

知 識 編

1. マシニングセンタとファインセラミックス加工

(1) マシニングセンタによるファインセラミックス加工の意義

ファインセラミックス（以下、セラミックスと呼ぶ）は、さまざまな種類があるが耐摩耗性に優れている、軽い、腐食しない、電気絶縁性に富んでいるなど、優れた特徴をもつ素材である。

セラミックスの特徴を生かし、機械部品・電気部品などに応用し、製品性能の向上を図るなど、付加価値の高いセラミックス部品をつくりだしていくことの意義は極めて高いものといえる。

しかし、セラミックスは焼成過程において大きく収縮（10～20%）し、しかもその収縮を予測することは困難であることから、焼成前の形状は最終形状に対して十分な取り代をとる必要がある。また、図1で示すように加工上の問題点もともなう。

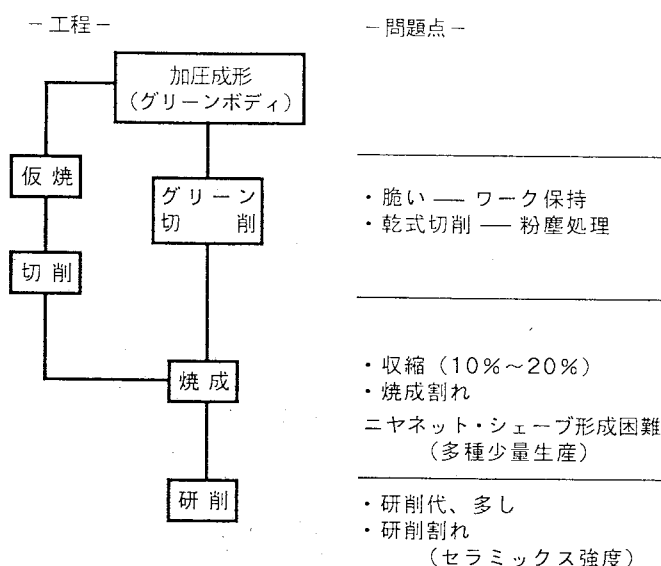


図1 セラミックスの製造工程と加工上の問題

したがって、セラミックスを最終形状に高精度に仕上げるためには、工作機械には次の点が要求される。

- ① 大きな取り代（通常、1～2mm）を短時間に、しかも高能率に加工できること。
- ② 平面加工だけでなく、段付け加工、溝加工、穴加工、輪郭加工などさまざまな形状の加工ができること。

焼成後のセラミックスは、非常に硬く、切削工具による加工は困難である。したがって、加工は研削加工が中心となるが、一般の研削盤では一回の研削代が小さく、研削代が大きい場合には研削盤はあまり実用的ではない。

セラミックス加工用のマシニングセンタは、極めて高い機械剛性をもち、铸铁ファイバボンド砥石によるセラミックスの高能率研削を可能にしている。これによって、セラミックスの研削コストを下げ、付加価値の高いセラミックス部品を容易に加工することができるようになった。

(2) セラミックス加工用マシニングセンタの概要

マシニングセンタとは、フライス、エンドミル、タップ、ドリルなどの切削工具を自動交換（自動工具交換：ATCという）し、さまざまな形状の部品を加工することができる工作機械である。

しかし、従来のマシニングセンタは切削加工において十分な威力を発揮するものの、研削加工に対応するものとはなっていない。

セラミックス加工用のマシニングセンタは、切削工具以外に研削砥石を使用しての研削加工を可能にした工作機械であり、しかも、セラミックスなどの高脆材料を自由な形状に、高能率で、かつ高精度に研削することができる。以下、セラミックス加工用マシニングセンタの概要を紹介する。

① セラミックス加工用マシニングセンタのタイプ

セラミックス加工用マシニングセンタは、主軸の向きにより横形と立形のタイプに分類することができる。図2および図3にその外観を示す。

一般に、横形はX,Y,Zの3軸の他に、テーブルの回転割出しができるB軸があり、工作物の1回の取付けで多面の加工ができる特徴がある。

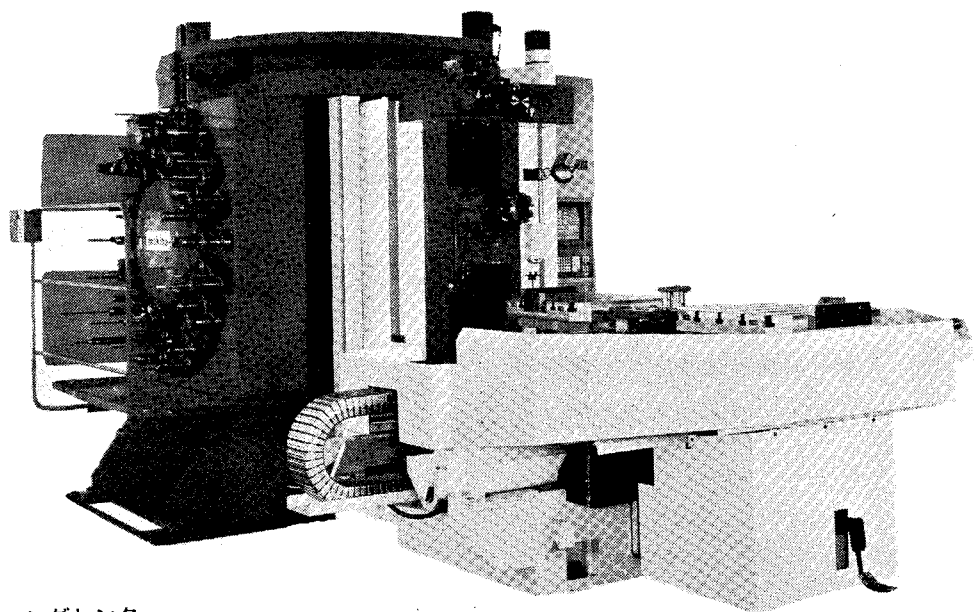


図2 横形マシニングセンタ

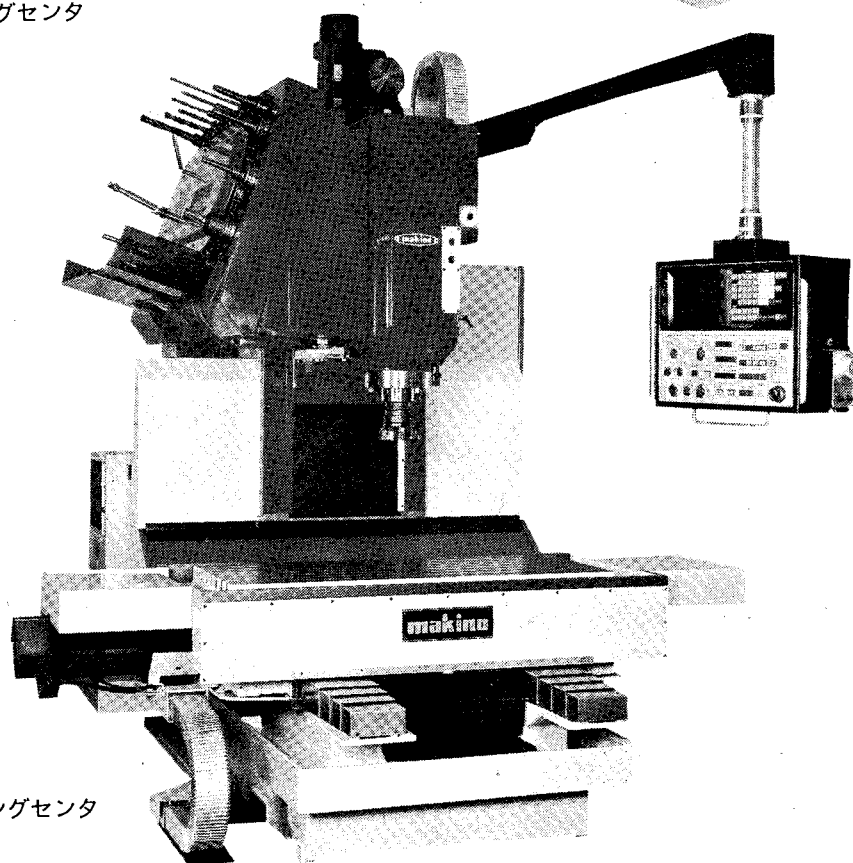


図3 立形マシニングセンタ

② セラミックス加工用マシニングセンタの基本構成

図4に横形マシニングセンタの基本構成を示す。

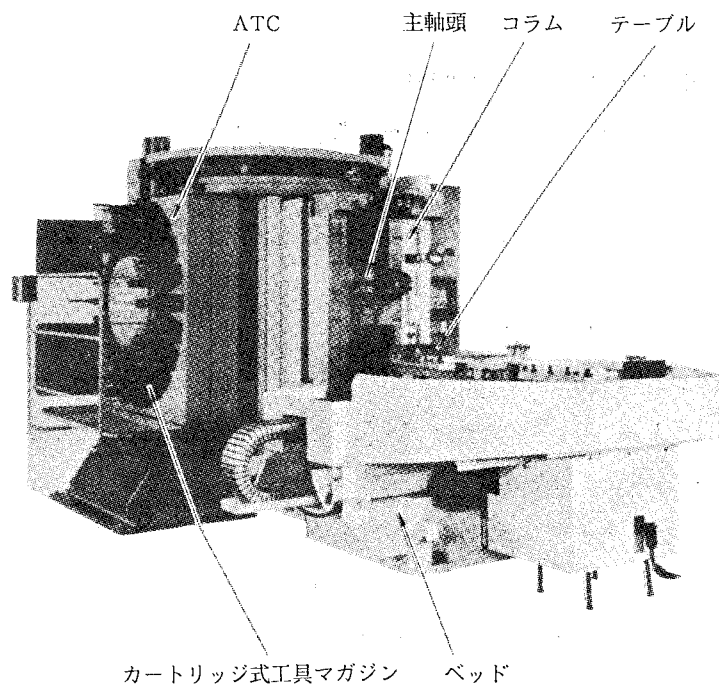
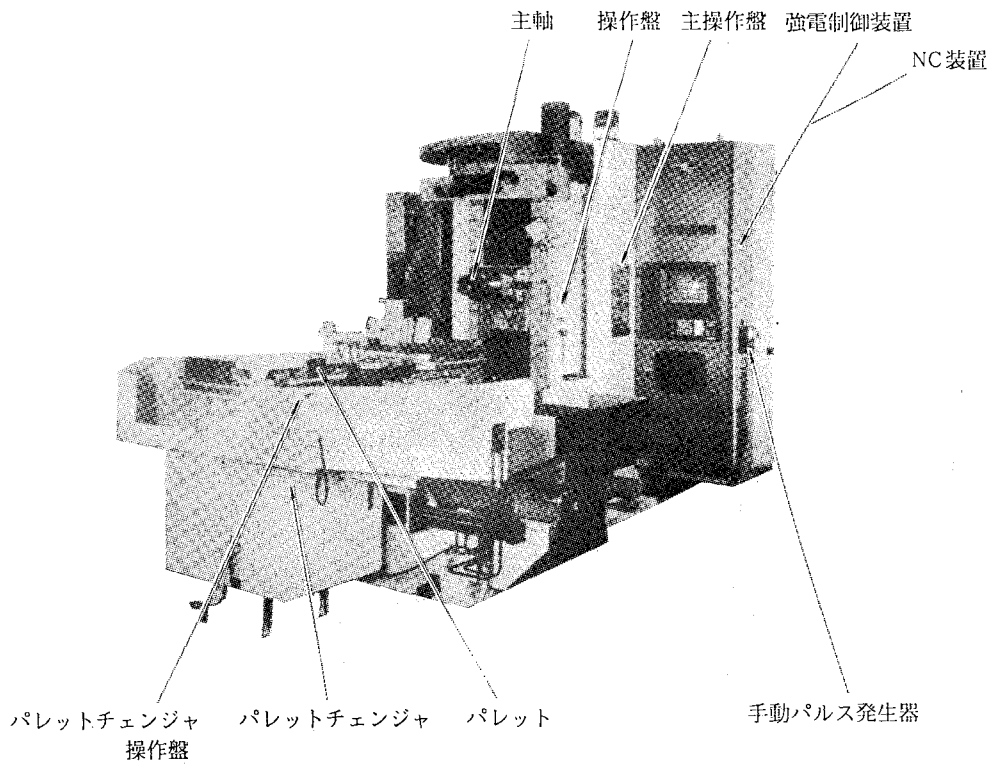


図4 横形マシニングセンタの基本構成

③ セラミックス加工用マシニングセンタの制御軸

図5に横形マシニングセンタの制御軸を示す。X軸,Z軸の制御によるテーブルの左右・前後運動,Y軸の制御による主軸頭の上下運動、さらにB軸の制御によるテーブルの回転運動を可能にしている。

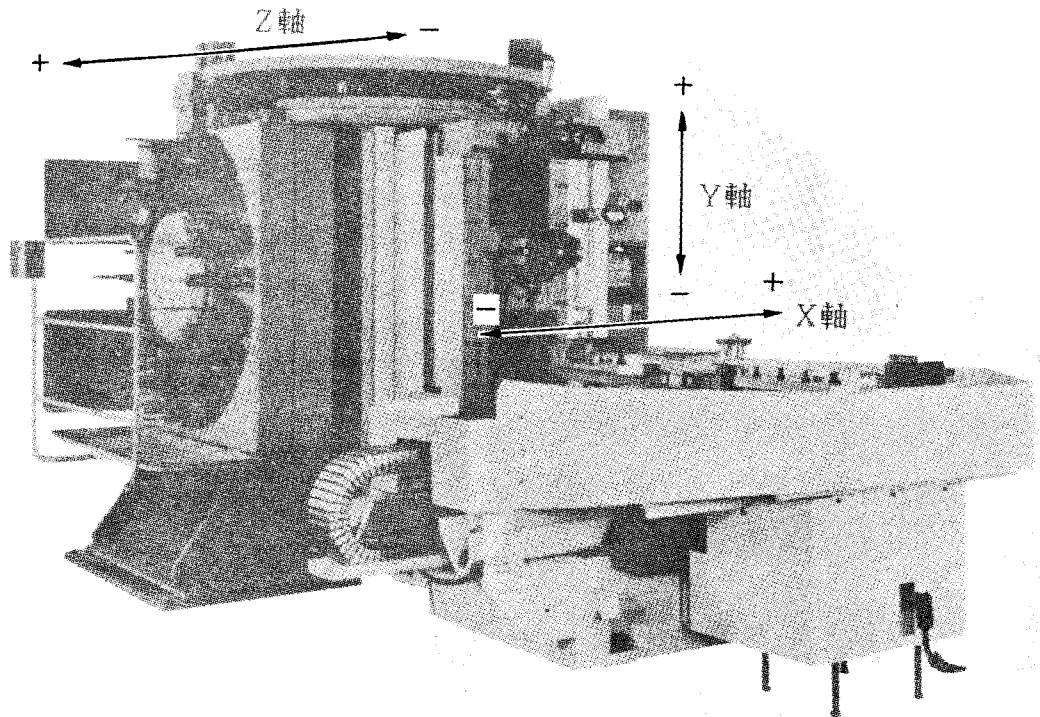


図5 横形マシニングセンタの制御軸

(3) セラミックス加工用マシニングセンタの特徴

セラミックス加工用マシニングセンタは、平面研削盤などに比較して、セラミックスを高能率に研削することができるようになっている。しかしそのために、主軸の高速回転、高剛性、粉塵処理などの種々の要件を満たす必要があり、したがって、従来のマシニングセンタとは異なった特徴を持っている。

① 従来のマシニングセンタとの比較

- a. 切削速度より高速な研削速度を確保するために、主軸最高回転が高い。
(セラミックス加工用マシニングセンタの主軸最高回転数：15000rpm)
- b. 主軸回転などから発生する振動が少ない。
- c. 研削点に研削液が十分供給できるように研削液供給装置がついている。
- d. セラミックスの研削屑を分離、回収する研削液処理装置がついている。
- e. 研削屑の機械各部への侵入防止対策がなされている。
- f. 砥石のツルーイングおよびドレッシングができる装置がついている。

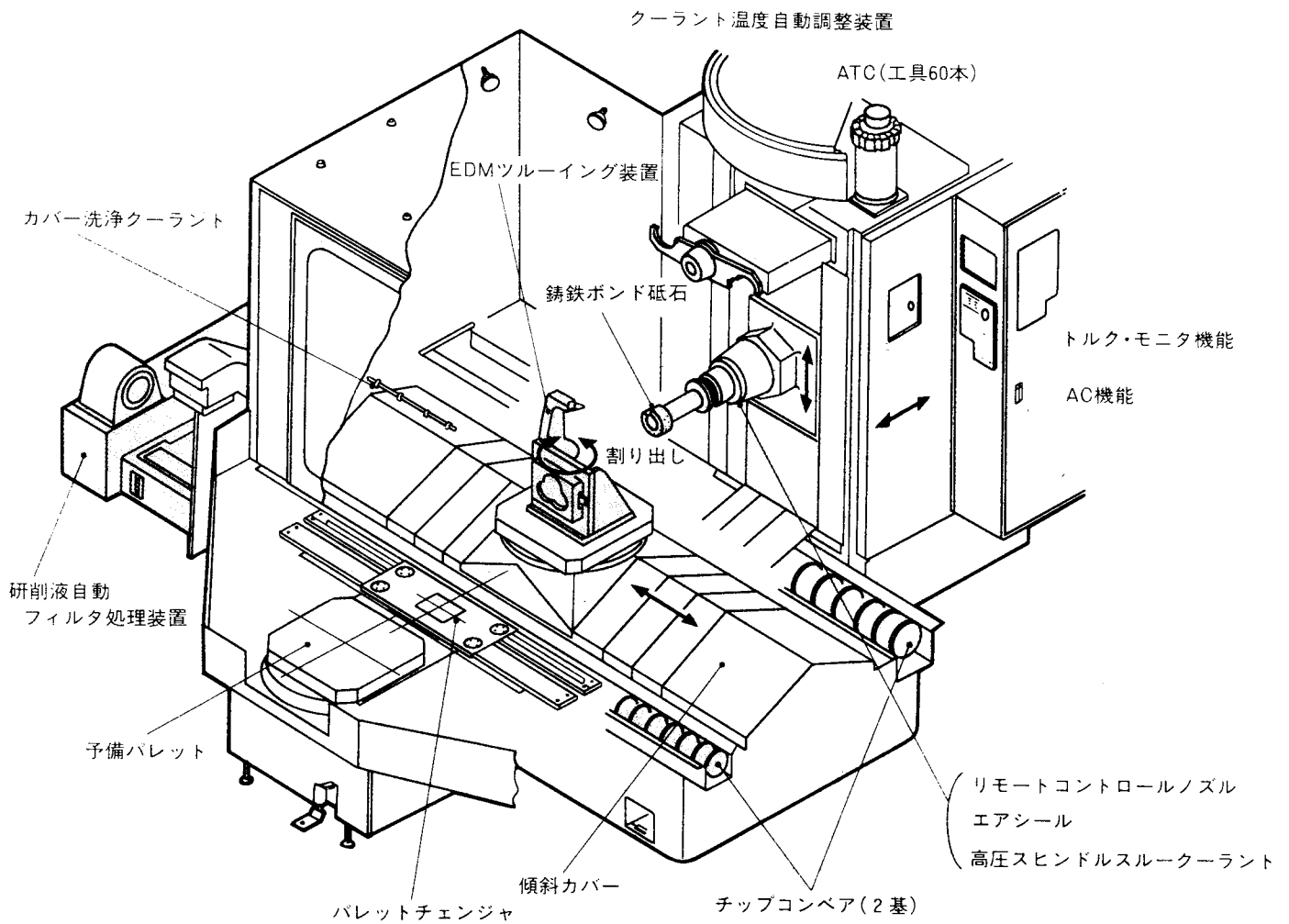


図6 セラミックス加工用マシニングセンタ

② セラミックス研削での特徴

- a. 1トン以上の研削力に耐えるほど高剛性であり、ミリ単位の深い切込みや高送りが可能。
- b. 複雑な三次元研削、穴あけ研削、内面・外面研削など多様な研削加工ができる。
- c. 高精度加工ができる。
- d. 1回の段取りで多面の割出し研削ができ、段取り時間を大幅に短縮できる。
- e. 各種形状の砥石をATCにより自動交換できる。
- f. 研削速度、送り速度、切込みなどの研削条件を広範囲に設定できる。
- g. パレットチェンジャ、自動寸法計測装置など、さまざまな自動化機能によって研削加工の自動化を図ることができる。

(4) セラミックス加工例

セラミックスの焼成過程で生ずる大きな収縮および焼成割れなどは、最終形状とは大きくかけ離れた素材形状から、研削加工を行わなければならないことがある。したがって、セラミックス加工用マシニングセンタは、たんに仕上げ研削を行うだけでなく、穴、溝、段などの形状加工（形状創成）を行う必要がある。

以下、セラミックス加工例を示す。

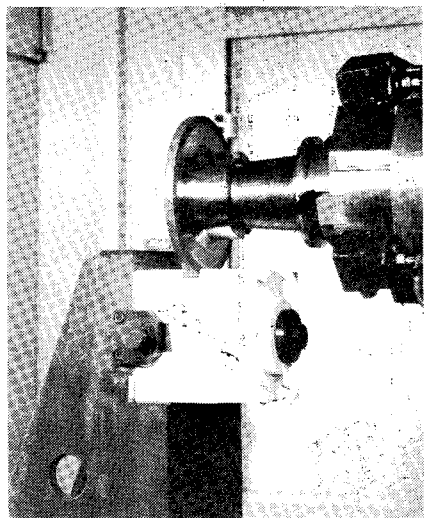


図7 溝研削（ストレート形砥石）

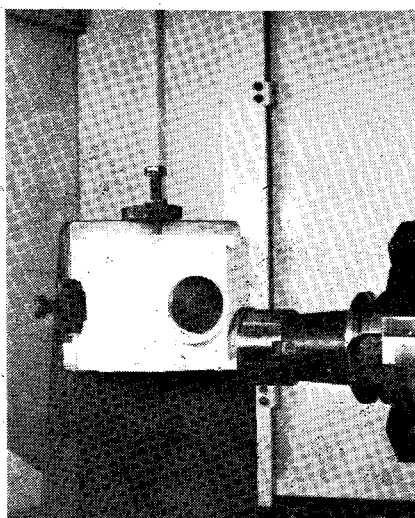


図8 平面研削（カップ形砥石）

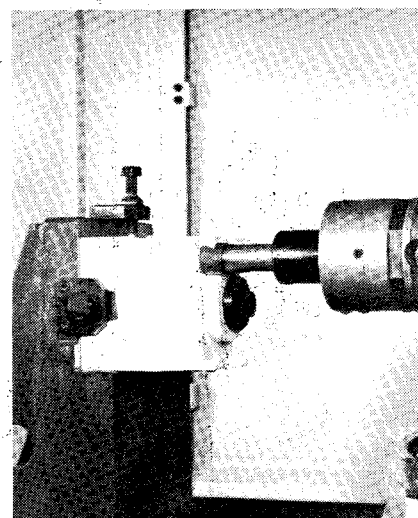


図9 輪郭研削（軸付き砥石）

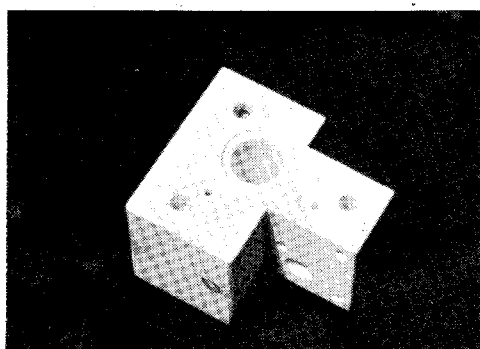


図10 加工例（1）

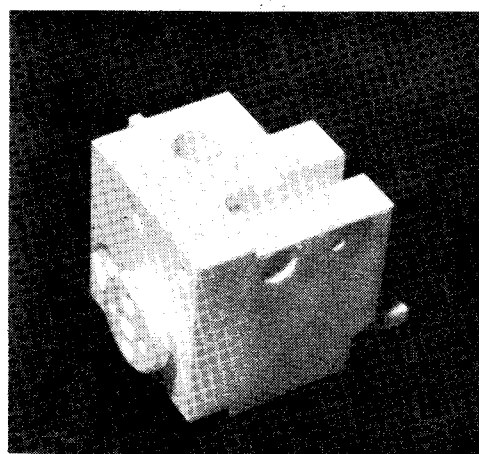


図11 加工例（2）

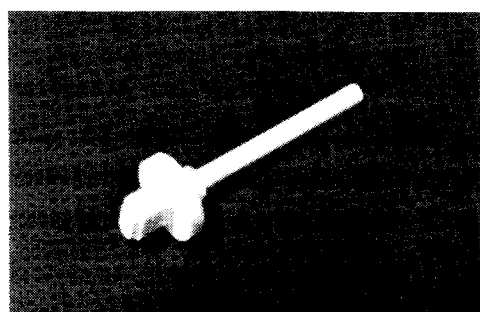


図12 加工例（3）

2. 砥石の選定

(1) セラミックス研削用砥石

焼入れ鋼などの金属よりさらに硬いセラミックスは、一般の研削盤などで使用している金属研削用の砥石で研削することは困難である。また、セラミックス加工用マシニングセンタでセラミックスを研削するには、その機械特性にあった砥石を使用する必要がある。

① 砥石の種類

セラミックスは1ミクロン以下の粉末を焼き固めたものであるが、粉末同士の結合が強く、しかも粉末自体が硬いこともあって、砥石の砥粒はダイヤモンドでないと“歯”がたたない。したがって、セラミックスの研削ではダイヤモンド砥石が多く使用されている。また、結合の強いセラミックスにダイヤモンド砥粒が食いつくためには、結合度の高い砥石である必要がある。ダイヤモンド砥石の結合剤（ボンド）の種類と特徴を次に示す。

a. レジンボンド

フェノール樹脂などを主成分としたボンドで、柔らかいためセラミックスの表面にチッピングなどはおこしにくいですが、耐摩耗性が劣り、砥粒の保持力も小さい。

b. メタルボンド

銅、錫、鉄などの金属を主成分としたボンドで、耐摩耗性に富み、砥粒保持力が大きく、セラミックスの研削に広く使用されている。

c. ビトリファイドボンド

ケイ酸ソーダなどを主成分として焼成するガラス質のボンドで、メタルボンドとレジンボンドの中間的な性質を持つ。

d. 電着ボンド

電気メッキで合金上にダイヤモンド砥粒を単一層コーティングしたもので、安価に製作でき切れ味も良いが、単一層であるため寿命が短い欠点がある。

② セラミックス加工用マシニングセンタで使用する砥石

セラミックス加工用マシニングセンタは高剛性の機械仕様である。また、ダイヤモンド砥粒が強固に保持され、かつ砥石自体が強ければ、研削量を大きくすることができる。

したがって、セラミックス加工用マシニングセンタで使用する砥石は、次の条件を満足する必要がある。

a. ダイヤモンド砥粒が強固に保持された砥石

b. 耐摩耗性の高い砥石

a.b.から、セラミックス加工用マシニングセンタでは一般にメタルボンド砥石が適合する。また、メタルボンド砥石にもいくつかの種類があるが、中でも特に、最も強度が高く、金属と同じような条件で研削を可能にする鑄鉄ファイバボンド砥石が使用される。

(2) 鋳鉄ファイバボンド砥石

① 鋳鉄ファイバボンド砥石の特徴

鋳鉄ファイバボンド砥石は、ダイヤモンド砥粒と鋳鉄粉、および鋳鉄ファイバを混合し、高圧成形したあと、特殊なガス雰囲気中で焼成し、作られる。鋳鉄組織がボンドとなり、これには次の特徴がある。

- a. 鋳鉄なみの強度がある。
- b. 砥粒の保持が強いため、砥粒の脱落が少なく摩耗が少ない。

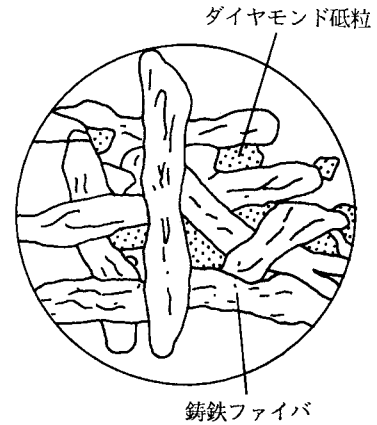


図13 鋳鉄ファイバボンド砥石の組織

② 鋳鉄ファイバボンド砥石の種類

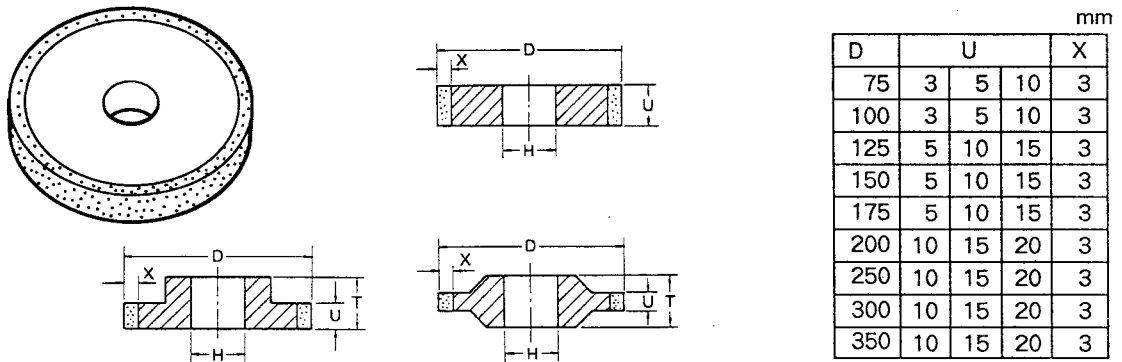


図14 ストレート形砥石

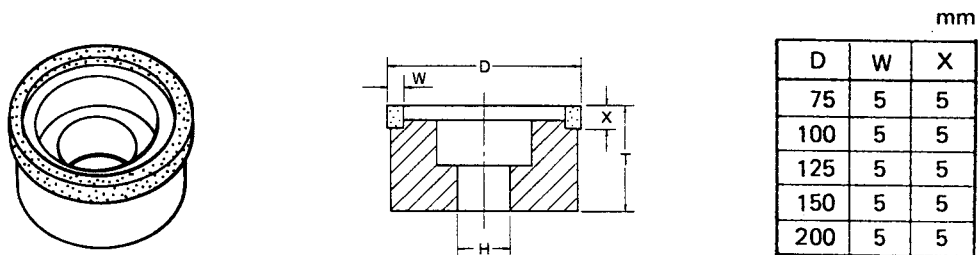


図15 カップ形砥石

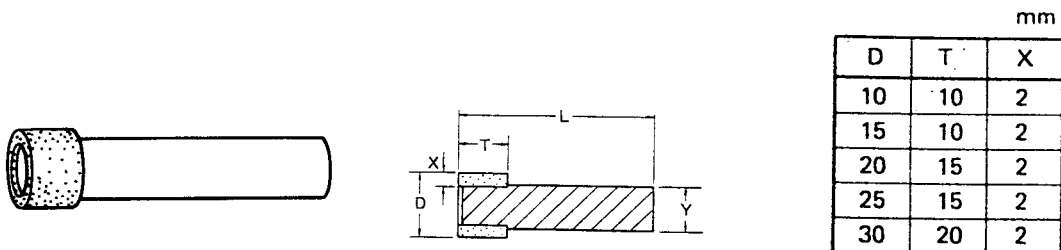


図16 軸付き砥石

③ 鑄鉄ファイバボンド砥石の研削特性

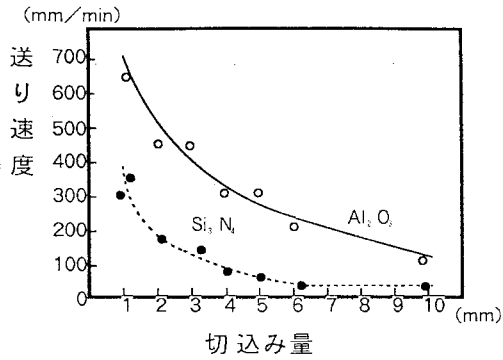


図 17 切込み量による送り速度の限界

砥石 : ストレート形砥石
 150D-10T-3X (#100, CONC: 100)
 試料 : 常圧焼結 Si_3N_4 (50×50×20mm)
 常圧焼結 Al_2O_3 (50×50×20mm)
 研削機械 : 立形フライス盤
 (主軸モータ 定格 15kw)
 研削条件 : 研削速度 636m/min
 切込み 6mm
 研削液 : 50倍希釈水溶性研削液 (50L/mm)

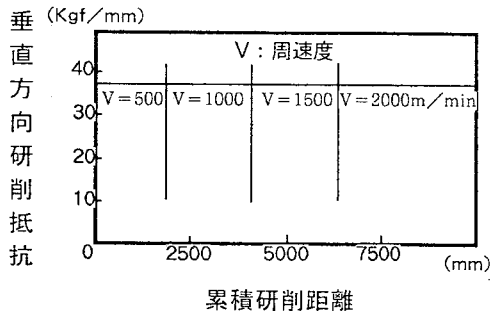


図 18 中切込み研削時の研削速度による研削抵抗の減少

砥石 : ストレート形砥石
 150D-10T-3X (#170, CONC: 100)
 試料 : 常圧焼結 Si_3N_4 (50×50×20mm)
 研削機械 : 横形マシニングセンタ
 (主軸モータ 定格 7.5kw)
 研削条件 : 研削速度 2000m/min
 切込み深さ 0.5mm
 切込み 1mm
 研削能率 16.7mm³/mmsec
 研削液 : 50倍希釈水溶性研削液 (50L/mm)

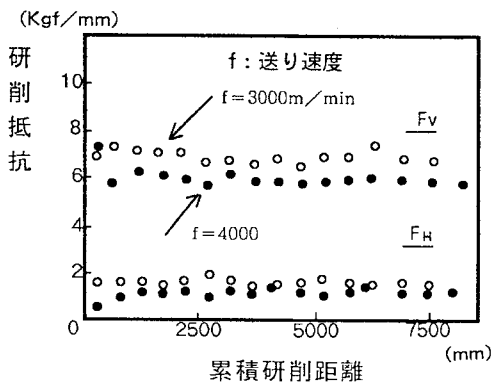


図 19 高能率研削における砥石切れ味の持続

砥石 : ストレート形砥石
 150D-10T-3X (#170, CONC: 100)
 試料 : 常圧焼結 Si_3N_4 (50×50×20mm)
 研削機械 : 横形マシニングセンタ
 (主軸モータ 定格 7.5kw)
 研削条件 : 研削速度 2000m/min
 切込み深さ 0.5mm
 切込み 1mm
 研削能率 33.3mm³/mmsec
 研削液 : 50倍希釈水溶性研削液 (50L/mm)

④ 鋳鉄ファイバボンド砥石による研削事例

表 1

ワーク材質		Al ₂ O ₃ Hv1400			Si ₃ N ₄ Hv1700	超硬合金 Hv1500			ZrB ₂	
		ストレット形 φ150	ストレット形 φ150	軸付き φ30	ストレット形 φ150	軸付き φ30	ストレット形 φ150	カップ形 φ75	ストレット形 φ150	軸付き φ30
砥石形状 寸法	mm									
粒度	#	170	100	120	170	170	100	170	100	170
集中度	CONC	100	100	125	100	100	100	100	100	100
周速度	m/min	1500	636	470	2500	282	636	318	940	124
送り速度	mm/min	1400	350	100	6000	100	42	42	10	20
切込み量	mm	3.0	4.0	0.4	0.5	0.1	3.0	0.5	1.0	1.0
研削幅	mm	10	6	5	2	20	6	30	10	10
研削量	mm ³ /min	42000	8400	200	6000	200	756	630	100	200
研削能率	mm ³ /mmSec	70.0	23.3	0.67	50.0	0.34	2.1	0.35	0.17	0.33
仕上面あらさ	μmRmax	—	—	—	3.5	0.5	—	—	—	—
使用機械	M/C :マシニング センタ MIL/M:ミ-リソグ マシン	M/C	MIL/M	M/C	M/C	M/C	MIL/M	MIL/M	M/C	M/C

データ提供：東京大学および富山県立技術短期大学

3. 砥石のツルーイング・ドレッシング

(1) ツルーイング・ドレッシングの目的

砥石の砥石面の形状不良は被研削物にそのままの形状が転写される。また、砥石回転時の振れは、特にセラミックス研削では加工面を回転するたびに砥石が“たたく”ことになりクラック（亀裂）を発生させる要因となる。

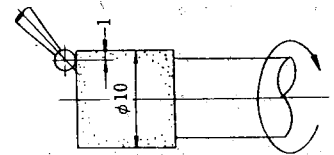
一方、砥石は砥粒との間隙（チップポケットという）に研削屑を一時的に收容し、排出しながら研削を行う。したがって、砥粒間には十分なチップポケットが必要になる。

したがって、高品位・高精度にセラミックスを研削するには、上記のような砥石面の“振れ”、“形くずれ”あるいは砥粒間の研削屑の“目づまり”などを取り除くために、研削前あるいは研削中の必要に応じて、砥石の“ツルーイング”、“ドレッシング”を行う必要がある。

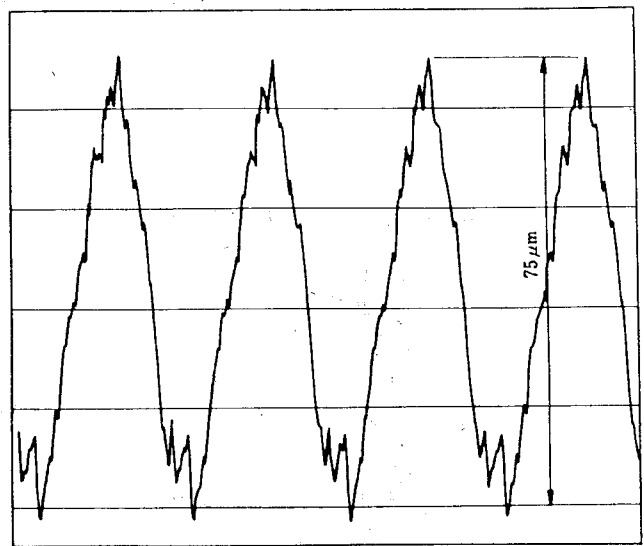
ツルーイング：砥石面の形状および砥石回転時の振れなどを修正する作業をいう。

ドレッシング：砥石面の目づまりを除去し、砥粒間のチップポケットを生成する、いわゆる“目立て”を行う作業をいう。

研削中、砥粒が損耗すると研削抵抗が高くなり、砥粒は自然に脱落し新しい砥粒を生成する。これを砥石の自生作用というが、これによって砥石はつねに新しい砥粒による研削を継続することができる。しかし、铸铁ファイバボンド砥石は、ダイヤモンド砥粒の保持力が強く、研削時の砥粒の脱落がきわめて少ないので、長時間にわたって研削をしていると、砥粒は摩耗し、砥粒面は“平ら”となり、切れ味が低下し、研削抵抗が増大し、ついには研削不能にいたる。したがって、このような状態になる以前に砥石のドレッシングを行わなければならない。同様に、長時間の研削を行うと、特に砥石面の角部では砥粒の損耗が大きく、次第に形くずれをおこし、被研削物の形状精度を悪化させる。ドレッシングに合わせて、ツルーイングも行わなければならない。



a. ツルーイング前



b. ツルーイング後

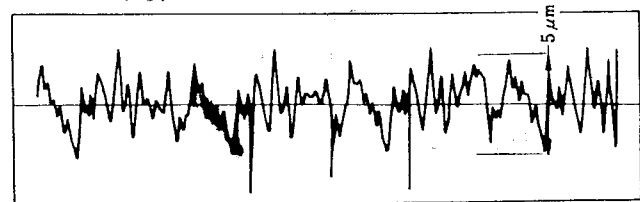


図20 ツルーイング前後の砥石の振れ

(2) ツルージング・ドレッシングの方法

一般に、ダイヤモンド砥石のツルージング・ドレッシングの方法を大別すると、次の2つの方法がある。なお、セラミックス加工用マシニングセンタで用いる鑄鉄ファイバボンド砥石のツルージング・ドレッシングはEDMツルージング法が採用されている。

① メカニカル法

砥石同士を押し当てて双方の砥粒の脱落によって、ツルージング・ドレッシングを行う方法である。鑄鉄ファイバボンド砥石は砥粒の保持力が強固であることから、この方法では時間がかかると同時にダイヤモンド砥粒そのものを損傷するという欠点がある。

② EDMツルージング法

ワイヤによる放電加工（EDM）の原理を応用した方法で、東京大学生産技術研究所の中川・増沢両研究室および牧野フライス製作所の共同研究により開発されたEDMツルージング装置を用いて、ツルージングを行う方法である。

図21にEDMツルージングの原理、図22にEDMツルージング装置を示す。

円形ガイドに沿って走行するEDMワイヤ（－極）、給電ブラシ（＋極）、ワイヤ部に研削液を内部から噴射する構造で、砥石に給電し、ワイヤと砥石間でポイント放電を起こさせることにより、砥石ボンド（メタルボンド砥石など導電性砥石のみが可能）を除去する。

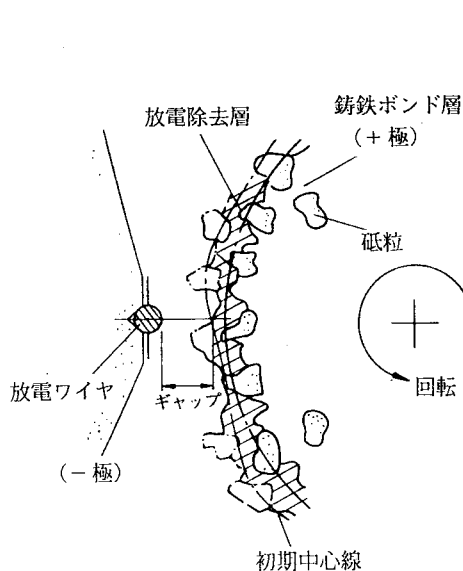


図21 EDMツルージングの原理

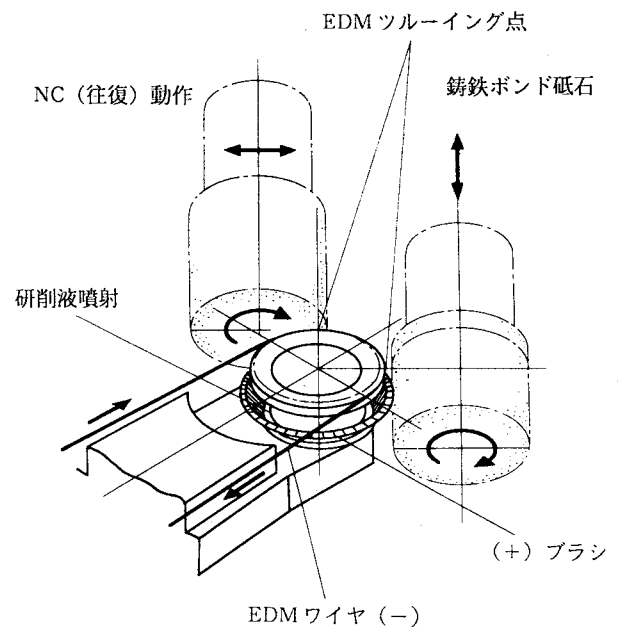


図22 EDMツルージング装置

4. セラミックスの研削条件

(1) 研削条件と研削力

セラミックス加工用マシニングセンタでセラミックスを研削する場合は、一般の研削盤による研削とは研削条件が大きく異なる。次に、セラミックス加工用マシニングセンタでセラミックスを研削するときの、研削条件と研削力の関係を示す。

- ① 砥石の使用面、および砥石形状の種類により研削力の発生方向、大きさが異なる。
図23にストレート形砥石、図24にカップ形砥石の場合における研削力の方向を示す。
- ② 研削速度（砥石回転数）が速いほど研削力は小さくなるが、速すぎると砥石の焼き付きがおこる。
図25に研削速度と研削力の関係を示す。
- ③ 研削力は、送り速度、研削幅、切込み深さに比例して大きくなる。図26に送り速度と研削力の関係、図27に研削幅と研削力の関係、図28に切込み深さと研削力の関係を示す。ミリ単位の切込みで200kgから300kgの研削力が発生している。
- ④ 研削力はほぼ一定のパターンで発生し、研削力の変動は少ない。図29を参照。

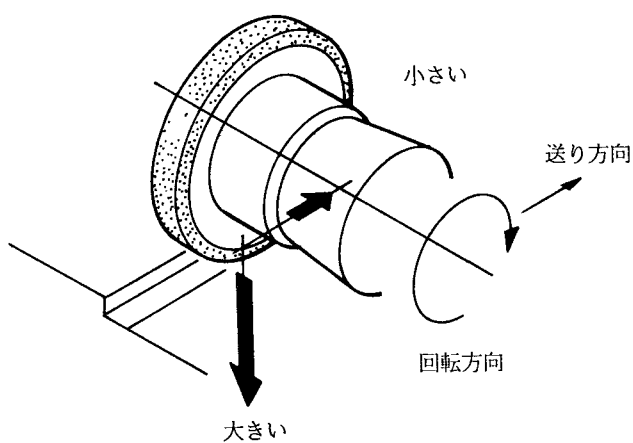


図23 ストレート形砥石の研削力

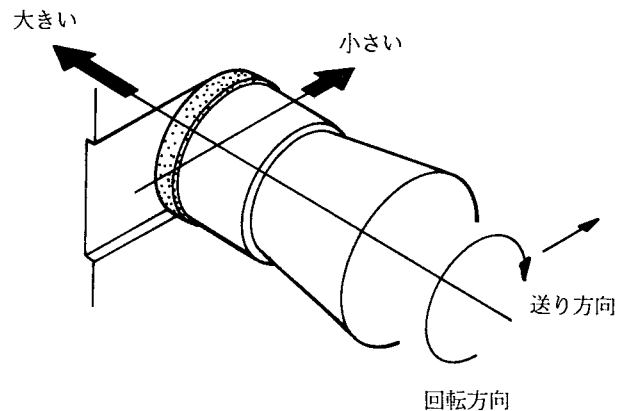


図24 カップ形砥石の研削力

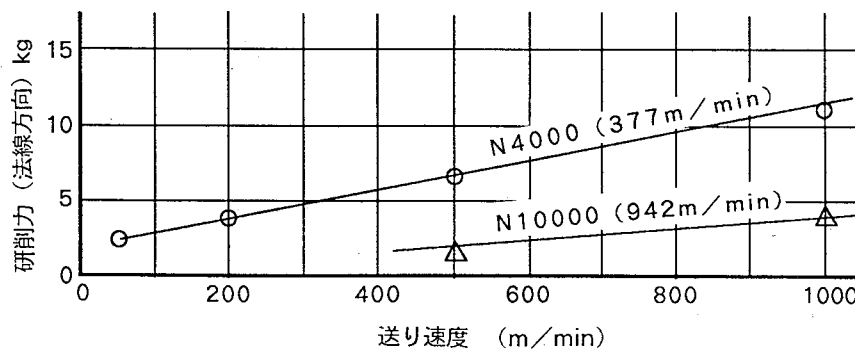


図25 研削速度と研削力

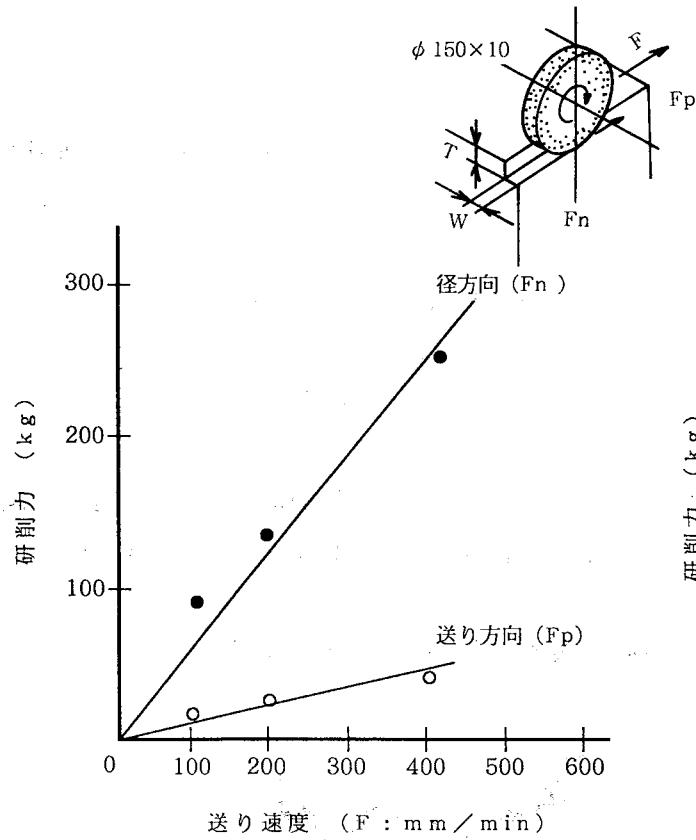


図26 研削力と送り速度

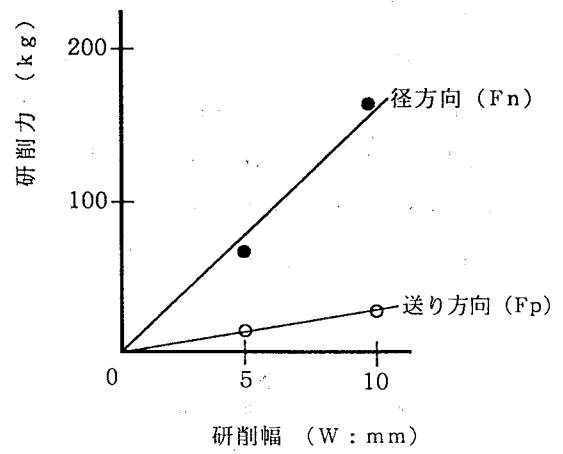


図27 研削力と研削幅

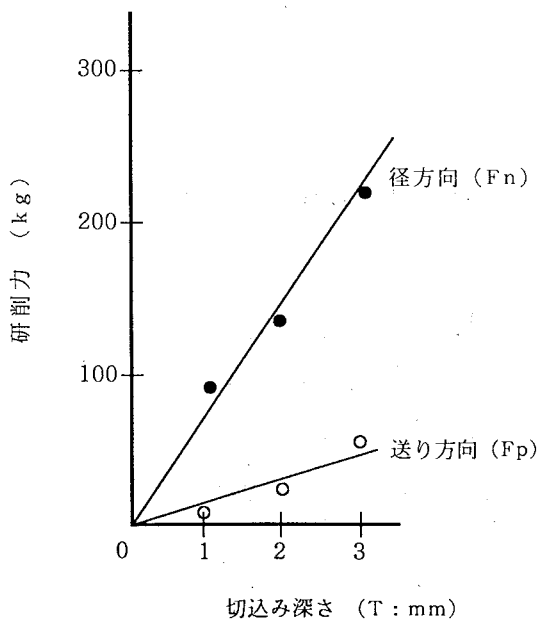


図28 研削力と切込み深さ

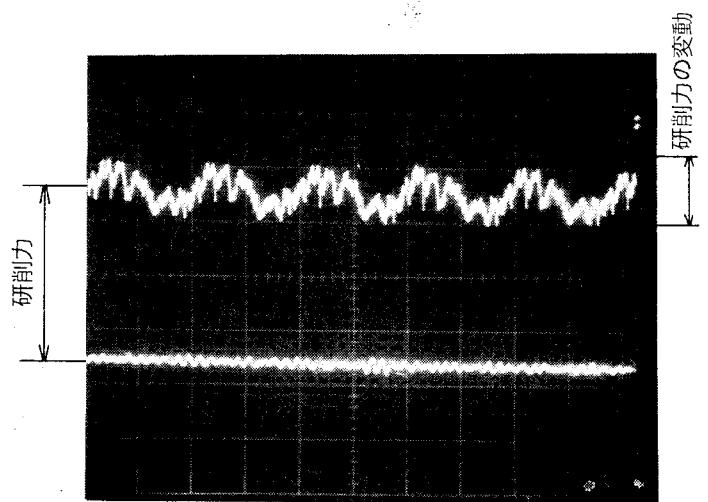


図29 研削力の変動

(2) 研削液の供給

セラミックスの研削では、研削点に研削液を十分に供給する必要がある。研削液が不十分であると、研削屑の目づまりや砥石の焼き付きなどが発生し、加工精度、加工能率の悪化を招く。

セラミックス加工用マシニングセンタでは、研削液の供給法として、次の方法を採用している。

① リモコンノズルクーラント

砥石の外部から研削液を供給する方法で、研削液が研削点に十分に供給できるように吐出角度を自由に調整できるようになっている。図30にリモコンノズルクーラントによる研削液の供給状態を示す。一般には、砥石外周面で研削を行う場合などに利用される。

② スルースピンドルクーラント

砥石内部を通して研削点に研削液を供給する方法で、カップ形砥石や軸付き砥石などによる側面の研削、穴ぐり研削など、外部からでは研削液が研削点に供給しにくい場合に利用される。図31にスルースピンドルクーラントによる研削液の供給状態を示す。

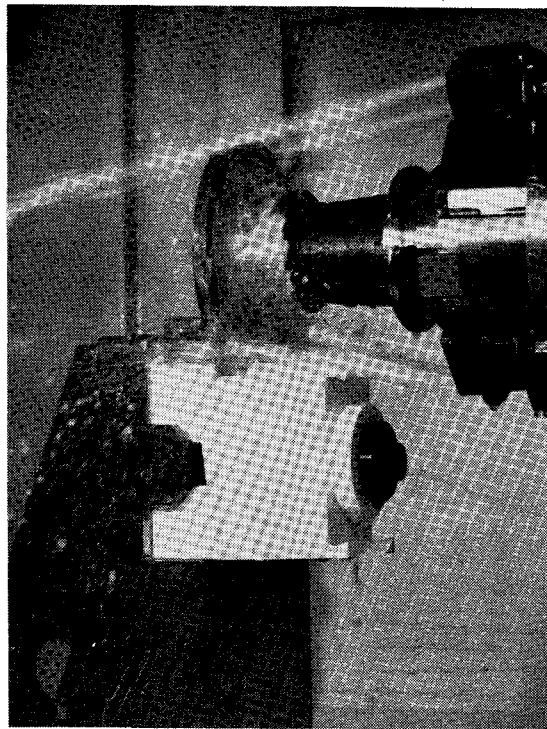


図30 リモコンノズルクーラント

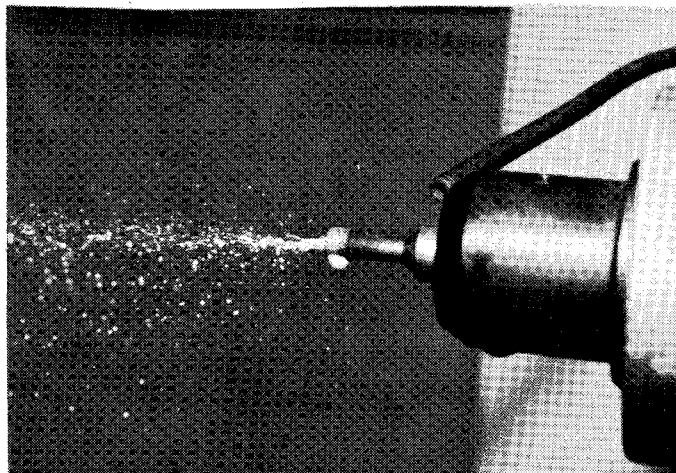


図31 スルースピンドルクーラント

(3) 研削条件の決め方

① 研削条件の上限

セラミックス加工用マシニングセンタで、鑄鉄ファイバボンド砥石によるセラミックス研削を行う場合、機械の高剛性・砥石の強さなどから、研削条件の上限はセラミックスの割れ・欠けなどの破壊限界からそれを求めることができる。しかし、割れ・欠けの発生はセラミックスの種類・形状によって異なる。したがって、具体的な研削条件の設定は事前に試し研削を行った上で決定するのが一般的である。

図32は送り速度と研削力の関係を示したもので、この図から切込み量が大きくなるほどセラミックスが破壊しやすい状況になることがわかる。一般には送りを優先して研削条件の限界を求めるべきといえる。

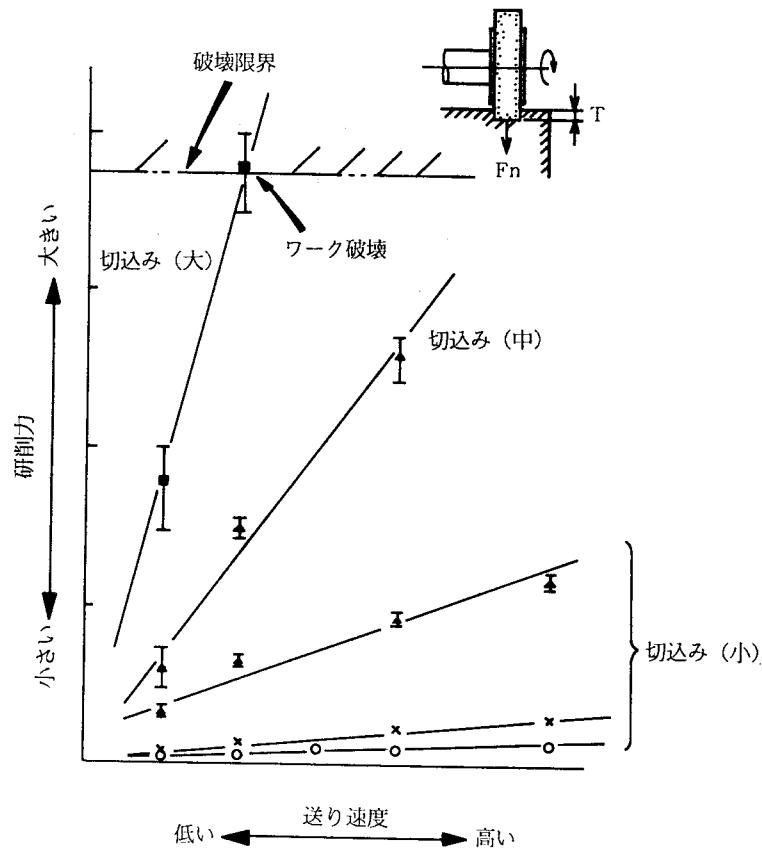


図32 研削力の上限

② 研削条件の決定

研削力は、すでに述べたように送り速度、研削幅、切込み深さに比例して大きくなる。そして、それぞれの条件を高めて行くについにはセラミックスを破壊することになる。したがって、研削条件はセラミックスの破壊する以前の、十分な安全率を見込んだ条件設定を考える必要がある。この安全率は、一般には50%以下を設定する。

図33はセラミックスの破壊限界ラインに対し、安全率を見込んだ研削安定ラインを示したものである。したがって、研削条件はこの研削安定ライン上で設定することが好ましい。図33では送り速度と切込みの関係を示しているが、それぞれの設定値はすでに述べたように試し研削などによる経験値によるものとなる。セラミックスのような新しい素材での加工は、いずれの場合においても様々な経験を通して加工データを蓄積し、それを反映していく手だてを考えることが大切である。

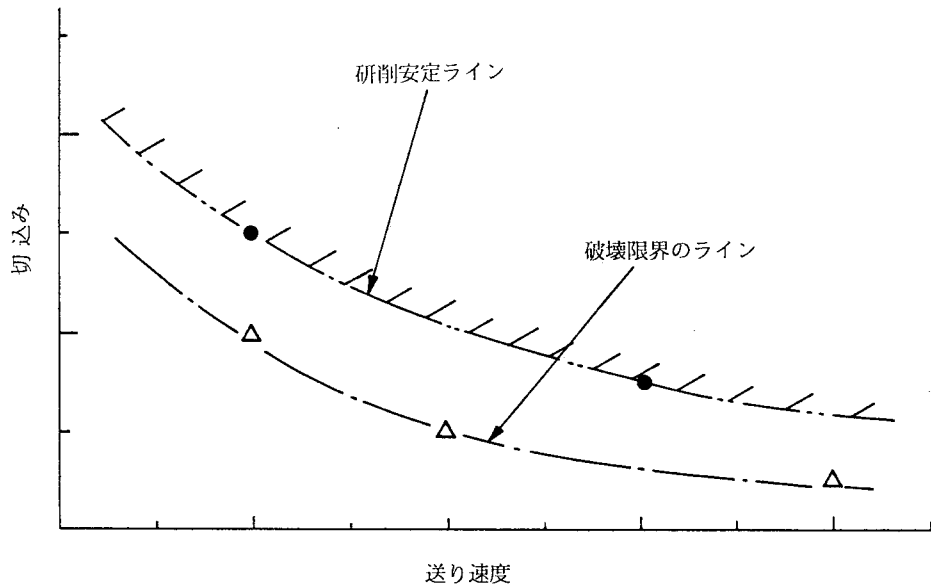


図33 破壊限界ラインと研削安定ライン

5. セラミックス加工用マシニングセンタとFMS

セラミックス加工用マシニングセンタは、セラミックスの研削加工だけではなく金属などの切削加工・研削加工も行うことのできる複合作業機械である。

一方、マシニングセンタを複数台備え、周辺装置として工作物や工具の自動搬送装置などを用意して、それらをコンピュータが一括管理する生産システムが登場している。これら生産システムは、生産現場の要求に応じて自在に機械や装置を構成することができ、また、コンピュータのソフトウェアによってフレキシブルな対応を可能にすることからFMS（フレキシブル・マニュファクチャリング・システム）と呼ばれている。図34はそのFMSの一例を示したものである。

そして、当然のことながらセラミックス加工用マシニングセンタもFMSを構成する工作機械になりうるものである。しかも、従来のマシニングセンタと異なり、複合作業機械としてのセラミックス加工用マシニングセンタがFMSに組み込まれることは、新素材分野あるいは加工技術分野におけるFMSのさらに新たな展開の可能性を秘めたものとなり、大いに期待されるところでもある。本教材で使用するセラミックス加工用マシニングセンタはまさにそれに該当するマシニングセンタである。将来の展望も併せて十分に学習されることを期待する。

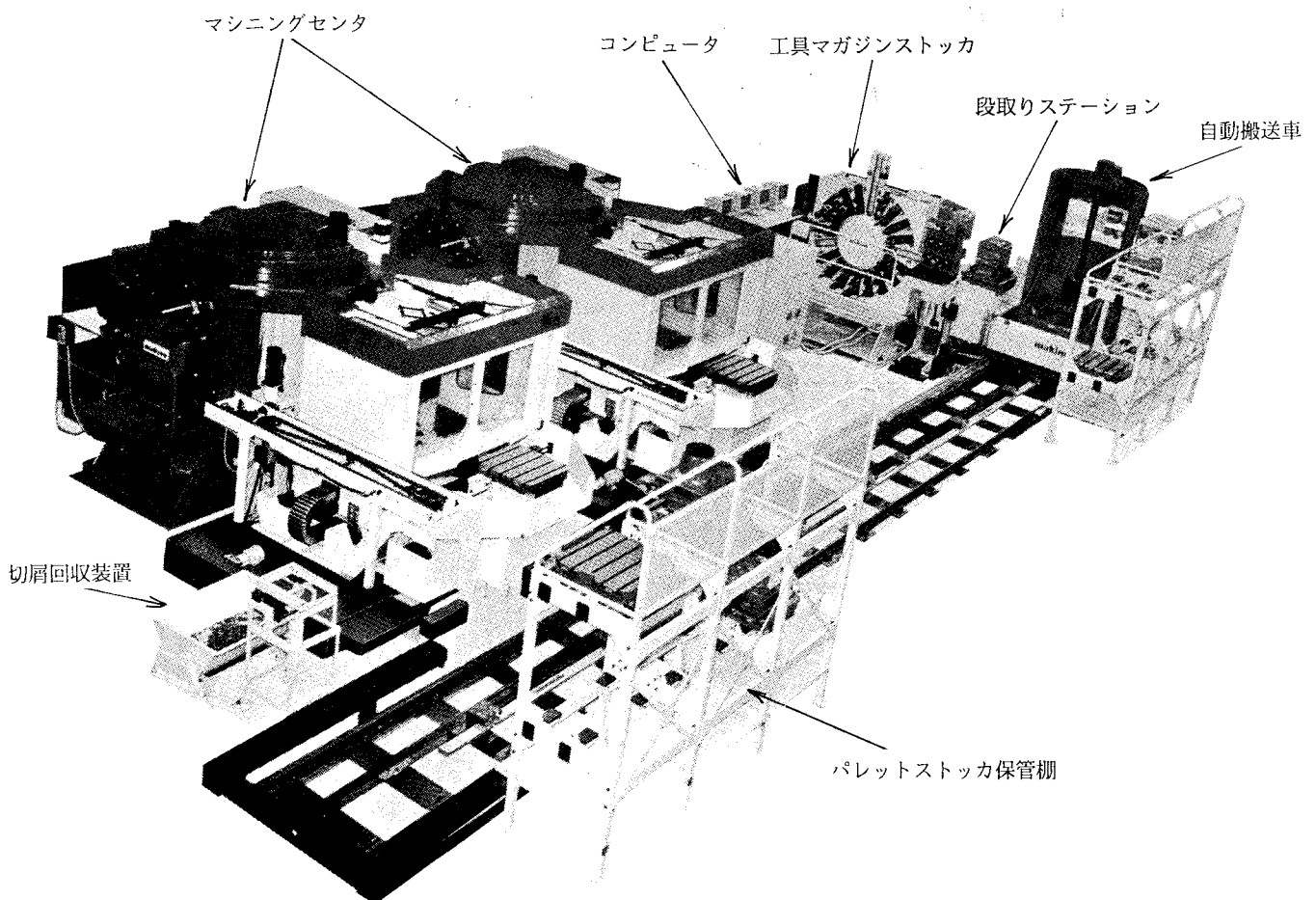


図34 FMSの例

資料 1. セラミックス加工用マシニングセンタの主な仕様

(1) 機械主要部の寸法

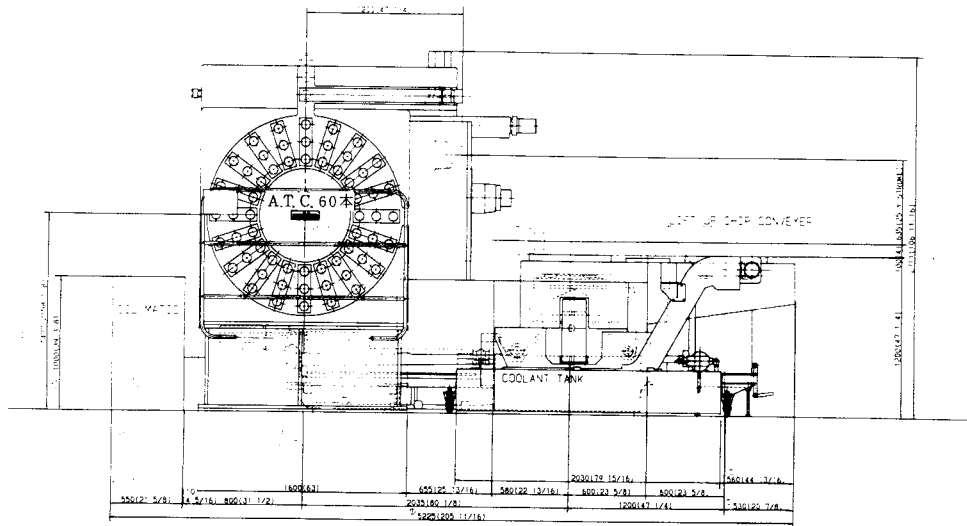


図35 機械主要部の寸法

(2) 機械本体各部の仕様

① 運動範囲

テーブル左右方向 (X軸)	810 mm
主軸上下方向 (Y軸)	635 mm
コラム前後方向 (Z軸)	635 mm
主軸中心とテーブル上面の距離	100~735mm
主軸端面とパレット中心の距離	200~835mm

② 主軸

主軸端形式	7/24 テーパー No.50
主軸回転速度	10~4000r.p.m
主軸回転速度変換段数	S4桁直接指令

③ テーブル

テーブル形式	パレット搭載形
最小割出し角度	5° 毎,72面
パレットの大きさ	630×630mm

④ 送り

最小設定単位	0.001mm
ジョグ送り速度	0.1~2000mm/min
切削送り速度	1~4000mm/min
早送り速度	15000mm/min

⑤ 機械原点

原点位置 X軸	ストロークの中央
原点位置 Y,Z軸	各軸ストロークの “+” エンド
原点検出	グリッド検出方式
原点復帰	マニュアルにて可能

⑥ ATC装置

工具収納本数	40本
工具選択方式	ランダム
工具シャンク	MAS403-BT50
工具交換時間 TOOL TO TOOL	3秒
自動交換可能な工具	
最大寸法 (径×長さ)	φ 300×450mm
最大重量 (シャンクとも)	23kg

⑦ ファンクーラ

吐出量	18/21.6 ℓ /min (50/60Hz)
-----	-----------------------------

⑧ 油圧装置

最高作動圧力	70kg/cm ²
吐出量	22/27 ℓ /min (50/60Hz,65kg/cm ²)
タンク容量	60 ℓ
モータ容量	2.2kw

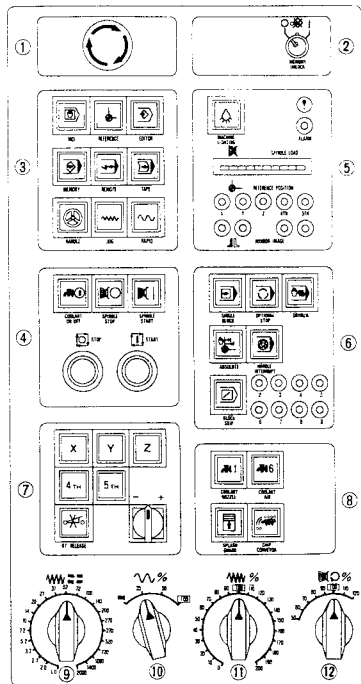
(3) NC装置仕様

表 2

● 14インチカラーCRT	● 自動コーナオーバーライド (G62)	● ラベルスキップ
● リール無しテーブリーダー	● タッピングモード (G63)	● コントロールイン/アウト
● 設定単位 0.001mm	● ABS/INC切換 (G90,91)	● オプションナルブロックスキップ
● 同時 3、(4) 軸制御	● ワーク座標系設定 (G92)	● 円弧半径R指定
● 最大指令値±8桁	● ヘリカル切削	● プログラマブルミラーイメージ
● 位置決め (G00)	● 固定サイクル	● 工具補正個数 99ヶ
● 直線補間 (G01)	● 送り速度オーバーライド	● 工具位置オフセット
● 多象限円弧補間 (G02,03)	● 早送りオーバーライド	● 工具径補正C
● ドウエル (G04)	● オーバライドキャンセル	● 工具補正量メモリA
● イグザグトストップ (G09)	● 自動加減速	● スキップ機能
● プログラマブルデータ入力 (G10)	● S4桁	● 外部データ入力
● イグザグトストップ チェックモード (G61)	● T4桁	● 記憶形ピッチ誤差補正
● 切削モード (G64)	● 小数点入力/電卓形小数点入力	● バックラッシュ補正
● インチ/ミリ切換 (G20,21)	● プログラム番号O4桁	● フォローアップ機能
● リファレンス点復帰A (G27,28,29)	● メインプログラム	● プログラム再開
● 工具長補正 (G43,44,49)	● サブプログラム 4重まで可	● テープ記憶編集 80m
● 機械座標系設定 (G53)	● プログラム番号サーチ	● バックランド編集機能
● ワーク座標系設定 (G54~59)	● シーケンス番号表示N5桁	● 入出力インタフェース
● 一方向位置決め (G60)	● シーケンス番号サーチ/照合停止	● オーバートラベル
	● E1A/ISO自動判別	★ リール付テーブリーダー

資料 2. 主操作盤









(1) 主操作盤各部の名称




- ① 非常停止ボタン
- ② メモリ・プロテクト解除スイッチ
- ③ 運転モード選択スイッチ
- ④ 起動・停止スイッチ
- ⑤ 機械状態表示
- ⑥ NC機能スイッチおよび表示
- ⑦ JOGスイッチ
- ⑧ クーラント関係
- ⑨ 速度設定スイッチ
- ⑩ 早送り速度オーバーライド設定スイッチ
- ⑪ 切削送り速度オーバーライド設定スイッチ
- ⑫ 主軸オーバーライド設定スイッチ

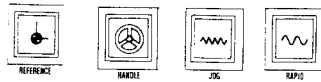
図36 主操作盤

(2) 運転モード選択スイッチ

- 
M.D.I (Manual Data Input 手動データ入力) モード
 軸位置決め指令, M.S.B.T 機能の指令などを行う時に選択する。
- 
原点復帰モード
 手動で原点復帰を行う場合に選択する。
- 
メモリ編集モード
 テープリーダーによるNCプログラムの登録、NCメモリ内のプログラムの編集を行うときに選択する。
- 
メモリ指令モード
 メモリ運転を行う場合に選択する。
- 
リモートモード
 DNC.DMS等のホストコンピュータにより運転を行う場合に選択する。
- 
テープ指令モード
 NC紙テープにより運転を行う場合に選択する。
- 
ハンドル送りモード
 ハンドル操作を行うときに選択する。ハンドル操作盤が有効となる。
- 
手動切削送りモード
 各送り軸を手動で動かすときに選択する。


手動早送りモード

各送り軸を手動早送りで動かすときに選択する。




を総称してマニュアルモードと呼ぶ。


(3) 起動・停止スイッチ


主軸を正回転方向に起動させる。

逆転の場合は、MDIモードによりM04を指令する。回転速度(Sコード)があらかじめ設定されている必要がある。メインモードがいかなるモードであっても有効。


主軸を停止させる。


メインモードがいかなるモードであっても有効。自動運転中にこのボタンを押すと、同時に軸はフィードホールド状態となる。

このボタンを押すことにより、その時に出力されているすべてのクーラントが“OFF”する。再度押すことにより、前の状態に復帰する。クーラント“OFF”でランプが点灯し、復帰したときに消灯する。


NCプログラムの起動をかける。


NCプログラムが起動中は緑色ランプが点灯する。

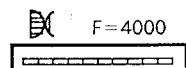
MDI, MEMORY, TAPEモードのときに有効。

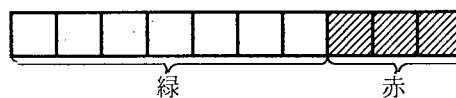
NCプログラムを停止させる。
赤色ランプが点灯し、停止中であることを表示する。

(4) 機械状態表示

スプラッシュガード内の照明を点灯させる。
再度このボタンを押すことにより消灯する。

機械がアラーム状態になった時に点灯する。NC側のアラームの場合は、NCのアラーム画面にその詳細が表示される。

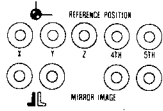
主軸モータの負荷状態を表示する



(i) 0～連続定格負荷.....緑色で比例表示

(ii) 連続定格～30分定格負荷.....緑色すべて表示 + 赤色比例表示

(iii) 30分定格負荷以上.....赤色のみすべて表示



.....それぞれ各軸の原点復帰、ミラーイメージの状態を表示する。

(5) NC 機能スイッチおよび表示



.....パートプログラムを1ブロックずつ実行するときを選択する。



.....プログラム内のM01で停止させるときを選択する。

M01でサイクルスタートランプが点滅し、スタートボタンを押すことにより続行する。



.....この機能を選択すると、切削送り、早送り速度のかわりにJOG送り速度が有効となる。



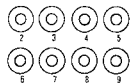
.....この機能を選択すると、手動で軸を動作させてもアブソリュート座標系は更新される。電源投入時は前の状態に復帰する。



.....この機能を選択すると、自動運転中であってもハンドル操作が有効となる。



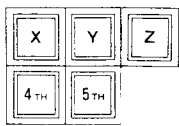
.....ブロックスキップ1のON-OFFが可能。



.....ブロックスキップ2~9（オプション）の状態が表示される。

設定はPC初期画面または **WORK DATA** 画面で行うことができる。

(6) JOG スイッチ



.....X,Y,Z,第4軸の,5軸のうち、いずれか1軸を選択する。選択された軸のランプが点灯する。



.....このスイッチにより、選択されている軸の移動ができる。

送り速度は、JOG送り速度ロータリスイッチにより変化する。

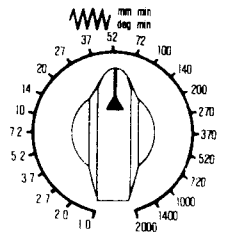


.....このスイッチは下記の目的のために使用する。

(a) 送り軸がOT2（オーバトラベル2）で非常停止状態となっている時の解除。

このスイッチを押しながら、その軸を逆方法のストローク範囲内に移動させる。

(b) ATC等の動作が途中で停止した場合、全送り軸はインタロック状態となっているが、その復旧のためにインタロックを解除して、軸を移動させる必要があるときに使用する。このスイッチを押している間、インタロックが解除される。



軸インタロックがかかる動作は

- (i) ATCアラームがスタンバイ状態でないとき
- (ii) B軸インデックステーブルのLIFT,CLAMPの動作途中
- (iii) P/C , P/Mがスタンバイ状態でないとき

(7) クーラント関係



.....4本または8本ノズルのクーラントが“ON”する。

クーラントが“ON”しているときは、ランプが点灯する。



.....エアブロー（オプション）が“ON”する。



.....使用しない。



.....このスイッチによりスパイラルチップコンベアが動作する。

動作しているときはランプが点灯する。

資料 3. CRT 操作盤と PC 画面

(1) CRT 操作盤

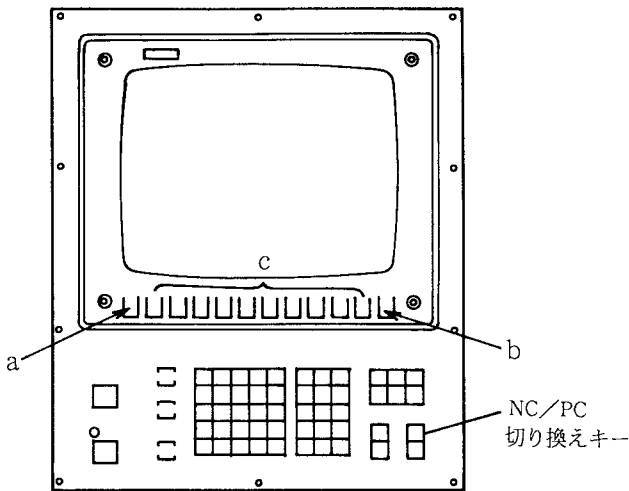


図 37 CRT 操作盤

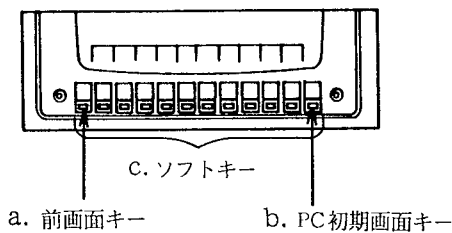


図 38 ソフトキー

(2) PC 画面の種類

- ① PC 初期画面 (PRIMARY OPERATION)
- ② ランダムデータ画面 (RANDOM DATA)
- ③ 工具モニタ画面 (TOOL MONITOR)
- ④ 工具データ画面 (TOOL DETAIL)
- ⑤ リモコンノズル画面 (NOZZLE COOLANT)
- ⑥ セットアップパラメータ画面 (SETUP PARAMETER)
- ⑦ 診断画面 (DI/DO TABLE)
- ⑧ 保守画面 (DATA MAINTENANCE)
- ⑨ アラーム画面 (ALARM)
- ⑩ アラーム履歴画面 (ERROR ENTRY)
- ⑪ 工具再配置画面 (TOOL RELOCATION)
- ⑫ カートリッジ交換画面 (TOOL EXCHNG)

(3) PC 初期画面

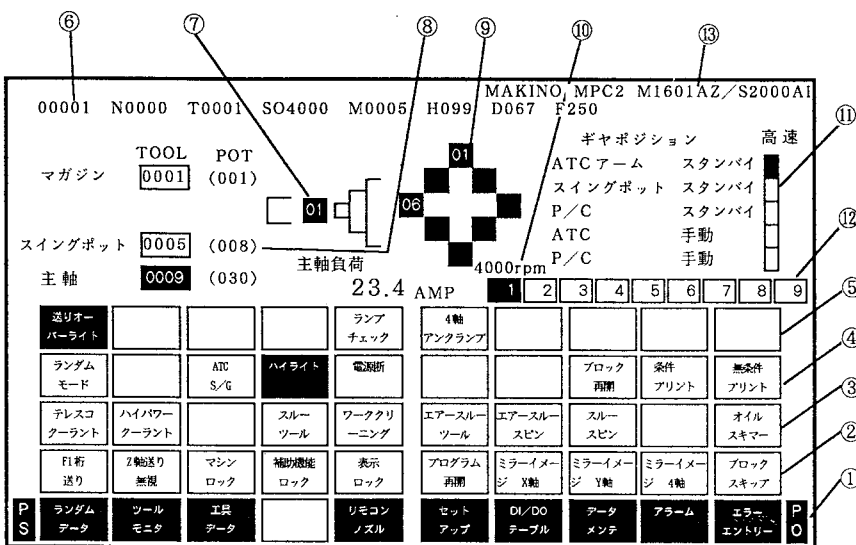


図 39 PC 初期画面

- ① PCメニューキー
- ② NC機能キー
- ③ クーラント機能キー
- ④ 機械機能キー
- ⑤ NC機能キー
- ⑥ NC指令表示
- ⑦ パレット表示
- ⑧ 工具番号表示
- ⑨ カートリッジ番号表示
- ⑩ 主軸負荷電流デジタル表示
- ⑪ 機械状態表示
- ⑫ ブロックスキップ表示
- ⑬ MPC2ソフトバージョン

資料 4. アドレス

この教材で使用する NC 装置のアドレスとその意味は表 3 の通り。

表 3 アドレスとその意味

機 能	ア ド レ ス	意 味
プログラム番号	0	プログラム番号
シーケンス番号	N	シーケンス番号
準備機能	G	動作のモード（直線，円弧など）を指定
ディメンションワード	X, Y, Z	座標軸の移動指令
	A, B, C, U, V, W	付加軸の移動指令
	R	円弧の半径
	I, J, K	円弧の中心座標
送り速度	F	送り速度の指定
主軸機能	S	主軸回転数の指定
工具機能	T	工具番号の指定
補助機能	M	機械側でのオン/オフ制御の指定
	B	テーブルの割出し等
オフセット番号	H, D	オフセット番号の指定
ドウェル	P, X	ドウェル時間の指定
プログラム番号の指定	P	サブプログラム番号の指定
繰返し回数	L	サブプログラムの繰返し回数，固定サイクルの繰返し回数
パラメータ	P, Q, R	固定サイクルのパラメータ

資料 5. G 機能（補助機能）一覧表

表 4

コード	グループ	意味
G00	01	位置決め
G01		直線補間
G02		円弧補間／ヘリカル補間 CW
G03		円弧補間／ヘリカル補間 CCW
G04	00	ドウェル
G07		仮想軸補間
G09		イグザクストップ
G10		データ設定
G10. 1		PCデータ設定
G11		データ設定モードキャンセル
G15	18	極座標指令キャンセル
G16		極座標指令
G17	02	X_p Y_p 平面
G18		Z_p X_p 平面
G19		Y_p Z_p 平面
G20	06	インチ入力
G21		メトリック入力
G22	04	ストアードストロークチェック機能オン
G23		ストアードストロークチェック機能オフ
G27	00	リファレンス点復帰チェック
G28		リファレンス点復帰
G29		リファレンス点からの復帰
G30		第2, 第3, 第4 リファレンス点復帰
G31		スキップ機能
G31. 1		多段スキップ機能1
G31. 2	多段スキップ機能2	
G31. 3	多段スキップ機能3	
G33	01	ねじ切り
G37	00	工具長自動測定
G38	00	工具径補正ベクトル変更
G39		工具径補正コーナ円弧
G40	07	工具径補正キャンセル／3次元工具補正キャンセル
G41		工具径補正左／3次元工具補正
G42		工具径補正右
G43	08	工具長補正+
G44		工具長補正-
G45	00	工具位置オフセット 伸長
G46		工具位置オフセット 縮小
G47		工具位置オフセット2倍伸長
G48		工具位置オフセット2倍縮小
G49	08	工具長補正キャンセル
G50	11	スケーリングキャンセル
G51		スケーリング
G50. 1	11	プログラマブルミラーイメージキャンセル
G51. 1		プログラマブルミラーイメージ
G52	00	ローカル座標系設定
G53		機械座標系選択

表 5

コード	グループ	意味
G54	1 2	ワーク座標系1 選択
G55		ワーク座標系2 選択
G56		ワーク座標系3 選択
G57		ワーク座標系4 選択
G58		ワーク座標系5 選択
G59		ワーク座標系6 選択
G60	0 0	一方向位置決め
G61		イグザグトストップモード
G62		自動コーナオーバーライドモード
G63		タッピングモード
G64		切削モード
G65	0 0	マクロ呼出
G66	1 4	マクロモーダル呼出A
G66. 1		マクロモーダル呼出B
G67		マクロモーダル呼出A/Bキャンセル
G68		座標回転
G69		座標回転キャンセル
G73	0 9	ベックドリリングサイクル
G74		逆タッピングサイクル
G76		ファインボーリングサイクル
G80		固定サイクルキャンセル/外部動作機能キャンセル
G81		ドリルサイクル, スポットボーリング/外部動作機能
G82		ドリルサイクル, カウンターボーリング
G83		ベックドリリングサイクル
G84		タッピングサイクル
G85		ボーリングサイクル
G86		ボーリングサイクル
G87		バックボーリングサイクル
G88		ボーリングサイクル
G89		ボーリングサイクル
G90	0 3	アプソリュート指令
G91		インクレメンタル指令
G92	0 0	ワーク座標系の変更/最高主軸速度の設定
G93	0 5	インバースタイム送り
G94		毎分送り
G95		毎回転送り
G96	1 7	周速一定制御
G97		周速一定制御キャンセル
G98	1 0	固定サイクルイニシャルレベル復帰
G99		固定サイクルR点レベル復帰

(注1) ▽の記号のついているGコードは、電源投入時あるいは、リセットされたあと、そのGコードの状態になることを示す。G22,G23については、電源投入時はG22となり、リセットされてもリセット前の状態のままG00,G01,G17,G18,G43,G44,G49,G94,G95およびG90,G91については、データ番号2401のパラメータ設定(G01,G95,G90,G43,G44,G18)により、どちらの状態になるか選択できる。G20,G21については電源切削前、あるいはリセットボタンを押す前の状態になる。

(注2) 00グループのGコードは、モーダルでないGコードであることを示し、指示されたブロックでのみ有効。

(注3) Gコード一覧表にのっていないGコードを指令するとアラームが表示される。

または対応するオプションのついでないGコードを指令すると、アラームが表示される。

(注4) Gコードは、異なるグループであれば、いくつでも同一ブロックに指令することができる。

もし同じグループに属するGコードを同一ブロックに2つ以上指令した場合には、後で指令したGコードが有効となる。

資料 6. M機能（補助機能）一覧表

表 6

番号	内 容	状 態	番号	内 容	状 態
00	プログラムストップ	A	50	AC係数100%、SL係数200%	S
01	オプションストップ	A	51	M52モードキャンセル	S
02	エンドオブプログラム	A	52	アラーム時の自動ワーク搬出禁止モード	S
03	主軸正転起動	W	53	工具オフセット量登録モード	S
04	主軸逆転起動	W	54		
05	主軸停止	A	55		
06	自動工具交換	W	56	工具オフセット量転送指令	S
07	ミストクーラントまたはエアブローON	W	57	工具番号の登録モード	S
08	ノズルクーラントON	W	58	M59モードキャンセル	S
09	クーラントOFF	A	59	主軸速度オーバーライドキャンセル	S
10	NCロータリテーブルクランプ	A	96	スルーツールクーラントON	W
11	NCロータリテーブルアンクランプ	S	97	ハイパワークーラントON	W
12	第5軸クランプ	A	98	サブプログラム呼出し	A
13	第5軸アンクランプ	S	99	メインプログラムへの戻り	A
14	BTSアーム前進	A			
15	割出しテーブル逆転	S	680	メンテナンスM機能 (ATCアームCW)	S
16	第4軸ミラーイメージ ON	S	681	メンテナンスM機能 (ATCアームCCW)	S
17			682	メンテナンスM機能 (ATCアームIN)	S
18	BTSアーム後退	A	683	メンテナンスM機能 (ATCアームOUT)	S
19	主軸オリエンテーション	A	684	メンテナンスM機能 (ツールクランプ)	S
20	BTS (工具破損検出) チェック	A	685	メンテナンスM機能 (ツールアンクランプ)	S
21	X軸ミラーイメージON	S	686	メンテナンスM機能 (スイングポットRET)	S
22	Y軸ミラーイメージON	S	687	メンテナンスM機能 (スイングポットADV)	S
23	ミラーイメージOFF	S			
24			801	リモコンノズル ポジション1	W
25	スルースピンドルクーラントスタンバイ	W	~		
26	スルースピンドルクーラントON	W	861	リモコンノズル ポジション61	W
27	タップオイル(ミスト、ジェット) ON	W	862	リモコンノズル 1往復動作	S
28	スルーツールエアON	W	863	リモコンノズル 連続往復動作	S
29	無条件電源遮断	S	870	リモコンノズル ユーザ設定M機能	W
30	エンドオブプログラム&リワインド	A	~		
31	ワーク自動測定モード	S	879	リモコンノズル ユーザ設定M機能	W
32	工具長自動測定モード	S			
33	工具長回路チェック	S			
34	ワーク自動測定スベア工具呼出し	S			
35	ワーク自動測定パレット搬出	S			
36	使用工具事前チェックモード	S			
37	使用工具事前チェックキャンセル	S			
38					
39					
40	工具寿命データ登録モード	S			
41	SL係数設定125%	S			
42	SL係数設定150%	S			
43	SL係数設定200%	S			
44	SL係数, AC係数 0%	S			
45					
46	SLデータ登録モード	S			
47	ACデータ登録モード	S			
48	M49モードキャンセル	W			
49	送り速度オーバーライドキャンセル	A			

注1) 表中のW, A, Sの内容は次の通り。
W: 軸移動と同時に指令が開始する。
A: 軸移動が完了してから指令が開始まる。
S: 単独ブロックで入力する。