

# NACHI-BUSINESS

Machining news

Vol. **2** B2  
February/2004

マシニング事業

油圧機器

## ■ 新商品紹介

液晶ディスプレイ光学素子金型加工機

「ナノグルーバ AMG92P」

Ultra Precision Groove Cutting Machine  
"Nano Groover AMG92P"

〈キーワード〉 液晶ディスプレイ・バックライトユニット・導光板  
プレーナー加工・リニアフレネル・ヘール加工  
油静圧ねじ

機械工具事業部／プレシジョン製造所／技術部

牧野 哲也

## 要 旨

最大画面サイズ36インチまでの液晶ディスプレイに対応するバックライト用光学素子金型加工機『ナノグルーバ AMG92P』を開発し、発売を開始した。

代表的なバックライト用光学素子である導光板の金型加工機には、超精密な微細溝を安定した精度で効率良く加工できる性能が求められる。AMG92Pは、油静圧ねじに代表される当社独自の静圧要素により、超精密な微細溝加工の高精度化、高能率化に大きく貢献できる加工機である。

“ナノグルーバ”とは、  
 『ナノは、ナノメートル単位(1mの $1/10^9$ )』  
 『グルーバは、“groove”(溝を表わす)』  
 であり、微細な溝を加工するという意味合いを込めた。

## Abstract

We have developed Ultra Precision Groove Cutting Machine, "Nano Groover AMG92P" that supports the Liquid Crystal Display (LCD) of 36 inches or smaller. The groove cutting machine for the Light guide plate that is the typical optical device for the backlight LCD requires the efficient cutting of microscopic grooves with stable precision. Our exclusive hydrostatic technology typical of hydrostatic pressure screw is used in AMP92P. The ultra precision groove cutting machine performs the high-precision and high-efficient cutting of microscopic grooves.

"Nano Groover" means the machine that cut microscopic grooves and is named after Nano-meter ( $1/1000$  of  $1\mu\text{m}$ ) and groove.

## 1. 液晶ディスプレイに

薄型テレビの代表格である液晶ディスプレイの国内出荷台数は、年約30%の伸び率を示し、2005年には、従来のブラウン管方式のテレビを上回ると予想されている。

成長期を迎えた液晶ディスプレイ市場では、各メーカーが技術開発を活発に行なっており、つぎに示すプリズム式導光板の開発が重要課題である。

液晶ディスプレイには、図1に示すように、光源としてバックライトユニットが組み込まれており、導光板は、明るく均一に照らす役割を担うキーパーツである。導光板の役割を図2に示す。1個のランプで画面全体を均一に照らすことができる導光板は、携帯性と消費電力が重視されるノートパソコンやデスクトップモニターに使用される場合が多い。

数十万～数百万個の微小な突起を印刷やスタンパ方式で形成していた従来の<sup>※1</sup>ドット式導光板が、高輝度・高精細・省電力・薄型が期待できる<sup>※2</sup>プリズム式導光板に変わろうとしている。

### 《プリズム式導光板の特長》

- ・ 光の損失が少ない (省電力・高輝度)
- ・ 導光板を薄くできる (薄型化・軽量化)
- ・ 光学シートが削減できる (低価格化)



製品写真

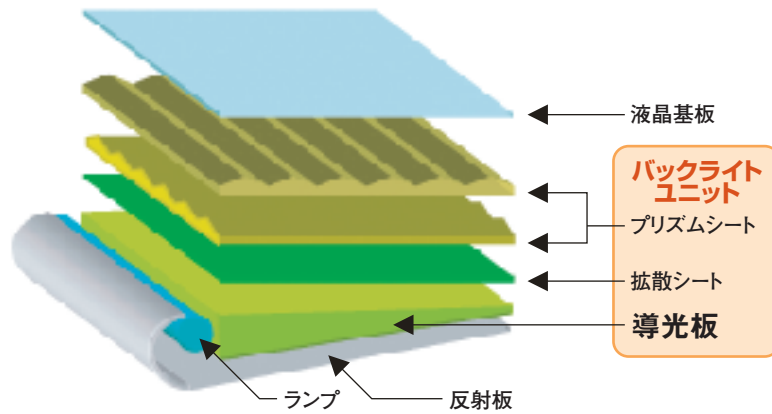


図1. 液晶ディスプレイの構造 (バックライトユニット)

※3  
 プリズム溝を形成する際、総型のダイヤモンドバイトを用いた金型の切削加工が行なわれる。形状精度は $0.1\mu\text{m}$ 程度、また、大画面化にともない金型の大型化などが求められている。

一方、20インチを上回るテレビ用の液晶ディスプレイ

は、図3に示すように、導光板を使用せず、液晶の背面にランプを多数並べる直下型方式が多い。しかし、省電力・コストダウンのため、ランプを減らす方向にあり、画面の明暗ムラの解消に向けて、拡散板にも超精密な微細溝加工が必要になると予想される。

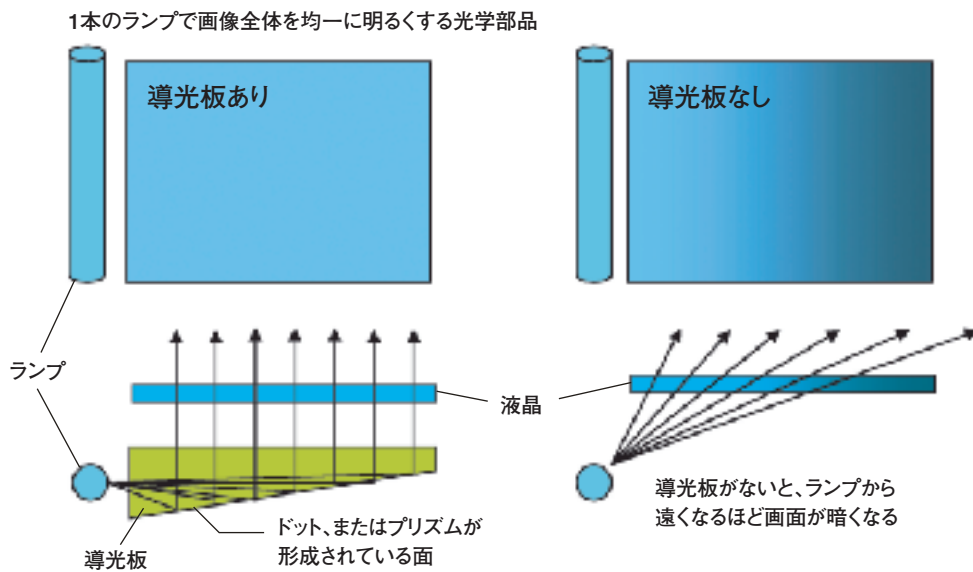


図2. 導光板の役割

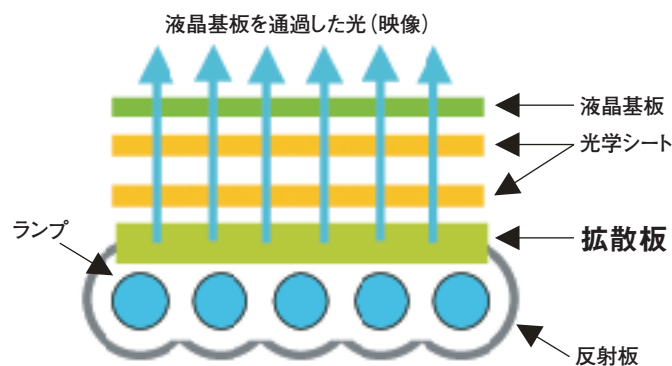


図3. 大型テレビ用液晶ディスプレイの構造

## 2. 開発の課題と装置の構成

### (1) 開発の課題

大画面化にともない、加工機には金型サイズの大型化と0.1 $\mu$ mの超精密精度の確保を両立させることが求められる。また、加工能率はもとより、室温変化などの外乱の影響を極力受けないことや、加工時間の短縮が求められ、高速切削と高精度加工の両立が重要である。しかし、従来の超精密加工機は、“最大ワークサイズは10インチ

まで”、“加工速度は300mm/minまで”が限界であり、既存の加工機では市場ニーズを満たせないと判断した。現在、他社の加工機においても、十分な加工精度を満たすものは見あたらない。NACHIは、従来の“AMG42P”“AMG62P”に加え、新たな加工機“AMG92P”の開発に着手した。

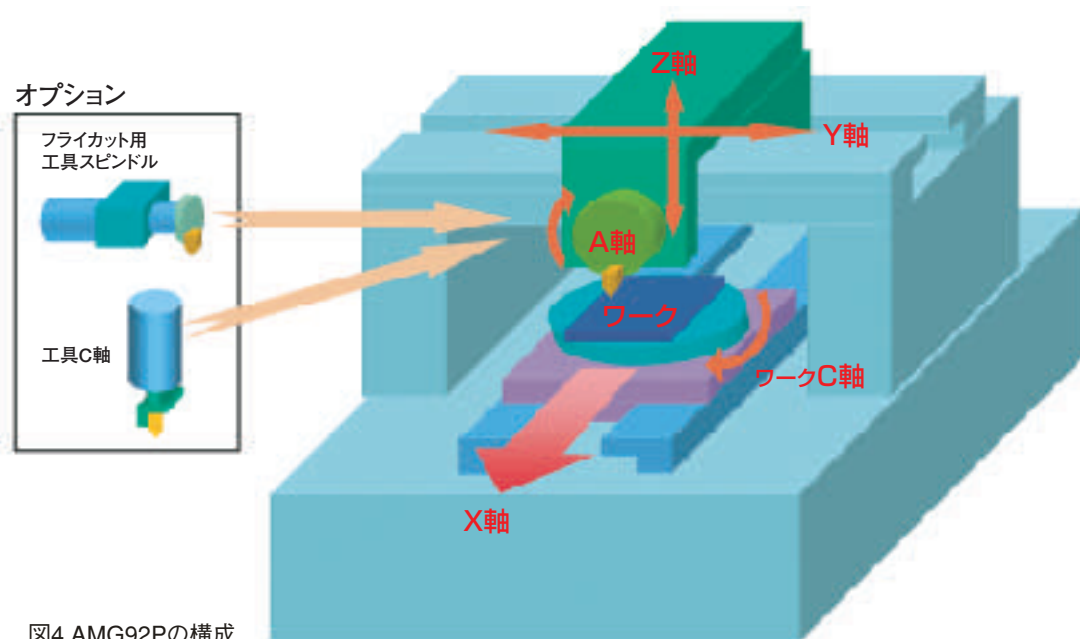


図4.AMG92Pの構成

A軸	:垂直面内で工具を旋回し、多種の溝断面形状に対応
工具C軸	:水平面内で工具を旋回し、波型の溝や、同心円の溝を加工
ワークC軸	:水平面内でワークを旋回し、同心円溝や、らせん溝を加工

## (2) 装置の構成

装置構成を図4に示す。門型構造を採用し、対称形になるように配慮した。また、工具の位置決めに必要なY軸とZ軸は門の上部に配置することで、ワークサイズの大型化にともない移動距離が長くなるにもかかわらず、高い直進性と剛性を確保した。

一方、X軸には高速性が要求される。加えて、加速・減速を繰り返して行なうため、慣性モーメントの影響が少なくなるように配慮した。

回転3軸を設け、溝の形状に自由度を与えた。各軸の役割は頁3の下に示すとおり。

## (3) 「油静圧ねじ」と「リニアモーター」

高分解能が要求される軸には“油静圧ねじ”、高速性が要求される軸には“リニアモーター”という、NACHI独自の構成で機械を構築している。(表1参照)

世界で唯一、NACHIのみが製作できる“油静圧ねじ”と油静圧スライドを組み合わせて、“完全非接触で摩擦ゼロ”を実現している。位置決め分解能は、他のいかなる方式にも勝る。

AMG92Pは、油静圧ねじとリニアモーターの特長を最大限に活かし、超高精度で、かつ高生産性を可能にした。

表1

	リニアモーター	油静圧ねじ+回転モーター
最小位置決め分解能	○	◎
外乱に対する強さ	△	◎
軌跡追従速度	◎	○
最高移動速度	◎	△

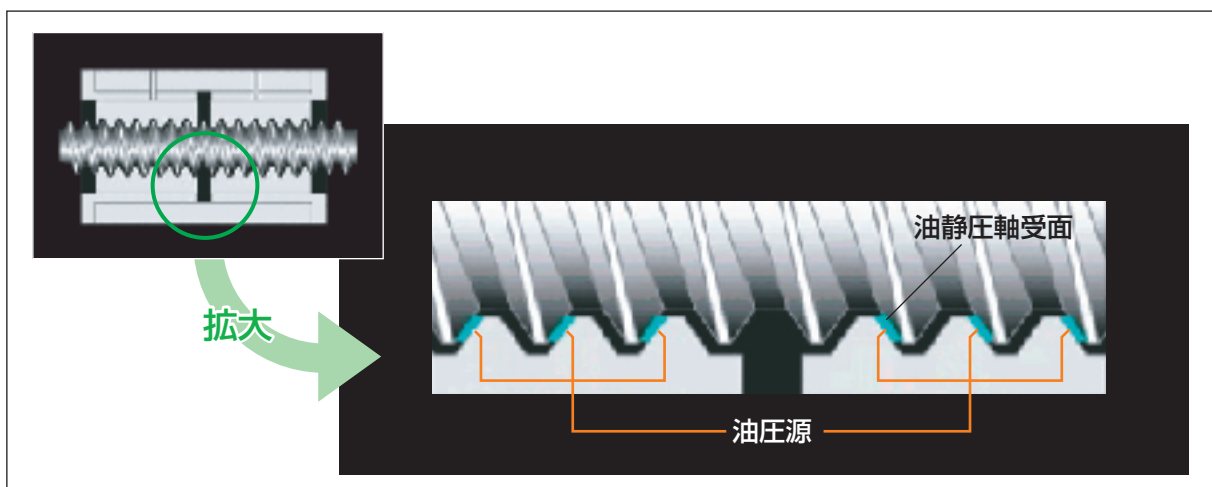


図5.油静圧送りねじの構造

## 3. 特 長

### (1) 超高精度の工具位置決め軸

プリズム溝形状を高精度に加工するには、“極めて精度良く工具を位置決めすること”が重要である。NACHI独自の油静圧ねじをZ軸に採用し、 $0.001\mu\text{m}=1\text{nm}$  (ナノメートル)の制御を実現している。この方式は、他の方式に対して独自の優位性をもっている。

### (2) 高い生産性

加工方式は、高速切削と高精度加工が両立できる<sup>※4</sup>プレーナー方式とし、 $10\text{m}/\text{min}$ 以上の高速切削を可能にするため、X軸の駆動にはリニアモーターを採用している。その結果、最高速度 $12\text{m}/\text{min}$ を実現し、従来加工機に比べて、生産性を大幅に向上した。

一方、Y軸にもリニアモーターを採用し、X軸との輪郭制御における軌跡追従速度を高め、波形や同心円形状の溝加工の効率を大幅に向上した。

### (3) 油静圧スライドを採用

プリズム溝の真直度と平滑性を向上させるため、スライド案内には直進性にすぐれ、かつ剛性の高い油静圧スライドを採用し、 $0.05\mu\text{m}$ 以下の高いうねり精度を達成している。また、静圧軸受面を上下左右に配した全面拘束方式により、移動中の<sup>※5</sup>動圧効果を相殺し、加工速度に影響されない高精度加工を実現している。

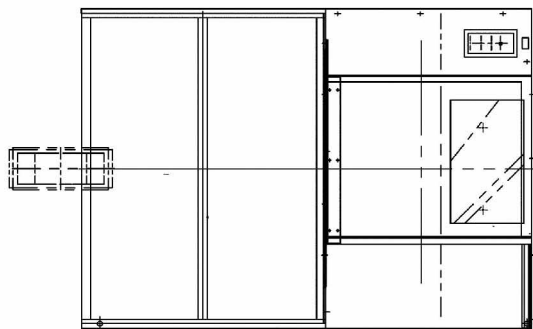
以上のように、機能と精度に対して最適な要素を組み合わせることで、高い生産性と高精度加工のニーズに対応している。

また、可動部を完全非接触構造とすることで、機械の寿命は半永久的となり、オーバーホールを必要とせず、コストパフォーマンスの面で大きく貢献している。

## 4. 仕様のまとめ

最大ワークサイズ 800×800 (mm) [36インチ (16:9) 39インチ (4:3)]

	X軸	Y軸	Z軸	A軸	ワークC軸	工具C軸
最大ストローク	1000mm	850mm	100mm	無限回転	無限回転	無限回転
最高速度	12000mm/min	1800mm/min	300mm/min	5rpm	5rpm	60rpm
最小設定単位	0.1 $\mu$ m	0.01 $\mu$ m	0.001 $\mu$ m	0.0001°	0.0001°	0.0001°
軸受方式	油静圧	油静圧	油静圧	空気静圧	空気静圧	油静圧
駆動方式	コアレスリアモーター	コアレスリアモーター	ACサーボ+油静圧ねじ	ACサーボ	ACサーボ	ACサーボ
真直度 (垂直面内)	0.5 $\mu$ m/800mm	0.5 $\mu$ m/800mm	0.5 $\mu$ m/100mm	—	—	—



(上面)

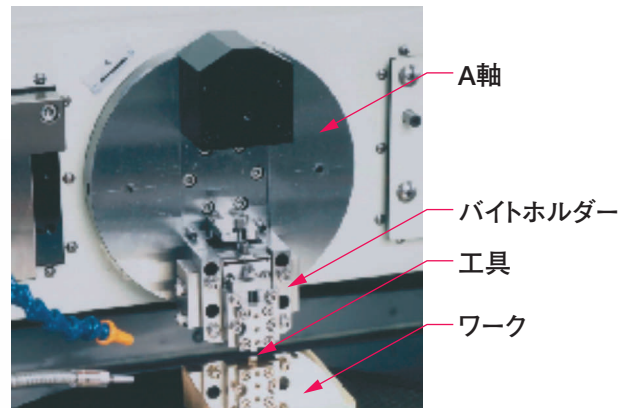
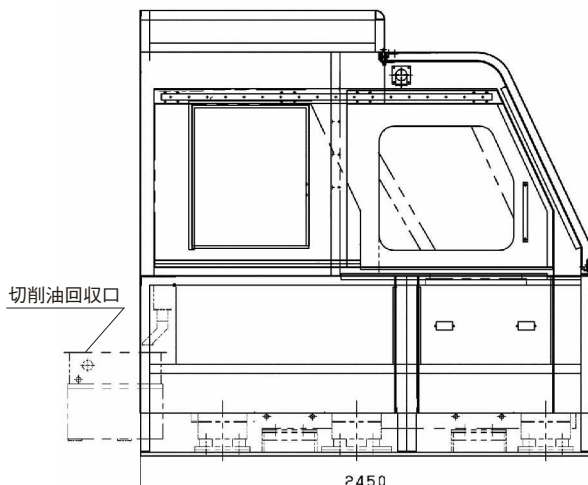
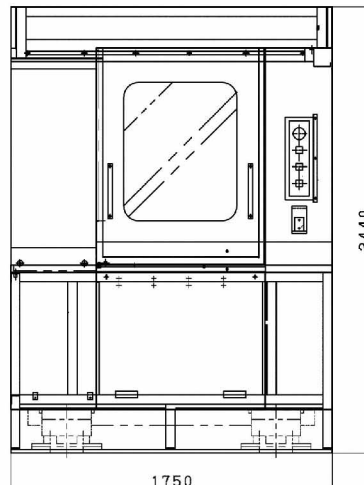


図6.工具まわりの外観



(側面)



(正面)

図7.外形寸法 (単位:mm)



## 5. 応用加工の効果

(15インチ用導光板金型の加工実例)

加工面

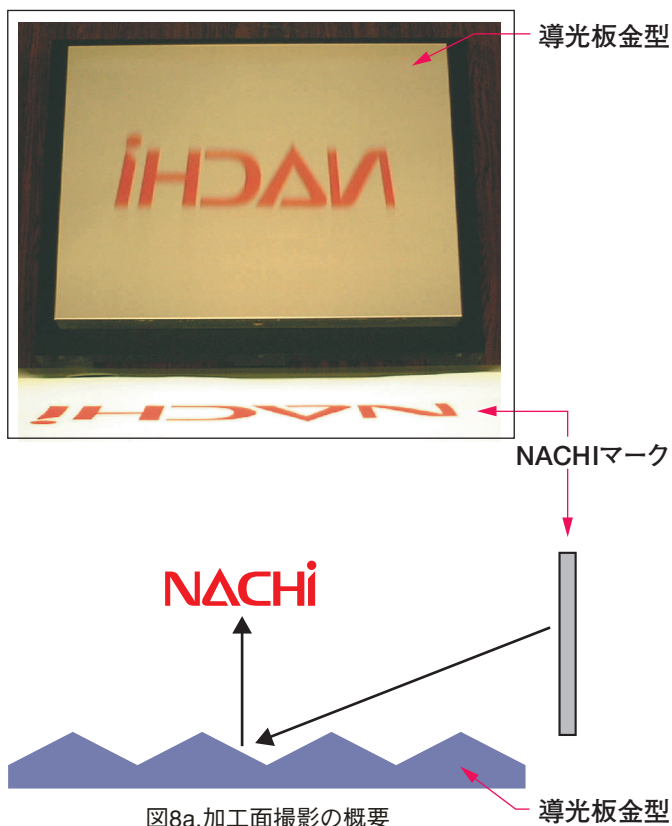


図8a.加工面撮影の概要

画面サイズ :15インチ  
 材質 :ニッケル合金  
 加工速度 :10m/min  
 溝ピッチ :0.050mm  
 使用金具 :ダイヤモンドバイト

全面に微細なプリズム面を加工した結果、均一な反射面が得られた。

図8aは、“NACHI”マークが上方に反射されている様子を示す。

実際の導光板では、NACHIマークの代わりに光源から出た光を液晶パネルに向かって反射させる。

拡大観察

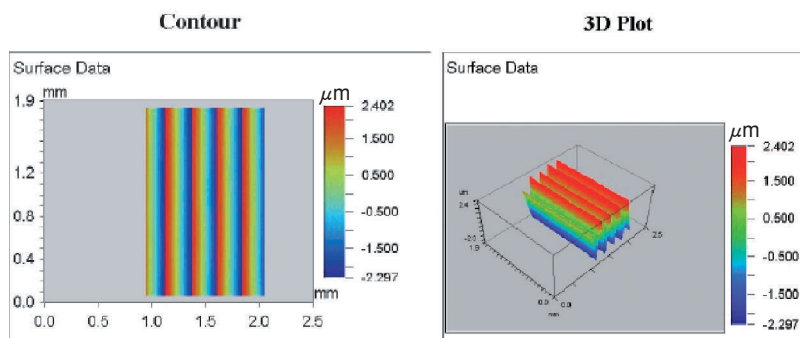


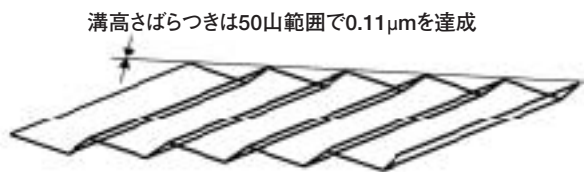
図8b.拡大観察例

表面を拡大観察した結果、プリズム面が平滑であり、溝の稜線に“ばり”や“かえり”がなく良好な形状である。

測定：WYKO製  
 表面粗さ測定機



## 加工精度



他社製加工機との比較結果を図8cに示す。導光板の性能で重視される溝高さのばらつきは、他社(赤)の $0.2\mu\text{m}$ 強に対して、NACHI(青)の結果は $0.11\mu\text{m}$ であり、AMG92Pの優位性が証明できる。

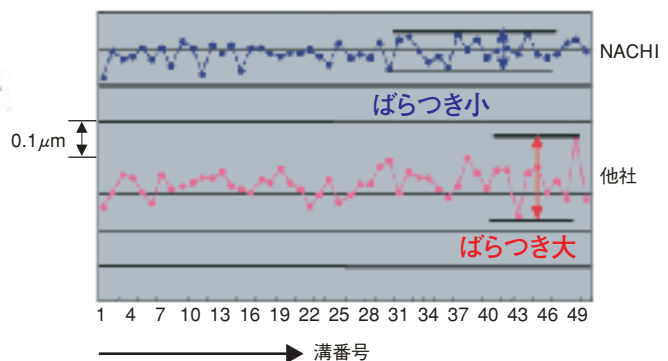


図8c.加工精度比較

## ※6 (リニアフレネル加工への応用)

リニアフレネルは、薄型で普通の凹・凸レンズと同じ役割をもたせることが可能なので、液晶バックライトの光学素子として適している。

図9a.bに示すように、溝ごとにプリズム形状が異なるため、あらかじめ全てのA面を加工後、バイトの角度を変え、Y軸とZ軸方向のずれ量を補正してB

面を加工する。A面とB面を加工する際、相対位置決め精度の向上が重要となる。

AMG92Pは、長時間加工でも熱変形の影響を受けにくい門型構造とした。全静圧構造を採用し、20山の高さのばらつきで約 $0.2\mu\text{m}$ の精度を実現している。

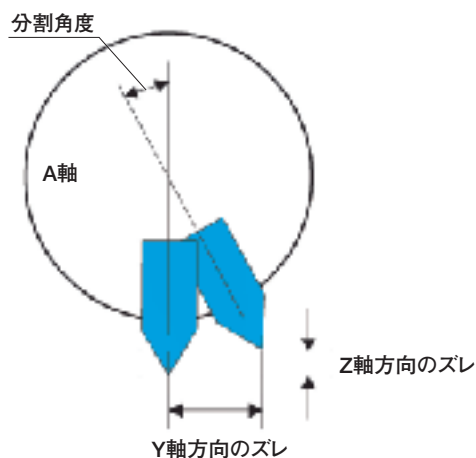


図9a.リニアフレネル加工の例

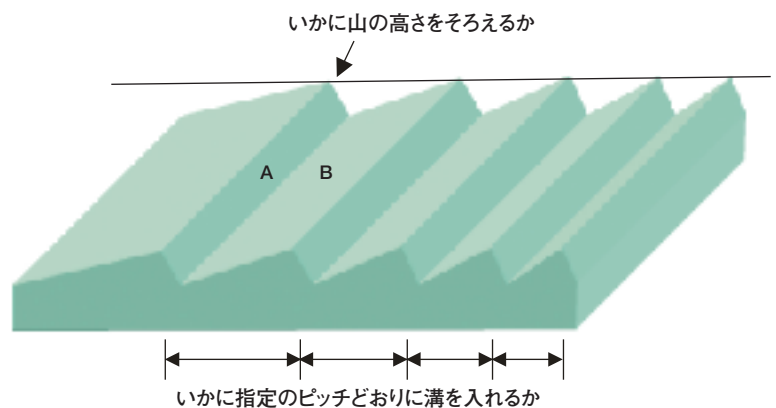


図9b.リニアフレネル加工のイメージ(全体の一部)

## (ヘール加工への対応)

携帯電話やノートパソコン用の液晶ディスプレイは、軽量・コンパクト化の流れのなかで、小さな光源で、画面全体を均一な明るさで照らすことが求められている。とくに、携帯電話はLEDによる点光源が一般的で、導光板には図10に示すような扇形や波形模様が考案されている。このような形状の溝を連続的に加工するには、X軸とY軸の輪郭制御だけでは不可能で、溝の向きに合わせて、バイトの方向を制御するヘール加工が必須になる。

AMG92Pは、最小分解能 $0.0001^\circ$ で制御可能な工具C軸をオプションで選択でき、高精度なヘール加工にも対応できる。

溝のバリエーション (例)

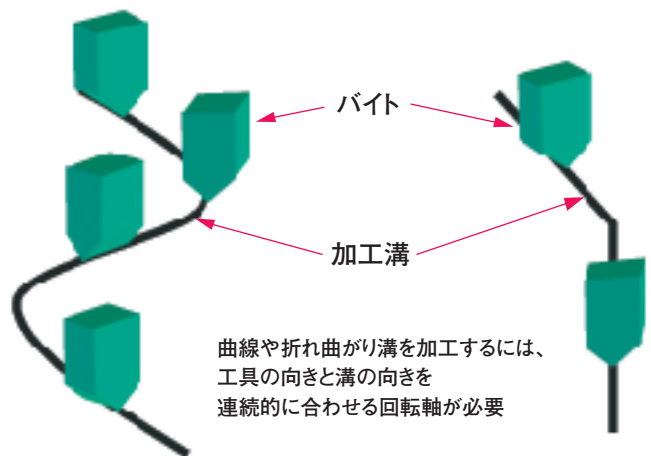
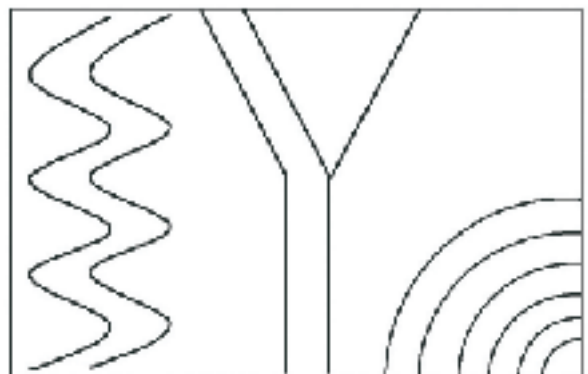


図10.ヘール加工への対応

## 6. AMGシリーズに3機種

AMG92Pをはじめ、AMGシリーズに3機種を用意し、適用できる画面サイズ別に最適な機種を選択できる。

AMG92P：36インチまでの大画面テレビ用として  
導光板以外の光学素子にも対応

AMG62P：パソコンモニターなどの中型液晶ディスプレイ用として、最大24インチまで対応

AMG42P：携帯電話やPDA、ノートパソコン用として、最大16インチまで対応

いずれの機種も、油静圧ねじ・リニアモーター・油静圧スライドを採用。超精密で高能率な加工を実現し、機械的な精度劣化がなく、運用コストに大きく貢献できる。

### 用語解説

#### ※1 ドット式導光板

光がドットに当たることで、拡散反射が生じ、この位置に対応する面が明るくなることを利用している。

#### ※2 プリズム式導光板

V断面のプリズム溝を利用して光を反射させる。狙った光学特性を与えやすい。

#### ※3 縞型のダイヤモンドバイト

あらかじめ溝の断面形状どおりに成型されているバイト。

#### ※4 プレーナー方式

バイトを固定してワークを高速で移動。彫刻刃で溝を彫る様子に似ている。

#### ※5 動圧効果

スライドが動く時、速度とともに発生する圧力で浮上する現象。

#### ※6 リニアフレネル

図11に示すように、シリンダリカルレンズと同様の役割を持つレンズ。

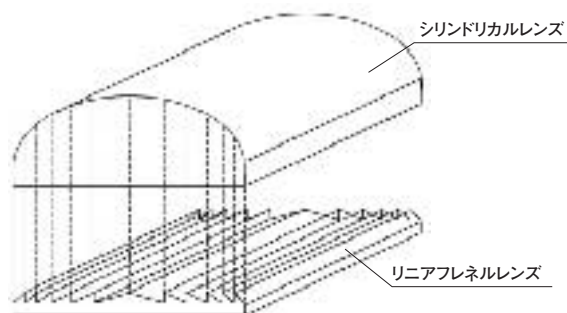


図11. リニアフレネルの概要

### 参考文献

金井巨光：2003年度精密工学会秋季大会シンポジウム資料  
“超精密工作機械の位置決め機構の現状”

本 社	本社・富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	Tel.076-423-5111	Fax.076-493-5211
	東京本社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5111	Fax.03-5568-5206
http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/					
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221
				マシンナリー	Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242
				ロボット	Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5251
				ベアリング	Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231
東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル 油圧機器	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313	Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978
滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2630	
			カーハイドロリクス	Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324	
			クリーンサーモ	Tel.076-471-2981 Fax.076-471-2987	
			コーティング 精密成形	Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989	Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992
水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081	
営業拠点	東日本支社	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5280	Fax.03-5568-5290
	北関東支店	群馬県太田市下浜田町1087-7	〒373-0821	Tel.0276-46-7511	Fax.0276-46-4599
	北海道営業所	札幌市東区本町1条10-4-10	〒065-0041	Tel.011-782-0006	Fax.011-782-0033
	東北営業所	福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F	〒963-8025	Tel.024-991-4511	Fax.024-935-1450
	中日本支社	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル	〒465-0095	Tel.052-769-6811	Fax.052-769-6830
	東海支店	浜松市砂山町353-3 大協土地ビル7F	〒430-0926	Tel.053-454-4160	Fax.053-454-4845
	北陸支店	富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒930-0966	Tel.076-425-8013	Fax.076-493-5215
	西日本支社	東大阪市本庄西2-73-14 ナチ大阪ビル	〒578-8522	Tel.06-6748-2510	Fax.06-6748-1955
	中国四国支店	岡山市西古松2-2-30	〒700-0927	Tel.086-244-0002	Fax.086-243-4346
	広島営業部	広島市安佐南区西原8-25-10	〒731-0113	Tel.082-832-5111	Fax.082-832-5114
九州支店	福岡市博多区山王1-10-30	〒812-0015	Tel.092-441-2505	Fax.092-471-6600	
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A. BRASIL			
	EUROPE	SPAIN CZECH			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE THAILAND TAIWAN KOREA CHINA			
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A. CANADA MEXICO			
	EUROPE	GERMANY SPAIN U.K. ITALY			
	ASIA and OCEANIA	SINGAPORE VIETNAM MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES CHINA TAIWAN THAILAND KOREA AUSTRALIA			