがあります。



第 1 図

福井 それに関連して塑性加工とは何かというと、私はカジ屋ブリキ屋の類だよというのですよ。(笑)これが一番手取り早い。そしてどれ位重要なものをいうのに load-deflection curve (第1図参照)を使つて、弾性範囲はこれだけだよという。(笑)ここが破断で、この間が塑性だ。一体どちらが広いかとい

出席者 (発言順)

鈴木 弘	東大教授	生産技術研究所
福井 伸二	東大教授	理工学研究所
谷 安正	東大教授	生産技術研究所
五弓 勇雄	東大教授	工学部冶金学教室
山田 嘉昭	東大助教授	生産技術研究所
安達 芳夫	久保慶三郎	(編集委員)

うと、成程そこは広いな、それじや問題があるだろうと大概の人はいつてくれる。(笑)

鈴木 又、観点を変えまして、生産高の面から見ますと資料からある程度類推した点もあり多少不正確でありますからそれを二重にみますと、圧延加工の製品の年間生産量が3千億円位になります。引抜き関係の売り上げ高は6,7百億円になります。次にプレス加工は中小企業が主体になっているため実体がつかみにくいのですけれども恐らく千億円よりは遙かに多い。そういうものを鍛造等を合すると塑性加工による製品の年間生産高は大体6千億円から1兆円の大きい額になります。それにもかかわらず塑性加工方面の研究者はよりよりうたるもので、もつと若い方が入られて強化されることを切に望む次第です。

谷 今、鈴木さんが研究者が少いと申しましたが、塑性力学、塑性物理学においても同じことかと言えます。福井さんのお話にあつたように、塑性力学の方が弾性力学より範囲がずつと広い。それに弾性学は要するに parameter が二つあるだけ。(笑)で、塑性にはいろいろな factor があるから、研究者の比率からいえば1:1000位でよい。

鈴木 イギリス、アメリカでは塑性加工方面の研究者の数がふえましたね。

谷 塑性学の方へ物理学者の Mott, Frank またはアメリカの Seitz, そういつた人達が入つてゆきましたね。

司会者 大体何時頃からですか。

谷 1948年頃です。

話題は塑性加工・塑性学の歴史へと移る

鈴木 今、1948年という話がでましたが、その前に一つ



の段階を画したのが 1922, 3 年で、いずれも大戦中に始まって、その花が咲き始めるのは戦争が終つて数年後、今度の場合は少し早く戦争中から論文が出始めました。

谷 所で、塑性加工の歴史となるとこれは古い。塑性は金属鍛錬の初めから起つてゐる。(笑) 弾性論ができたのは 17 世紀から 18 世紀で、割合に新しいことになる。

福井 学問的に取扱うとなると、ある意味からいえば数学的に取扱うことが先立つわけで……。

谷 弾性の方が簡単に解けるからで、塑性物理学の面からいいますと、一つの epoch

は先ほど鈴木さんのいわれた 1923 年, Polanyi の single crystal に関する研究、次は 34 年 G.I. Taylor の dislocation theory, これが進展して 40 年頃には Black, そして Seitz が Applied Physics にまとめて表面上は一応中絶した形、次いで 48 年先ほどいつた Mott, Frank 等英国の Bristol 派の人達が出て来て非常に発達しました。それに刺戟されて Seitz がやつた。その辺りは後に話しましょう。

福井 塑性学の面からもそれに平行という風に感じますね、第一次世界大戦の後にドイツの Karmam, Prandtl という人達が圧延とか硬さの解析の仕事をやられた。大体 1924, 5 年のことです。それに続いて板加工、大体 30 年頃迄に一応の形態ができたといえます。これは現在みても立派なもので敬服します。二次元塑性の問題にもある意味からいえば基礎はその辺にできている。それから塑性加工技術の方から発達の跡をたどつてみますと、いわゆる工業が進んできたこと。学問と工業とは関連がありますから工業の発達と共に学問的取扱ひも進んできたというわけですね。

鈴木 たしかに工業生産量のふえたことが塑性加工の発達に大きく影響していますね。

塑性加工の特長は

福井 そうです。で、塑性加工の特長はというと、まず第一に量産でないとか威力を発揮しないということ、いいかえると量産に非常に良い、これは大きい特長です。

谷 一つの例外を申しませうか。それは刀鍛冶。(笑)

福井 これは一本参りましたね。(笑) 第二として塑性加工をやると材質が改善される。次に操作が簡単になる。

五弓 もう一つ歩留りの向上、そして材料が無駄にならない。今迄機械加工している部品でも塑性加工して僅か機械加工すればすむものが相当あります。

まず圧延の進歩から話ははずむ

鈴木 そういう意味で生産規模も大きく、生産量も大きい圧延が一番最近の進歩をよく現わしています。

福井 圧延が進歩しなければそれから先は問題にならない。

鈴木 五弓さん、最近の圧延の趨勢を一つ。

五弓 圧延には熱間と冷間とありますが、私の見た所、熱間の方は進歩が左程でもない。それに較べて冷間の方は非常に大きく進歩している。一例として十年位前迄は軟鋼の冷間圧延で一番速度の早いのは 1 分間 300 m だったのですが、今では 1.5 km から 2.4 km というような急行列車より早い速度で行われている。これには圧延機械の非常な進歩と、それに附随した電気設備の進歩が大きい貢献をしていると思います。残念なことには日本でもよい機械ができない。

以上は機械の問題ですが、材料の問題では何といつても軟鋼です。これは何十年も冷間圧延されていますがいろいろの問題が未だに解決されていない。その根本的解決を早急しなければならぬと思います。例えば stretcher strain の問題にしても、現在なお昔と同じ苦勞をしています。その解決策の一つとしてバナジウム・リムド鋼というのが研究されていますが、日本でも早くとりあげてやつてみたいものと思います。

材料の方でもう一つの大きい進歩は電気の方で汎山使いう珪素鋼で、今迄熱間で作つていたものを現在は冷間で作つている、これは大きい発達だと思います。このため電気機械部品が非常に進歩しましたが、日本ではまだ生産が軌道にのつておりません、こういう硬い材料が圧延されるようになったのも圧延機が進歩したためです。

鈴木 圧延機の進歩などは理論と実際が一致したよい例ではないでしょうか。板に張力をかけて圧延すると圧延し易いことは以前からわかつていたが、この張力圧延が機械にまともな reverse mill, tandem mill となりどんどん使われる。roll を小さくするほど圧延が容易になる原理を取入れて Sendzmir mill ができる。これ等は可成り実際と縁遠くみえる塑性理論が直接実際に取り入れられて効果を発揮した例ではないでしょうか。

潤滑の問題

五弓 今一つの進歩は板と roll との間の潤滑の問題です。潤滑の進歩のため圧延が非常にやり易くなつた、従つて塑性加工には潤滑屋さん一枚加つてほしいものです。工具と材料との間の潤滑を専門にうんとやつて戴かないと進歩がありません。

谷 結局それは high pressure の問題ですか。

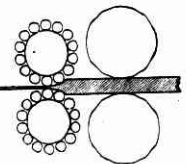
福井 ええ、それともう一つは sliding の問題です。ベアリングだと同じ所を何度もする

でしょう。塑性加工では一ヶ所を一度しかすらない。

鈴木 それから、する面に新しい結晶面が出てくることですね。

谷 一体どの位の圧力ですか。

鈴木 1 万から 2 万気圧ですね。



五弓 それに耐えられる潤滑は、という問題になります。
鈴木 そこまで行くと物性論とからんで非常に難しい問題になりますね。

冷間加工の長所

司会者 熱間から冷間に移つた主な原因は何ですか。

五弓 冷間加工の方が材質がよくるのです。結晶粒が細かになつて、強さが丈夫になる。そういう点で性質がよくなる。

福井 表面がきれいになることも利点です。

五弓 更に絞りがよくなる。珪素鋼の場合は冷間でやりますと、方向性をもつた性能のよいものができますし、表面が平になり space factor がよくなります。磁歪も少なくなります。

司会者 何度位から熱間加工というのですか。

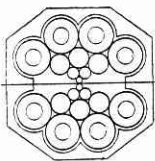
五弓 われわれ冶金屋からいうと、その材料の再結晶がでる以上の温度となると熱間といひます。加工熱で加工硬化がなくなる所での加工を熱間加工といひます。だから亜鉛、錫、鉛などでは常温で加工してもわれわれの常識からは熱間加工ということになります。

押出について

鈴木 冷間押出も最近著しく進歩した例ではないでしょうか。

五弓 冷間押出は今まで柔らかい金属、例えば錫、鉛などが主で、歯磨チューブのようなものは大分前からありますが、最近アルミニウムに取替えて歯磨チューブの値段が半分位になつた例があります。アルミニウムでも相当硬いのですが、それを黄銅に応用して日本でもある会社で継手のようなものを作っています。今まで鋳造で作つていた物を押出で作ると、振動にも強いし、形も小さくなるし、……。

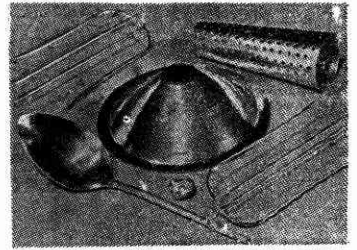
それを更に進めて鋼の冷間押出が最近話題になつていひます。軟鋼ばかりでなく、合金鋼までも冷間で押出してしまふのです。これの成功した理由の一つは潤滑が成功したことによるのです。潤滑には磷酸亜鉛の被膜をつけて、これに lubricant をつける。2 万気圧程度の圧力がかかる上に、加工熱で 200~300 度迄上りますからこれに堪える潤滑剤が必要というわけです。これはドイツでやられたのですが成功しないうちに終戦となり、アメリカがその技術を導入していろいろな方面の冷間押出に採用しています。一番大きいものは砲弾で、今迄は熱間加工したものを機械加工していたために歩留り 50% 位であつたものが、冷間加工で 90% 位の歩留りになり、その上焼入れ・焼戻しをしなくてもよいので材料の節約になるということでした。



鈴木 比較的軟かい素材でも押出すと硬くなるから、硬い材料と同じように使えるわけですね。

五弓 ある例では yield point が 5 倍位になつていひます。押出で今一つの大きい発展は鋼の熱間押出の問題です。鋼の熱間押出は日本

でも tube に少し応用していたが、フランスでは潤滑剤にガラスを使用し、これで高合金鋼を熱間で押出して大砲を作ることに成功しました。



アメリカでもあまり大きくない大砲はすべて熱間押出で作つてしまふ。今迄は鍛造して穴を明け、焼入れ焼戻しをしていたのですが……。この方面でも潤滑剤が大きい役割をしています。

引抜について

五弓 圧延機械はほとんど全部が輸入機械という残念な状態ですが、引抜機械は国産で間に合ひますか。

鈴木 私は間に合ひと思います。先程の圧延機の話に対応して引抜で理論と実際とが一致したのは例の back tension ではないでしょうか。back tension をかければよいということでは 1923 年の Weisenberg の研究でわかつていたことなのですが、それを現実の生産作業にもち込むには適当な機械を作ることが一番 neck だつたわけです。線引機械は雑機械だという考えで、まともな機械屋があまり相手にしてくれなかつた。そんなわけで進歩が遅れたが、最近次第にこういうものが現実の機械になつてきている。アメリカでは理論をとり入れた行き方よりも、むしろ従来の行き方でそれを使い易くするような方向に進んでいるが、イギリスや日本では少し理論的な内容を反映した引抜機械もできつつある現状です。

で、やはり理論的な裏付けのある考案からは大きな成果がえられます。back tension の問題も、いま日本の線引を全部これに変えると dies の消耗その他で年間 10 億円から 15 億円の得になります。

板加工の進歩

五弓 最近板加工の方では厚板もありますね。

福井 板加工ではブリキ屋のようなやり方が非常に古くからあるわけですが、それがだんだん人手を使わずということになつてきました。これは機械、材料、使い方、少くともこの三者一体の進歩に負う所が大きいですね。最近われわれの眼につくことは機械の進歩の他に型の進歩です。型というわれわれは硬いものを考えるが、柔かくてよいこともある。すなわちこの方が融通がきく。例えばゴムプレス……。

谷 ゴムプレスとはどんなものですか。

福井 ゴムプレスとは型の一方を硬いものにし、その上に加工するものをおき、相手をゴムで押すのです。するとゴムは今一方の硬い型の形に従ひ非常に融通がきくわけです。これは昔から日本のオモチャ屋さんの家伝の秘密だつたというわけです。(笑) 近頃はだんだん進歩してゴムよりも水、空気、油を使うのができてきました。

谷 だんだん柔かくなつてきたわけですね。(笑)

福井 一方が硬いままで、相手の方が柔らかくなつてきたわけですね。これにはいろいろな利点がある。第一型を作る費用が大ざつばにいつて半減する。次に摩擦の問題が楽になり、無理な型ができる。型の setting が非常に楽になる。この三つが大きい利点です。Göhring 法ではシワ押えをきかさされなかつたのでシワができた。所が今度はシワ押えを付けてゴムでやるものができた。これがマンホーム法です。こうすると先程の3点が楽になる。このマンホーム法とか hydroforming 法とかは相当の進歩といえるでしょうね。しかし残念なことには、仕方のないことですが機械の値段が高くなる。

五弓 一つの進歩は roll forming です、ね。板帯板をいろいろの形に roll で作る。今まではブリキ屋さんのような曲げ加工で作っていたのですが……。例えば sash bar とか電車の panel 等を帯板から作る。これは外国ではやっていますが、日本ではほとんどやっていない。日本では電線管が唯一のものでしょう。こういう工業が発達すべきだと思います。

鈴木 殊に建築の方面でやらねばなりませんね。

精密鍛造のねらい

福井 それから何といつてもできたものの精度が高いこと、すなわち寸法が正確で品質が均一であることが加工工業の大切な目的で、塑性加工とは広くいえばそのために非常によいのですが、殊に精密鍛造はそのためのものです。どうすればよいかというと、例えば今迄 hammer でやっていたのを press でやればよいわけで、これがいわゆる press 鍛造です。

又、先程お話のあつた impact extrusion, cold extrusion は意味からいえば精密鍛造の非常に進歩した分野ですね。すなわち熱間ではどうしても錆がくるし熱膨脹もあり、精密なものを作るのは無理な話。従つて寸法の正確なものを作るにはどうしても常温でやらなければならぬ。熱間とか常温といえは語弊があるかも知れぬが、要するに錆のこない熱膨脹の少ない所でやればよい。鍛造でもだんだんそういう分野が発達してくることは自然の勢でしょうし、事実、現状もそうなんじゃないでしょうか。

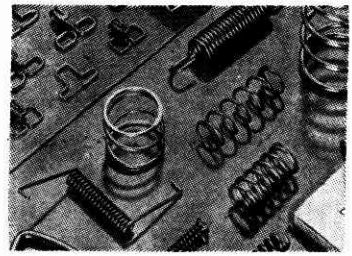
残留応力の利用

司会者 結局、塑性加工というのは残留変形なんですね。すると残留歪の他に残留応力もあるというわけですね。

五弓 ええ、残留応力は好ましくない場合も多いのですが、良い方向に使つた例も沢山あります。先程いつた大砲の場合等はいい方向に使つた例です。又、最近のパネも良い例です。これは素線を予め振つておく。そうするとある方向に対して非常に強くなる。

鈴木 あれは残留応力と、もう一つは引抜きだけでは非常に大きい歪を加えることは困難ですが、振りで大きい歪を与えて加工硬化を大きくしたということもありますね。あれなんかも理論の面から考えて当然落着く所へ落着いた発明ですね。

五弓 それから shot peening も残留応力のいい応用ですね。これは表面に圧縮応力を加えると、この圧縮応力が残留する。そうすると曲



げた時これが plus に働いて効果を発揮します。一つには脱炭層をとるのも shot peening の目的ですが……。

設計される方へ

五弓 それから機械や電気の方々がいろいろなものを設計される時、塑性加工でこんなものができないかと一応考えてもらいたいものです。今迄鍛造で作っていたものでも、一寸考えて板金加工とか溶接を利用すれば安くても良い品ができる。変圧器のケースなんかはよい例です。日本では素材費が高いから、何とか加工費で補うように心掛けないと……。

福井 何故塑性加工を応用した設計ができないかという、学生時代に20年も昔の人の設計図を手本にして設計するとか……、そんな所に一般的な原因があり得ると思ふんですが……。(笑)

話転じて塑性加工工業を育成するには

鈴木 たしかに考えられますね。塑性加工の知識を学生時代に得る chance が確かに少い。それに関連して話しますと、切削加工の講座はどの大学にもありますが、これと並立する塑性加工の講座がある大学は、2、3に過ぎない。この現状は是正する必要がありますね。

福井 現状を是正する必要があるという面からいえば、塑性加工工業を育成発達させるためにはまだまだ問題が山積していますね。

五弓 例えば研究面に限つても、日本じや各会社で同じような研究をやっている。1カ所にまとめてやれば人も費用も助かるのですが……。

谷 それに進歩しますね。

鈴木 そのいい例がドイツの Kaiser Wilhelm 研究所です。ソビエトにも国立の研究所ができています。又、イギリスの話をお願いしますと、イギリスの鉄鋼業界が金を出し合つて Sheafiel 大学に圧延実験室を作つて大学でお守りし研究するかたわら、依託研究等を引受けてやっているようです。それで非常に成果を挙げている。そのため理論的な面ではアメリカよりイギリスの方が大分進んでいるようです。日本のような貧乏な国ではイギリスのがつちりした進み方を真似て、差当り生研にでもそういうものを……。 (笑)

山田 又、イギリスの金属流動研究所、これは新しい部分の塑性加工研究所ですが、そこでは実験用のクラックプレスを作っている。これは戦車のお古の変速装置などを利用して金を節約して作つた装置ですが……。

五弓 実際、塑性加工の研究には金がかかりますね、

福井 日本人というのは工業的に未だ若い。そのために

研究すればそれが pay するものだというを身に泌みて感じていない。また外国から買えば安全だという考え。これは両方が悪い。研究者側も、事業者側も……。谷 研究者もねれていませんね。研究をどう進めたらいいかを本当に知らない。私もその一人ですが……。

鈴木 その点、塑性加工では未だパイプルのようなものができていませんね。

福井 それだけ若くて将来性のある field ですな。

塑性力学の成果

司会者 山田さん。塑性理論の面からお話を……。

山田 先程お話しがありましたように、塑性理論の加工への応用は Karman, Prandtl あたりに始つたわけで、その業績は今でも高く評価されています。小さいロールを使つたらいいということ、これは Karman がドイツの圧延業者の仲間の話を聞いて非常に興味を持ち計算したものです。又、線引きの back tension も理論が成功した一つでしょう。

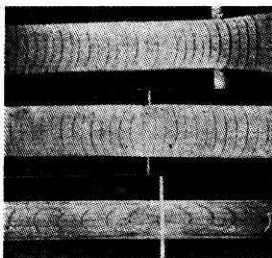
Karman, Prandtl 後の発展は、1932年頃少しありましたが、大きな進歩は1940年以後のことです。実際問題と関連の深いものとして一例をあげますと、異方性の問題があります。これは引張り試験等の結果と比較してみても、割合にあつてはいますから、理論が成功した例といえましょう。硬さについても昔からいろいろ説明がされていますが、これもある程度塑性理論を応用して説明がつくようになりました。

理論体系そのものについて申しますと、最近では、塑性学においても弾性学に comparable な原理だとか定理だとかができ、更に弾性と viscosity のある材料につき time を入れた場合を取扱い、温度も考慮するなど、新しい factor をつぎつぎに入れて変数がふえてきています。

それから二次元塑性理論で最近の主なことという、実際面からいえば例えば切削加工で構成刃先のできることを一応理論的に予想しているわけです。

鈴木 今次大戦中に、アメリカ等では非常に金のかかる実験をやつて、最近20年位の間に数学的な行き方で発展してきたものの基本法則になつている所、例えば変形中の体積不変の法則や相似則が成立するかどうかをチェックするとか、破壊機構の探究とか、そういう面も進んでいるのではないのでしょうか。

山田 ええ、それに関連して申しますと、結局塑性力学の目標というのは、外の条件、すなわち外力と変位とを与えて内がどうなるかを解けばいいのですが、どうい



法則をもつてくるかということが問題で、特に働いている応力状態が複雑で、三軸応力だつたり、その値が時間的に変化している場合などになりますと面倒になります。

で、アメリカではいろ

いろな組合せ応力の下で材料がどうい变形をするかについて戦時研究でいろいろ沢山の実験をやつて理論の裏付けをしています。

その他大きい変形の所までは単純引張りのような場合でもなかなか分らなかつたのですが……。

福井 大きな歪の問題については1909年 Ludwik の仕事は劃期的なもので、これはずつと残りますね。そのはつきりした物理的意義となると難しい問題ですが、ああいう表現をやつたということは、われわれには非常に便利ですね。

鈴木 あそこが考えようによつては塑性加工の出発点ともいえますね。

塑性加工と転位理論

鈴木 一般の加工の方の基礎を提供した材料の変形理論について谷先生一つ。

谷 現在、塑性変形は dislocation theory (転位理論) で大体片づけられます。今までの所、転位で片づけられないと思われる型は全然出ていない。ただそれで取扱えるのは単結晶ですが、最近結晶粒界や impurity 転位の動きに対する影響が段々論じられてきています。そこでその転位の動きから塑性変形を論じ、又逆に結晶物理学の方からいいますと、塑性の様子から転位の behavior を調べる。これが転位論の大きな題目の一つになつてい

ます。御承知のように1934年 Frank, Rowan, G. I. Taylor, Hund その他多くの人々が同時に転位の理論、結晶内の欠陥について発表し……。

福井 谷先生も original な人の一人なんですよ。知らない方もおられるかも知れませんが……。

谷 所で転位は stress を加えると非常に動き易い。転位が動く、そこに迂りを生ずる。この転位の動きの模様とか転位の動きと stress や結晶型との関係が1948年頃から詳しく解析された。

更に転位のもつ energy から転位が熱運動でできるか、外からの stress で発生しうるか計算してみますと、とても人工的には発生し得ないという結果になる。ではどうい経過で入ってくるか。この問題については Seitz, Frank 等の人達が理論的に調べ、その結果、結晶発生の中で転位が入ってくるのだということが分つた。

又、外から stress が加わると転位は動くと共に何倍かに増える、すなわち多重発生を起すのですが、その mechanism も詳しく調べられています。

次に、結晶内に impurity があると、これが転位の運動を妨げる。この事から結晶の析出物による硬化の説明が見事になされていますし、転位があるとそこに impurity atom を吸収する性質がある。これから例えば炭素鋼の降伏点に関するいろいろな現象の説明がつかます。

又、impurity atom と dislocation との interaction から repeated stress の場合の破壊の模様とか、一方向 stress の場合と破壊強度が違うことの説明ができます。

今一つ大切なことは、結晶の成長に dislocation が非常に大きな役割をしていること、そして結晶成長の際に結晶面に生ずる模様は Frank の予言したのと一致していることです。又、Mitchell の臭化銀に関する実験とか、いろいろな人の電子顕微鏡による観察の結果も Frank の理論通りなのです。

以上のようないろいろなことを総合しますと、現在は dislocation が眼に見えたという段階、そして dislocation の動きが physical にも mathematical にも相当くわしく知られるようになった段階といえます。

鈴木 単結晶については大体理論体系ができたということですか。

谷 まあそうです。

鈴木 われわれの立場からいえば、多結晶の問題結晶粒界の問題がはつきりしてくる時期を期待しているのですが、その方面は現在どの程度迄進んでいるのでしょうか。

谷 結晶粒界の性質は割合によく分つてきています。結晶粒界の角度が小さい時は、その結晶粒界を dislocation の集りから作り上げることができますし、角度が大きいとそこに vacancy が沢山あると考えることができます。そこで塑性加工との関連ですが、塑性加工の問題は将来結局は全部 dislocation で説明できるようになると思います。現在は塑性加工に関する現象が多すぎるもので……。

鈴木 塑性加工関係の人々がこういう転位理論の知識をもっている必要があるので、その意味で塑性加工研究会ではこの11月谷先生に特別講演をお願いしてあります。

谷 もう一つ云い落しましたが、dislocation の進行速度は sound velocity の半分位で非常に速い。ですから impact のような場合、変形に対する dislocation の behavior がどうであるか等の問題もやはり大きい問題です。

鈴木 鍛造の場合に hammer でたたいたのと press で押したのとでは変形が違いますね。

山田 例えば削る時、浅く削る方が単位面積当りの力が要ることの説明として、dislocation で説明……。

福井 あれはね、dislocation まで行かなくてもそれ以外にいろいろな factor があるわけで、その factor を考える余地がある。macroscopic な点からも……。

谷 そういう点をはつきりさせておかないと、dislocation との関連が本当はつけられないわけですね。

話題は plastics との関係へ

福井 本日話に出た metal 以外に plastics もまた塑性加工の非常に大きい対象の一つですね。今後 plastics の方面にも分野が拡つてゆくだろうと思います。

所で、plastics の変形機構は metal とは非常に違うわけですが、plastics でも見掛上の降伏現象があるんですね。谷先生、そういう場合も dislocation で説明される傾向にあるのでしょうか。

谷 何と申しますか、plastics になると、完全な crystal ではないものですから、ある面からいうと dislocation だけだともいえる。(笑) vacancy というか、或は特殊な dislocation を考えなければならぬと思います。そしてそれを基礎とした plastics の研究にまで発展すると思います。金属の場合とは異つた手法をとつて……。

鈴木 今 plastics の話がでましたが、これに関連して最近日本で rheology とよくいいますね、所で rheology が plastics の変形だけに極限された学問のように思われている方が多いが、rheology とは“流れ”の学問で、粉体力学から流体力学・弾性学・塑性学等全部入っている。そういう意味で、もう少し高分子をやつておられる方とわれわれと相互に協力し合つて仕事をする必要がありますね。

谷 私もそう思いますね。

五弓 plastics では金属でやっている加工法をすべてとり入れていますが、引拔もやつていれば、圧延も熔接も……。

理論と実際から工学と工業へ

鈴木 今迄に皆様からいろいろ理論的な研究から実際に成果のあつたお話があつたので感じたことですが、塑性加工の研究も理論だけで相当な仕事ができるよう

な印象を与えたかも知れませんが、理論的に解明されている面はごく僅かでしょうね。

福井 それは見方によることですね。僅かといえば僅かだし、かなりあるといえばあるともいえるし……。

鈴木 別のいい方をすれば、塑性加工は理論と実際面とが緊密に協力して、すなわち物理屋さん化学屋さん、冶金屋さん機械屋さんと、いろいろな人々が協力して初めて成果があがる分野ですね。Grenzgebiet の仕事ですから……。

福井 塑性加工はたしかに Grenzgebiet ですね、そのためあらゆる方面の方の御尽力を得ないと進歩しない。又やつて戴けば非常に面白い分野ですね、我田引水の論かも知れませんが……。(笑)

鈴木 Grenzgebiet の仕事をしようという点と、工業と工学との連繫に力をいれよという点と……こう考えて行きますと、塑性加工の性格と生研の性格とは非常に似ているわけですね。(笑)

司会者 ではこの辺で。どうも有難うございました。

