

φ1μmの 微細穴プレス加工を目指す マイクロピアスメンブレン

(株)長峰製作所 長峰 勝*

金型製造業に携わる者にとって、2年前のリーマンショックは1993年のバブル景気崩壊に匹敵する衝撃的な経済変動であった。それまでも不景気はたびたびあったが、これまで大手メーカーは商品のテコ入れのためにモデルチェンジを活発

に行い、金型需要は逆に伸びる場合が多く、金型業界は不況に強いと思われてきた。ところがバブル景気の崩壊後、セットメーカーは海外工場の立ち上げとともに一斉にモデルチェンジを控え、国内での金型需要が一気に消滅していった。

* (ながみね まさる) : 相談役会長
〒766-0026 香川県仲多度郡まんのう町岸上1725-26
TEL: 0877-75-0007 FAX: 0877-73-2152

それまで職人技でなければ良いモノができないと信じられてきた金型技術についても、コンピューターやNC工作機械の高度化により中国をはじめ東南アジア諸国で徐々にその差が埋まり始めている。その結果、納期やコストにおいて中国との競争を強いられる局面が多発して、日本における金型産業は従来の不況とはまったく違った局面を呈してきた。

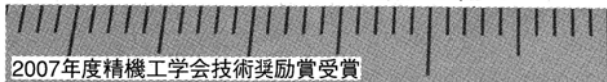
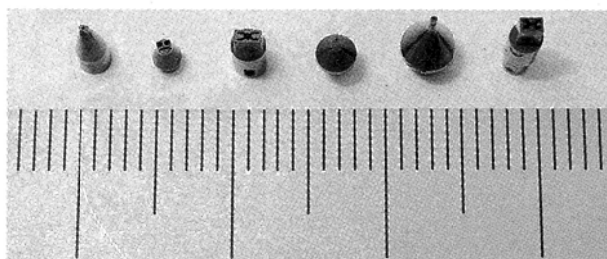
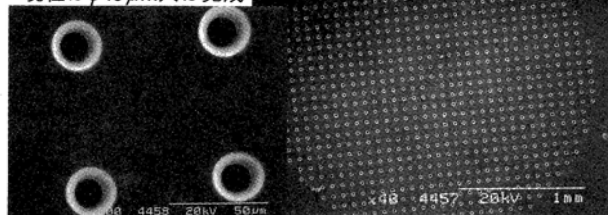


写真1 電子部品実装機吸着ノズル

φ1μm穴の集積体を
プレス加工で実現する
現在はφ10μm穴は完成

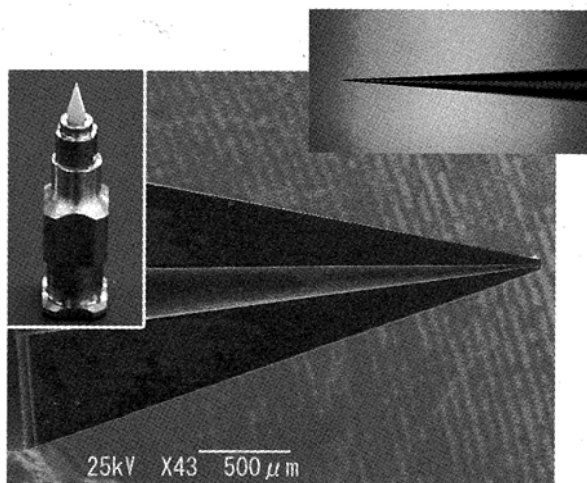


戦略的基盤技術高度化支援事業(国からの委託開発品)

写真3 マイクロピアスメンブレン(プレス打ち抜き工法)

マイクロピアスメンブレン 取り組の発想経緯

そのような中で、金型企業として生きてきた当



“超”モノづくり部品大賞受賞

写真2 φ0.005mm ディスペンサーノズル

社は生き残りの方策を模索したのである。その結果、中国ではまだつくり得ない微細マイクロ成形金型を追求することにした。同時にマイクロ成形金型は外販せず、自社使用に限定した部材事業へ進出するべきであるとの結論に達した。

苦勞してつくった金型を外販すれば技術が流出してしまい、価格競争に巻き込まれて利益を得ることが難しくなる。部材事業が軌道に乗るまでは苦しいが、何としても達成しなければならないとの経営判断であった。射出成形金型製造技術はセラミックス向けのマイクロCIM (Ceramic Injection Molding) 製品を目標とし、プレス成形金型製造技術はマイクロプレス成形品を模索する決意であった(写真1~3)。本稿で紹介する内容は、このような経緯で取り組んできたものである。

仕事量が減少していく中で営業部門は情報収集に駆け回り、 $\phi 10\mu\text{m}$ レベルの穴加工品の需要

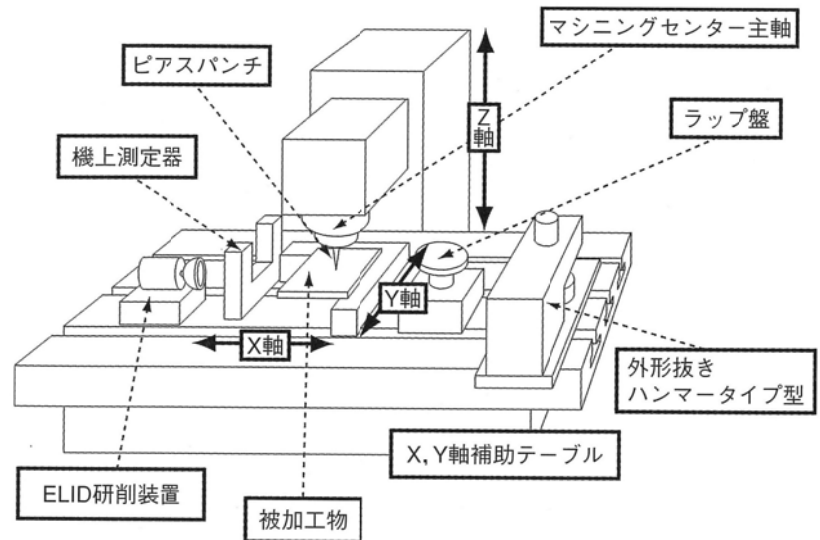


図1 システム概念図

を見つけた。従来、エッチングやレーザー加工、放電加工などで製作されてきたが、顧客側はさまざまな不満を抱えていた。コスト、精度、納期など商いの絶対条件である3拍子すべてに何らかの不満を持っていたが、半分諦めていたように感じる。そこでプレス加工による工法開発が確立できれば、まだ間に合うと強い確信を得て開発することに至った。

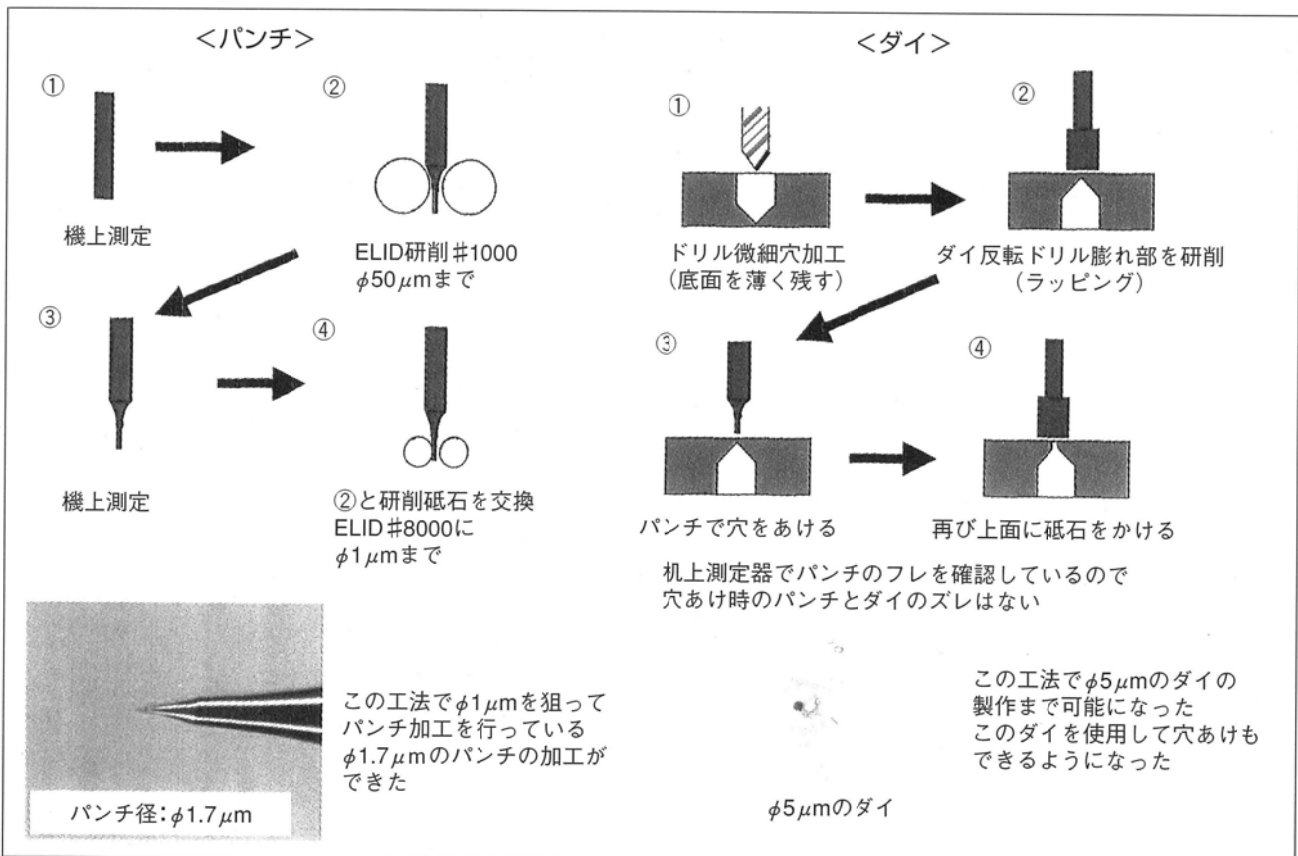


図2 パンチ・ダイの製作工程

φ1μmレベルの プレスピアス加工の発想

プレス打ち抜きは、パンチとダイを正確に位置合わせをしてこの2部品の上に材料をはさみ、パンチを叩きつけて破断させることは周知の通りである。ところが0.01mmというような微小サイズになると、人手による正確な位置合わせはベテラン職人でも難しい。もっともφ0.01mmのパンチ・ダイは市販の機械では加工ができないため、型合わせも不可能である。

このような状況を鑑みて、ワンチャッキングですべてを機械の中で完了すれば実現できると考え発想したのが、図1に示す装置概念図である。高性能マシニングセンターにパンチ研削装置、机上

測定器、ダイ、ワーク移動テーブルなどすべての機能を搭載したシステム装置をつくるべきと判断した。満足すべき必要条件を満たす各ユニットの探索を進めたが、市場で購入できたのはベースマシンに使用する高性能マシニングセンターと机上測定器のみであった。したがって、残りはすべて自社の発想による特注品となった。

次に発想したのが、図2に示すパンチ・ダイの加工方法である。写真4はシステム化した装置の外観と内部写真である。写真の2軸研削装置がパンチの研削装置であり、ここにはELID (Electrolytic In-process Dressing Grinding Technology) 研削装置を使用している。ELIDとは、パンチ表面を鏡面に加工できる工法のことである。

写真5は、この装置で製作したチャンピオンデータとなるφ1.7μmのパンチである。図3は、φ5μmパンチの3次元形状測定と面粗さ測定結果である。パンチの表面粗さはナノレベルに仕上がっている。写真4に表示しているサイリン機構 (ELID研削: 新世代加工システム(株)製) による成果である。

一方、机上測定器は目標寸法への残加工量を測定してフィードバックし、パンチを正確に仕上げる

○ベースマシン

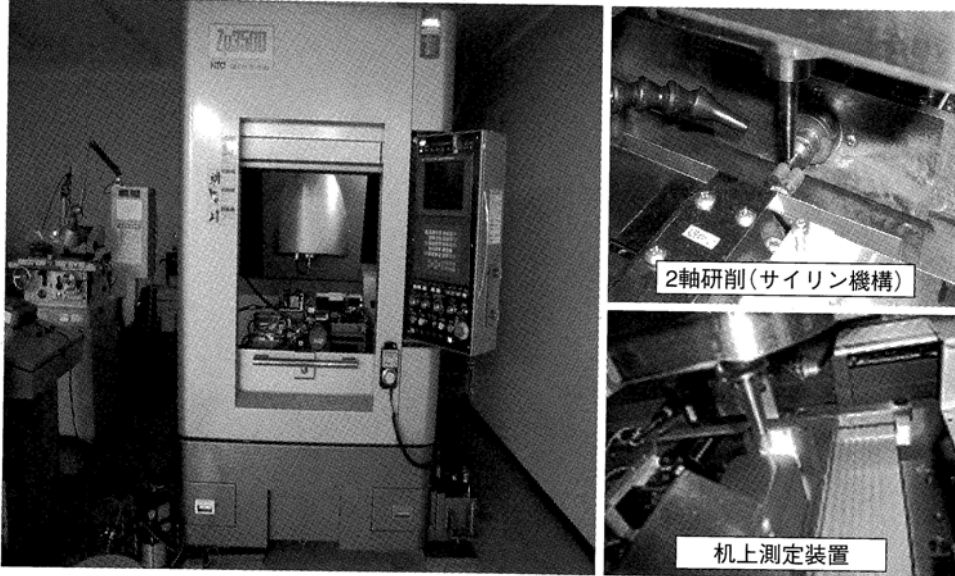
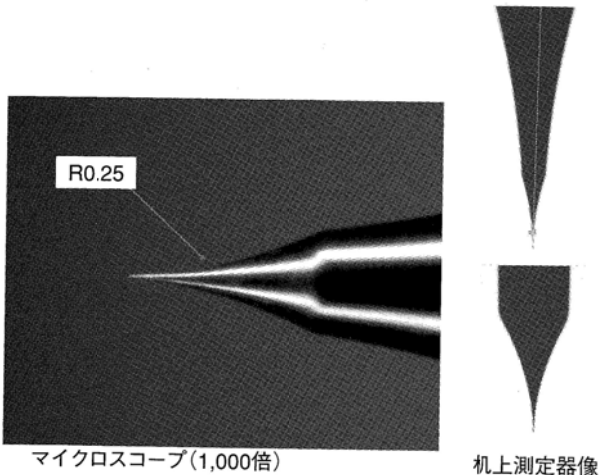


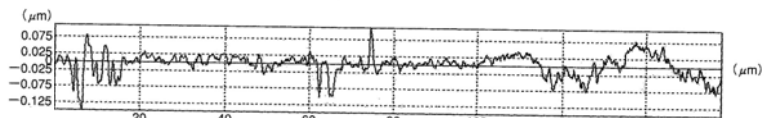
写真4 装置全体



マイクロスコープ(1,000倍)

机上測定器像

写真5 最小径φ1.7μmのマイクロパンチ



3次元形状測定

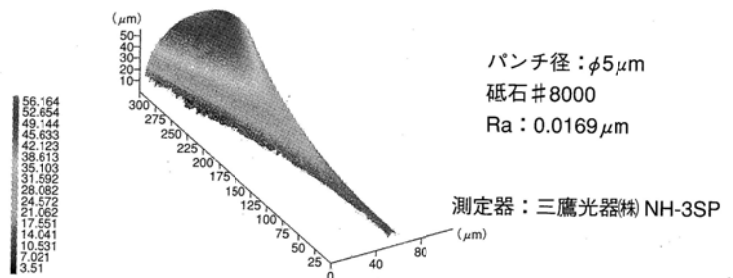


図3 微細パンチの表面性状評価

目的でジェイコア（株）ジェイネット製）を用いた。写真5で判断できるように $\phi 1\mu\text{m}$ が測定可能であり、このサイズを測定できる机上測定器は他になかった。なお、この装置も一部ソフトの変更を行っている。

図4は、 $\phi 10\mu\text{m}$ パンチのELID研削条件とパンチ写真、表面粗さ測定データである。ここで使用したパンチ素材の超微粒超硬合金は非常に優れていた。結晶粒径はサブミクロン台である。結晶粒径が $1\mu\text{m}$ あれば、 $\phi 1\mu\text{m}$ のパンチ加工はあり得ないためだ。今回の開発に必要な要素技術、要素部品がほとんど揃う日本の工業インフラの底力に感謝している。

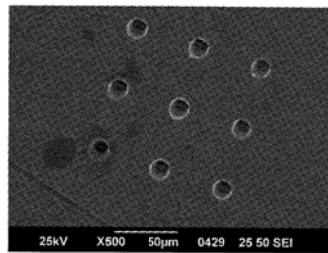
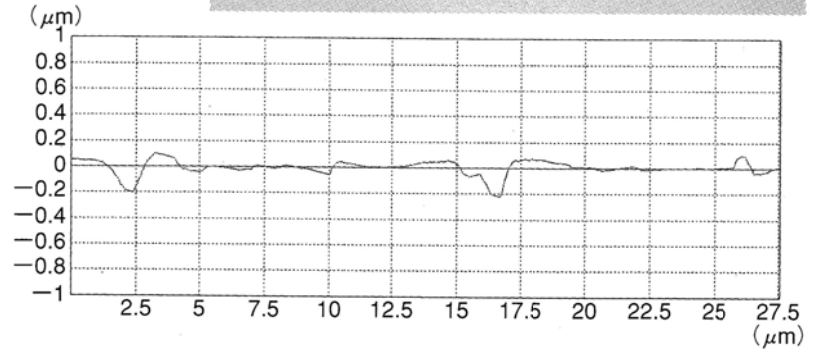
[粗さ解析結果] (JIS B 0601:2001 準拠)

カットオフ値(λc)	0.005mm	切断レベル(c)	50.00%
基準長さ(l)	0.005mm	評価長さ(ln)	0.027mm
最大山高さ(Rp)	0.0750 μm	最大谷深さ(Rv)	0.1472 μm
最大高さ(Rz)	0.2222 μm	平均高さ(Rc)	0.1539 μm
最大断面高さ(Rt)	0.3240 μm	算術平均高さ(Ra)	0.0358 μm
二乗平均平方根高さ(Rq)	0.0519 μm	スキューネス(Rsk)	-0.653
クルトシス(Rku)	5.633	平均長さ(RSm)	2.9340 μm
真荷長さ率(Rmr(c))	91.585%		

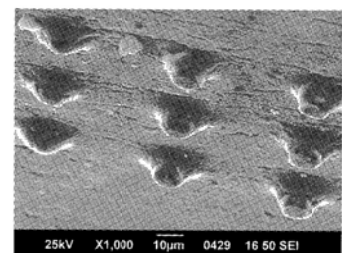
ワーク材質：TFS06(富士ダイス)粒径0.2~0.25
 砥石：SD8000N100M-1(#8000メタルボンド $\phi 2$)
 砥石回転数：40,000rpm
 ワーク回転数：3,000rpm
 加工送り速度：20mm/min(粗、中、仕上げ共通)
 砥石切り込み量：0.1 $\mu\text{m}/\text{sec}$ (粗、中)
 0.03 $\mu\text{m}/\text{sec}$

研削油：ヴァニソールNo115水溶性50倍希釈

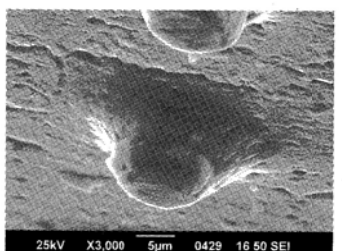
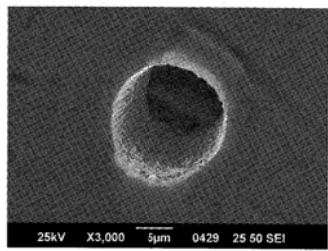
図4 $\phi 10\mu\text{m}$ マイクロピ アスパンチ



表側



裏側



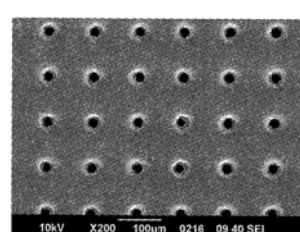
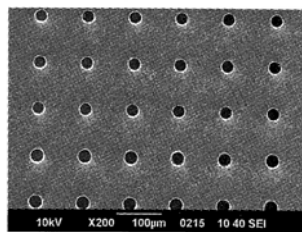
穴あけプレス加工 工法

(1)ダボ出し方式

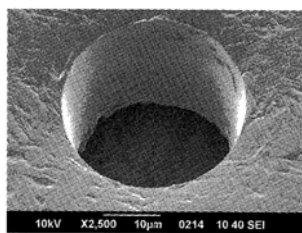
ダイ寸法を大きくして過大クリアランスでダボ成形を行った後、裏側の突起をラップなどで除去することで穴あきプレートを製作する工法である(写真6)。この工法は、ダイ穴が大きくできるため金型製作は容易になるが、裏側の突起を除く工程が余分になる。

この工法は他社でも先例がある。詳しくは、2007年2月NEDO発行「ナノテクノロジー」に発表

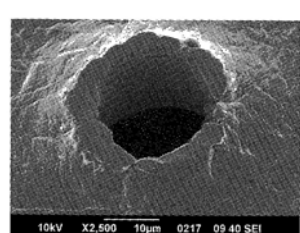
写真6 ダボ出し方式



SUS316
t=20 μm
 $\phi 20\mu\text{m}$
ピアス打ち抜き



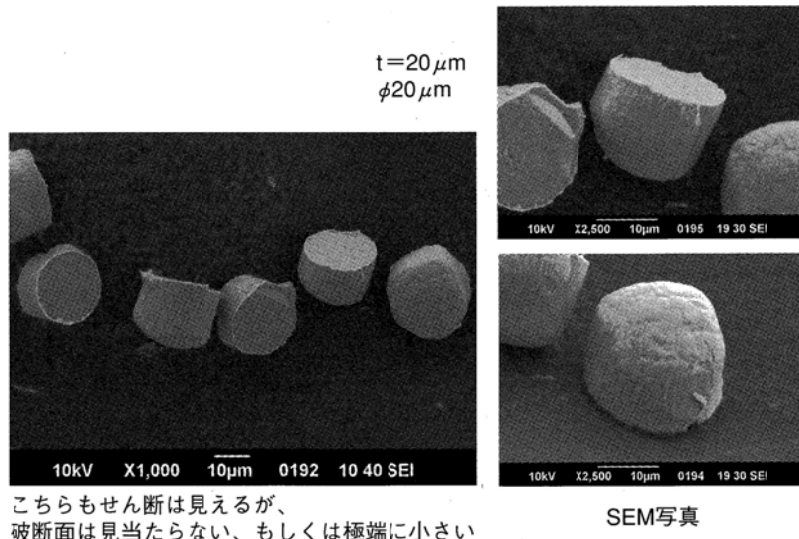
表



裏

写真7 $\phi 20\mu\text{m}$ 打ち抜き方式

表面にダレ、裏面にバリが見える
 拡大するとせん断面が見えるが、破断面は見当たらない



こちらせん断は見えるが、破断面は見当たらない、もしくは極端に小さい

SEM写真

写真8 φ20 μm 打ち抜き方式の抜きかす

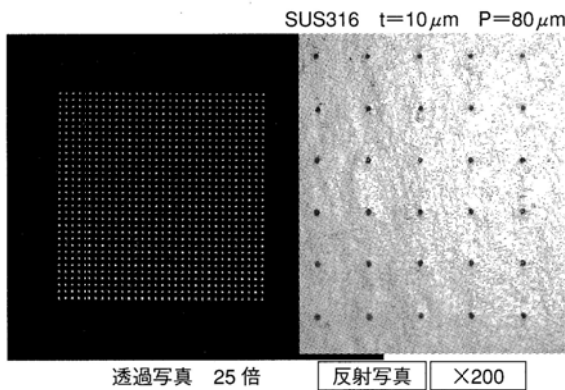


写真9 φ10 μm 連続穴加工 (1,024 穴)

されている東京大学の林名誉教授の報告書を参考にしてほしい。φ10 μm 以下はダイの加工が困難であるため、この工法を採用せざるを得ないのが現段階での実情である。

(2) 打ち抜き方式

穴径の大きめのもの (φ10 μm 以上) はダイ穴の加工が比較的に楽なため、適正クリアランスの一般的なプレス加工型で対応ができる (写真7)。写真8はこのときのスクラップである。試作品サンプルを写真9に示す。

プレス加工により発生するひずみの除去工法

プレス加工では、加工圧力によりワーク材に圧縮応力と引張応力が残留する。メンブレン状の穴密度の高い製品は、図5に示すような碗形状の残留ひずみが発生する。これを除くためにレーザ

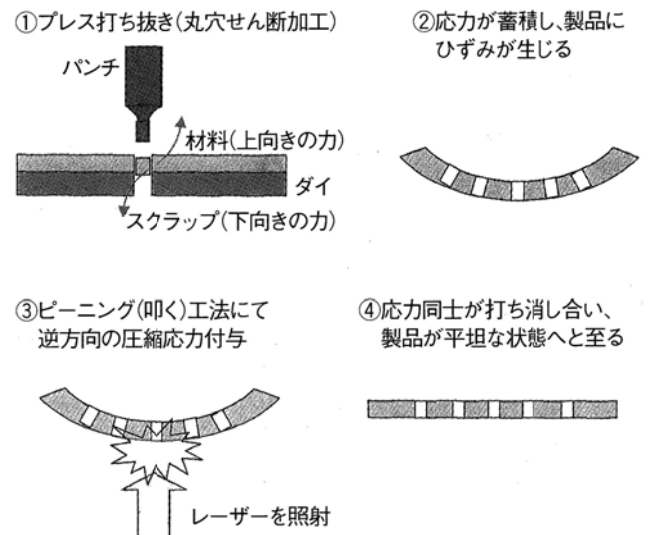


図5 マイクロピアスおよびピーニング工法略図

ーピーニング工法を採用した。工法の原理を図6に示す。

水中で時間幅数 ns 程度のレーザーパルスを材料の表面に照射することで高圧のプラズマを発生させ、これに伴う衝撃力を利用することが基本である。この処理を行うことにより金属材料の表面に高い圧縮残留応力が形成され、プレスひずみが修正される。水はプラズマの膨張を妨げるため、狭い場所にレーザーエネルギーが集中する。プラズマの圧力は空気中の100倍近くになり、GPaレベルに達する。今回開発したレーザーピーニング装置を写真10に示す。この装置を使ってひずみ取りを行った結果を図7に示す。この工法は、東芝が原子力発電のメンテナンス用に開発してプ

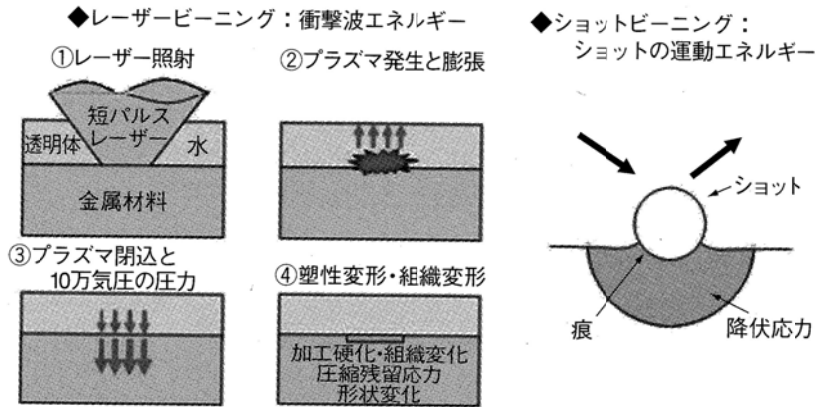


図6 レーザーピーニングとショットピーニングの原理比較

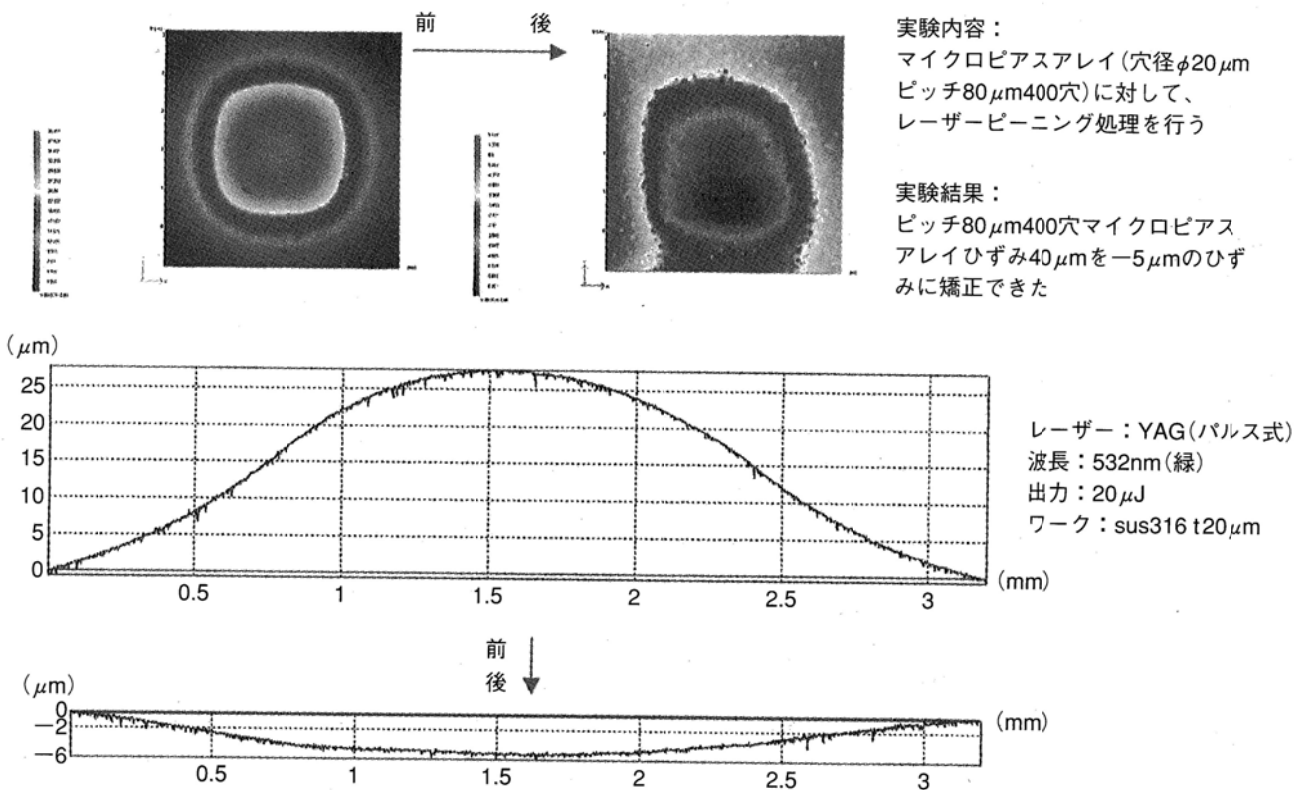


図7 レーザーピーニング実験

レス発表したものを応用した。

なお、筆者は写真10の装置に不満を持っている。見ての通り製造現場で気楽に使える代物には仕上がっていない。これをベースにコンパクトにまとめ、製造現場で気楽に使える装置に仕立て上げる必要を感じている。当開発装置はパンチングプレスマイクロ版の位置づけにある。1穴ずつの加工であるため、コスト的には不利になる。マルチで穴あけができる工法開発が待たれる。



装置全体写真

仕様
レーザー (Continuum) 社
製) : Minilite 1
波長 : 532nm
パルスエネルギー : 12mJ
周波数 : 1~15Hz
パルス幅 : 3~5nsec
拡がり角 : 3mrad (全角)
偏光方向 : Vertical
自動ステージ : XYZ軸スト
ローク : 50mm

写真10 レーザーピーニング装置 (ひずみ取り)