

機械設計者
必読



COST-DOWN

Cost-down Technique of Machining Parts
for Machine Designer

**部品加工のコストダウン技法
&
加工事例集**

生産の各プロセスにおけるコストダウン

あらゆる製造業において、コストの削減はいつの時代でも課題とされています。製造業における生産プロセスは主に設計、資材調達、生産という流れで行われます。コストダウンを図る場合に一番効果的なのは、上流である設計段階でのコストダウンが最も重要とされています。

生産の各プロセス

設計



設計段階の代表的なコストダウン手法は、形状の考案、要求機能の決定などがあります。生産段階で考えられる無駄やコストアップに繋がる要素を検討します。設計段階でコストの70~80%が決定すると言われています。



調達



調達段階での代表的なコストダウン手法は、使用材料の見直しです。長年購入している購入品が本当に必要なかどうか、必要な機能を満たす材料は他に見当たらないのか検証します。



生産



生産段階での代表的なコストダウン手法は、工数・設備効率向上による労務費の削減や、歩留管理・不良低減による材料費の削減などがあります。この様に生産段階のコストダウン手法は現場改善型が多いといえます。

設計段階でコストの70~80%が決定する



生産の各プロセスにおいて、設計段階でコストの70~80%が決定されます。したがって、設計段階でコストダウンを計ることが最も重要とされています。この様に設計段階からコストダウンを図ることを、VA/VE (VA=Value Analysis VE=Value Engineering) といいます。

設計者に求められる加工の知識

設計段階でのコストダウンを実現するためには、設計者が加工の知識を十分に把握していることが必要不可欠です。下記に設計者に求められる主な加工の知識を示します。

設計で決める項目		設計者に求められる加工の知識
形状	全体の形状	<ul style="list-style-type: none"> ● その形状を作る加工方法が存在するか ● 加工に無理がないか ● 加工が容易か
	角・隅の形状	<ul style="list-style-type: none"> ● 角の加工をどうするか ● 隅の形状はどう決まるか
寸法	寸法	<ul style="list-style-type: none"> ● その寸法に加工するとき無理がないか ● 大きすぎて加工できないことはないか。小さすぎて加工できないことはないか。深すぎて加工できないことはないか。
	公差	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要な寸法精度が出せるか ● その寸法精度を出すためにはどんな加工方法が必要か
	幾何精度	<ul style="list-style-type: none"> ● 直角度・平行度などが特に必要な場合、そのような加工精度を出すことができるか
	表面粗さ	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要な表面粗さを加工できるか
材質		<ul style="list-style-type: none"> ● どんな材質を用いるか、その材料はどんな素材として手に入るか。その材料にはどんな加工法が適用できるか
熱処理		<ul style="list-style-type: none"> ● それぞれの部品に熱処理が必要ではないか。軸など硬さを要求される部品には、ふさわしい材質を選び、焼入れ・焼戻しなどの熱処理を施す
表面処理		<ul style="list-style-type: none"> ● 使用される条件により、どんな表面処理が必要であるか、メッキをするか、塗装をするか
組立・分解		<ul style="list-style-type: none"> ● 組立・分解が可能か



設計段階でのコストダウンを実現するためには、設計者が加工の知識を十分に把握していることが重要なポイントです。

設計者が加工の知識を十分に把握していないと、設計現場と加工現場で情報の伝達が上手くいかず、完成してみても不良が出たり、必要以上にコストがかかってしまった等の問題が発生してしまいます。

例えばこんなことが起きています…

- ①必要以上の精度要求により、加工工数が増えてしまう
- ②必要以上に部品点数が多く、部品が統一されていない
- ③特殊な治具が必要な加工指示がある
- ④必要以上に高硬度の素材の加工指示がある
- ⑤設計者が加工者に渡す図面上に、寸法記入がされていない



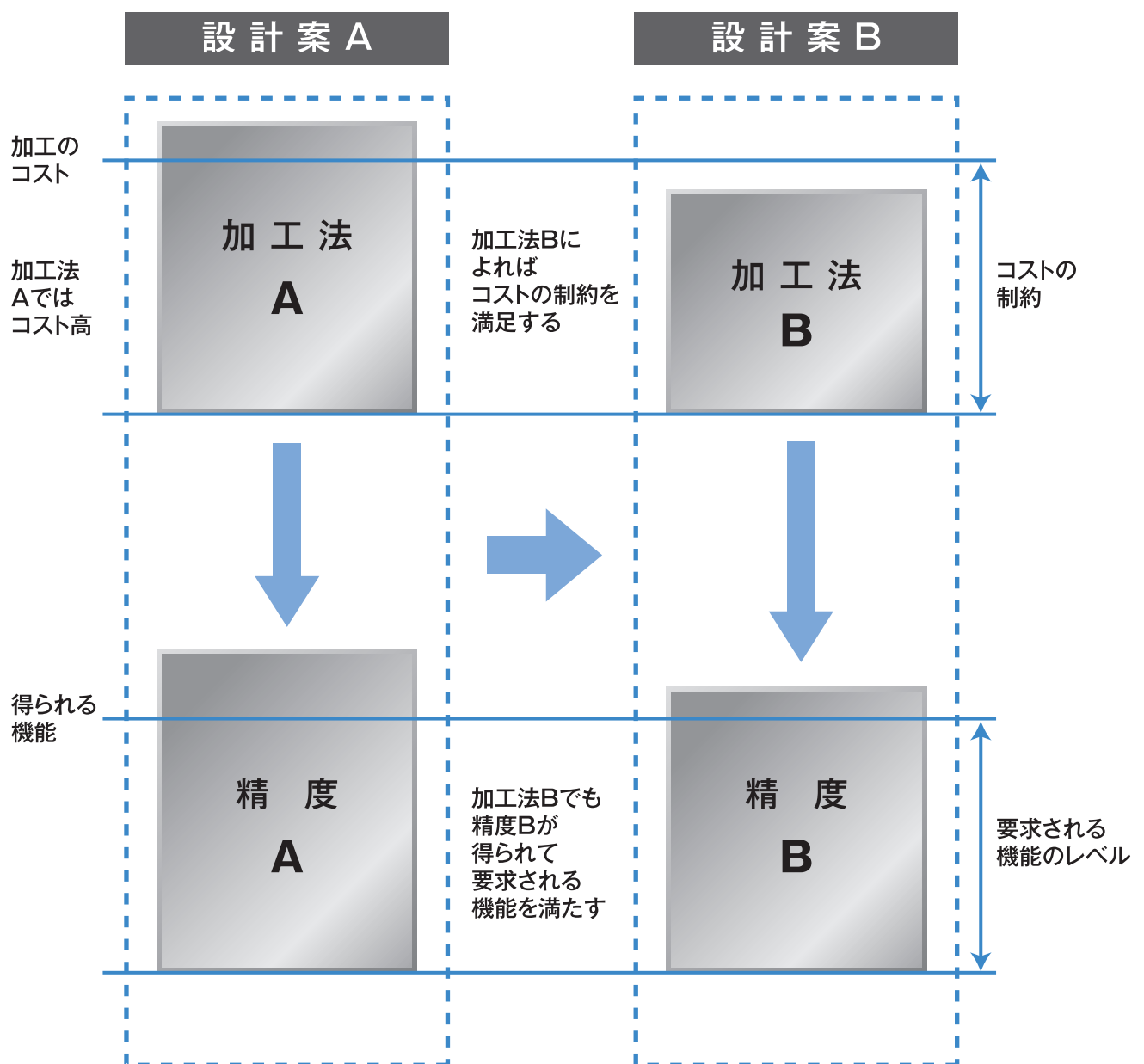
POINT

設計者が加工の知識を知らないと上記のような問題が発生し、コストアップになります。

加工方法の正しい選択

通常、新しい製品を作るためのコストは、あらかじめその製品設計の企画段階で決められています。従って製品はそのコストの中で設計されなければなりません。例えばある機能を実現する設計案は普通何通りか考えられますが、その中の1つの案では部品の寸法を±10μmに抑えなければいけません。現状ではこれを実現する加工が難しく、全体のコストに収まらない場合、以下の図の様に他の設計案を検討することになります。このように設計段階からのコストダウンをVA/VEと呼びますが、これは加工の知識が必要不可欠なのです。

機械設計における加工方法の選択

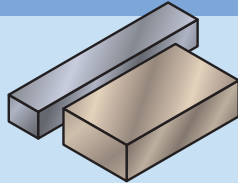


部品加工の製作は複数の工程から成り立っています。ここでは部品加工の代表的なパターンとして、フライス・マシニング加工についての加工工程を紹介します。

フライス・マシニング加工品

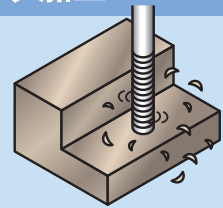
1 材料取り

棒材などから様々な材料から材料取りを行います。



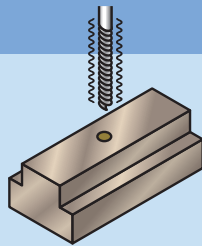
2 フライス・マシニング加工

正面、側面、R加工など各種の加工を行います。



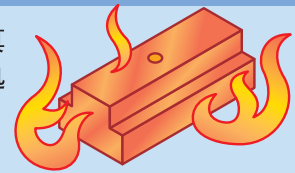
3 穴あけ・追加工

穴あけ、タップ、リーマなどの加工を行います



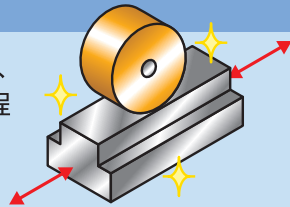
4 熱処理

浸炭、窒化、高周波、真空焼入れなど各種熱処理を行います。



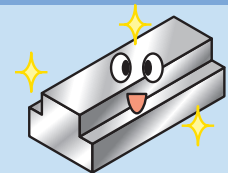
5 研 磨

主に平面研削盤により、表面の研磨を行う工程です。



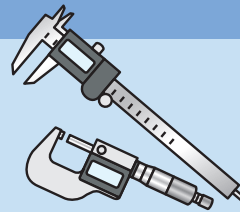
6 表面処理

めっきやアルマイトなど必要に応じて表面処理を行います。



7 検 査

加工後の検査工程です。図面を基に各測定機器で入念にチェックを行います。



POINT

設計したものを実際に製作する場合、どのような過程でものができあがるのか、製作過程の全体の流れを設計者は把握しておくことが重要なポイントです。

SUS304からSUS303への材料選定

改善前



SUS304は刃物の消耗が激しいため、加工時間も通常のステンレスの倍かかってしまいます。

改善後



SUS303は加工がしやすい快削鋼です。SUS304は可能な限り避けた方がコストダウンにつながります。

SUS303からSUS440Cへの材料選定(研磨加工が必要な場合)

改善前



SUS303はマグネット(電磁チャック)にくっつかない性質のため、研磨加工が難しい材料です。

改善後



SUS440Cはマグネット(電磁チャック)にくっつく性質の材料です。さらに焼き入れすることにより歪みが抑えられ、特に長物・薄物研磨の工程でスムーズに加工することができ、結果コストダウンにつながります。

■SKS3からSKD11への材料選定

改善前 合金工具鋼 SKS3

炭素 C	硅素 Si	マンガン Mn	クロム Cr
1.05	〈0.35	〈0.8	0.75
タングステン W	バナジウム V	硬度	
1.25	((0.2)	60	

SKS3は焼き入れの工程で歪みが出やすい素材であるため、コストアップの原因となります。

改善後 合金工具鋼 SKD11

炭素 C	硅素 Si	マンガン Mn	クロム Cr
1.50	〈0.4	〈0.6	12.0
タングステン W	バナジウム V	硬度	
1.0	0.3	60	

SKD11だと焼き入れの工程で歪みにくい素材であるため、コストダウンにつながります。

■歪みにくいワークの選定

改善前 合金工具鋼 SKD61

炭素 C	硅素 Si	マンガン Mn	クロム Cr
0.37	0.93	0.46	5.22
タングステン W	バナジウム V	硬度	
1.21	0.80	53	

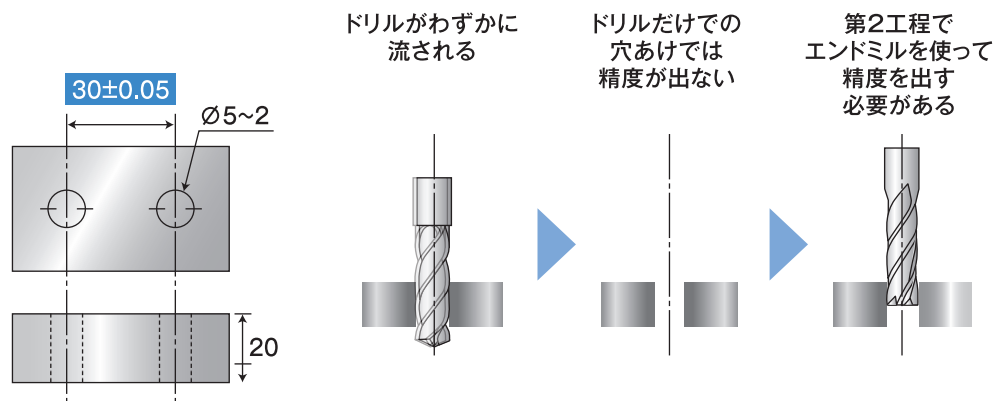
改善後 合金工具鋼 SKD11

炭素 C	硅素 Si	マンガン Mn	クロム Cr
1.50	〈0.4	〈0.6	12.0
タングステン W	バナジウム V	硬度	
1.0	0.3	60	

ワークの選定は熱処理後、歪みにくいものを選定しないとコストアップの原因となってしまいます。例えばじん性があまり重要ではなく、耐摩耗性が必要な場合などでは歪みが小さく硬度も上がる(HRC60~61)SKD11を使用する方が良い。

■精度要求の見直しによる工数削減①

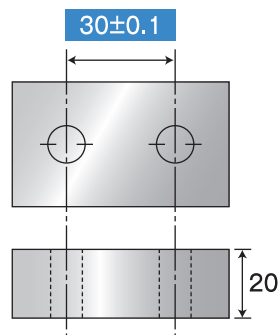
改善前



穴の深さが10mmを超えてくると、ドリルがわずかに流されてしまいます。したがって穴ピッチで10 μ m台の精度をドリルだけで出すのは困難です。穴ピッチで10 μ m台の精度を出すためには、ドリル加工（下穴あけ）+エンドミル加工（仕上げ）と工程を2段階に分ける必要があります。結果として加工工数が増加します。



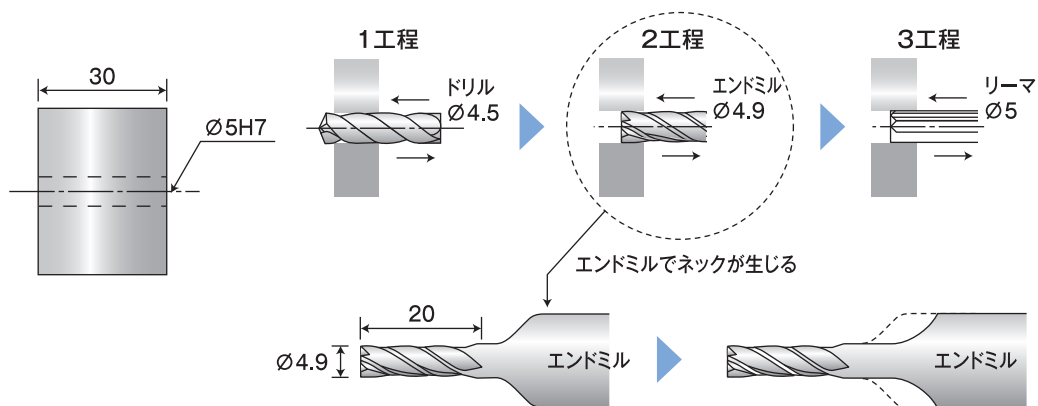
改善後



穴ピッチが100 μ m台の精度要求であれば、ドリル1工程で加工することができます。そうすることで加工工数を削減することができ、コストダウンにつながります。また、タップ加工の場合も同様のことが言えます。

■精度要求の見直しによる工数削減②

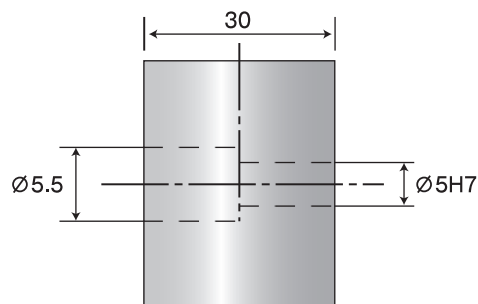
改善前



比較的小径の穴をエンドミルで仕上げる場合には、通常のエンドミルでは上図のようなネックが生じるため、エンドミル自体への追加加工が必要になってきます。したがってコストアップの原因となります。



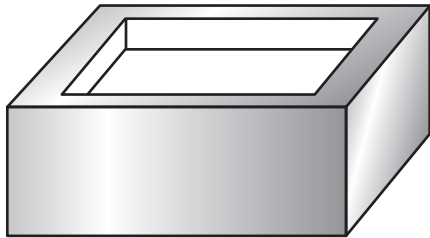
改善後



精度を要する部分は極力短くしておき、残りは遊び穴としておくことで、エンドミル自体への追加加工がなくなります。したがってコストダウンを実現できます。

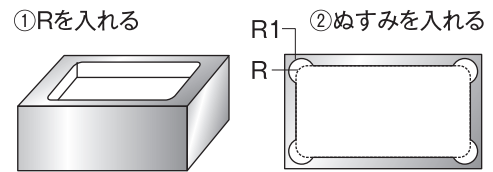
■ポケット加工コーナーRの設定

改善前



上図のようなコーナーでは、放電加工でコーナーを取らないと、角が立った状態にできません。

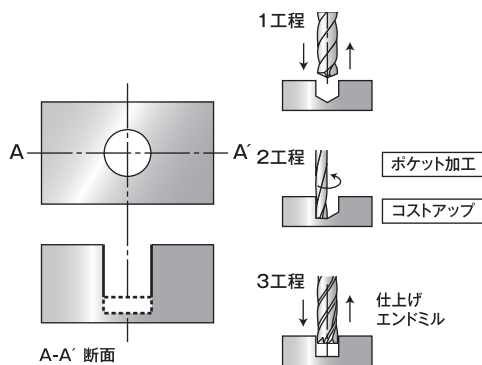
改善後



- ① コーナーにRを付けても製品上問題がない場合にはRを付けた方がエンドミル1本で加工することが可能です。
- ② ぬすみを入れる場合に考慮すべきポイントはRよりも大きいぬすみ (R1) をつけることです。公式で表すと
 $h=6R$ $2R=h/3$ $R=h/6$ $R1 R/2$
 というのが加工上望ましいと言えます。

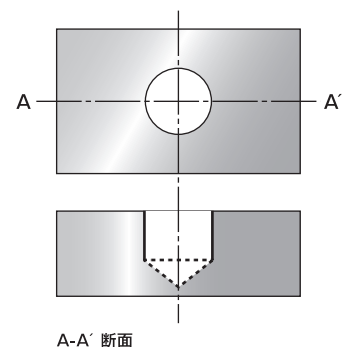
■ポケット加工底部に逃げの設定による加工工数の削減

改善前



フラットな止まり穴の場合には、加工上ポケット加工が必要になり底部に仕上げ加工が必要になります。

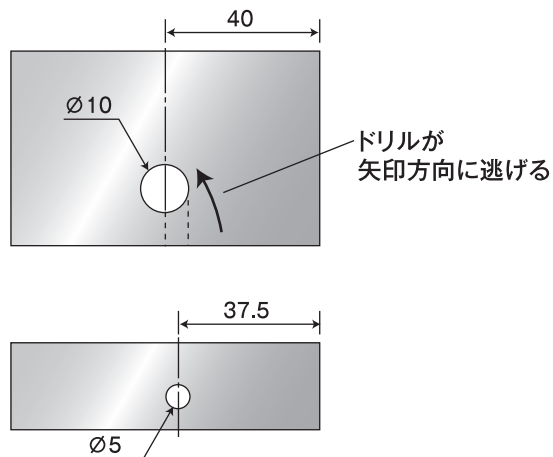
改善後



ドリル下穴残り可の指示を入れることで底部仕上げ加工の必要がなくなりコストダウンにつながります。

■穴がぶつかる場合のポイント

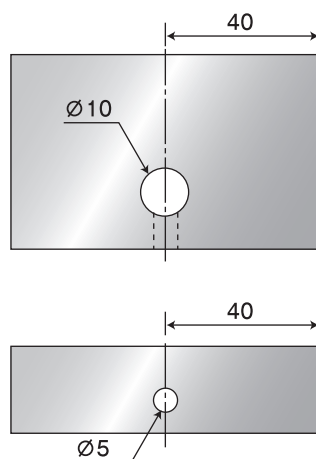
改善前



図のように穴同士がぶつかると小さい径の穴が逃げてしまい、不良品になる可能性が高いです。



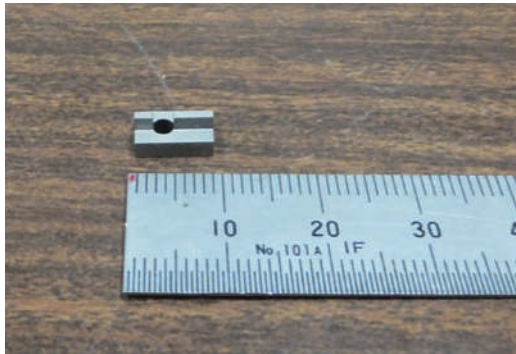
改善後



同位置で穴をぶつけることにより小さい径の穴もまっすぐ通すことができ、不良品になる可能性が下がり、結果コストダウンにつながります。

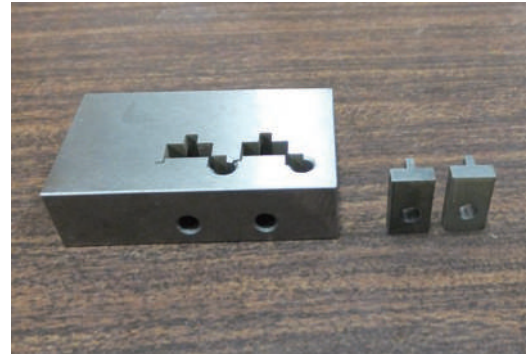
■小さいワークの加工方法

改善前



写真のワーク(4×5×8.5)の外形と段加工を行おうとすると、小さくて非常にクランプが難しくフライス、研磨、ともに無駄に時間がかかってしまいます。

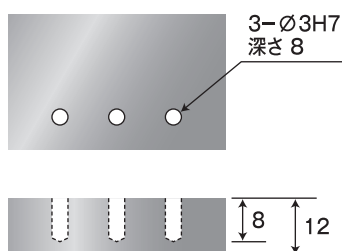
改善後



一回り大きいワーク(例:8.5×20×30)から全体を抜き出すようにワイヤーカットで加工することにより、フライスと研磨加工の時間を大幅に短縮でき、結果コストダウンにつながります。

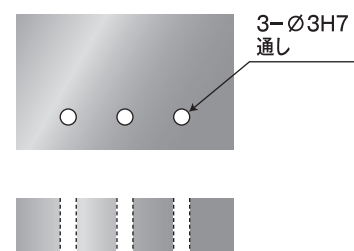
■熱処理品における公差穴の考え方

改善前



熱処理品に止まりの公差穴の加工を指示すると、焼き入れ前に公差穴をフライスで仕上げているので焼き入れの際に精度部に歪みが出てしまう可能性があります。

改善後



公差穴を通しにすることにより焼き入れ後にワイヤーカットでの加工が可能になり、穴の精度、穴位置ともにより正確な加工が可能になります。

事例 1 プレート



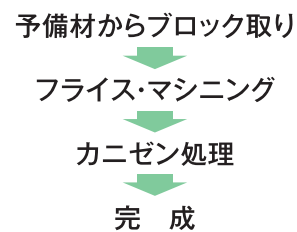
加工のポイント

非常にシンプルな形状です。フライス（マシニング）加工後、メッキ処理（カニゼン）を行います。予備材からの加工により納期短縮しています。

Data

材 質	S50C
サ イ ズ	10×26×66
加工精度	一般公差
表面処理	カニゼン
ロ ッ ト	2ヶ

作業工程



事例 2 カバー



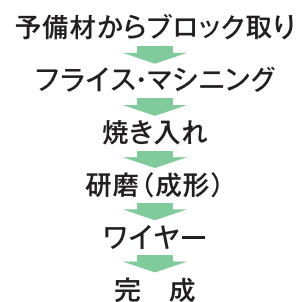
加工のポイント

1ミリ幅の角穴をワイヤーカットで加工する際に、横の溝形状も一緒に加工しています。そうする事により加工時間の短縮によるコストダウンを実現しています。

Data

材 質	SUS440C (HRC55)
サ イ ズ	6.6×20.2×52.3
加工精度	±0.02 (外形、段)
表面処理	なし
ロ ッ ト	1ヶ

作業工程



事例 3 アーム



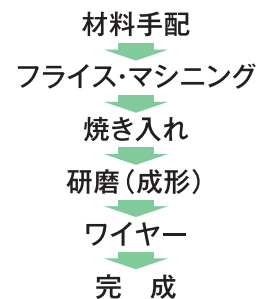
加工のポイント

形状的に研磨加工がやりづらいですが、直角バイスでクランプして加工していきます。焼き入れ品なので3ヶ所の $\phi 3H7$ はワイヤーカットにて加工しています。

Data

材 質	SUS440C (HRC55)
サ イ ズ	20×26.8×40.5
加工精度	±0.02 (穴位置、段)
表面処理	なし
ロ ッ ト	2ヶ

作業工程



事例 4 スライダー



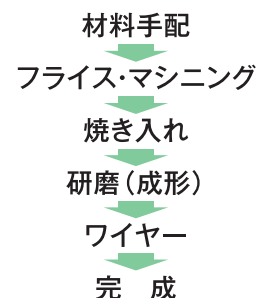
加工のポイント

フライス加工後に焼き入れ。焼き入れ後に研磨とワイヤーカットで仕上げています。側面の $\phi 3H7$ の穴位置に位置公差があるので顕微鏡で測定しながら研磨加工で仕上げます。

Data

材 質	SKD11 (HRC60)
サ イ ズ	16×58×172.2
加工精度	±0.01 (外形、段)
表面処理	なし
ロ ッ ト	1ヶ

作業工程



事例 5 レール



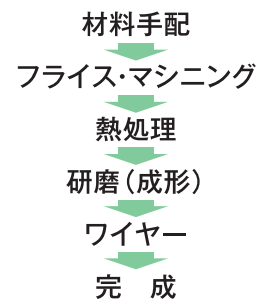
加工のポイント

フライスにて下加工後に焼き入れ。焼き入れ後に研磨とワイヤーカットで仕上げています。形状的にソリが出やすいワークなので研磨加工はソリの様子を見ながらの加工が必要です。

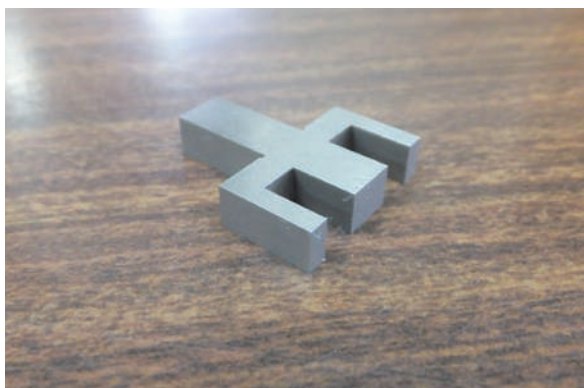
Data

材 質	SUS440C (HRC55)
サ イ ズ	9×15.9×146.8
加工精度	±0.01 (1段)
表面処理	なし
ロ ッ ト	1ヶ

作業工程



事例 6 ガイド



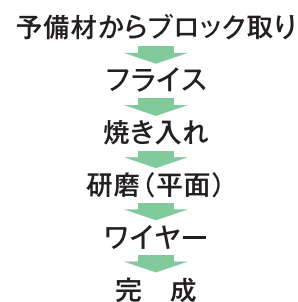
加工のポイント

ワークが小さいので切削加工では手間がかかってしまいます。そこで4×30×35のプレートからワイヤーカットにて外形を抜き出しました。

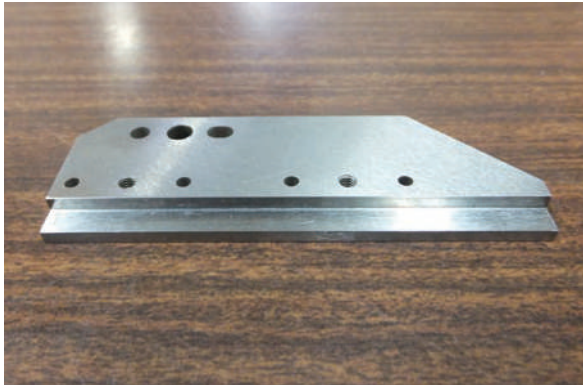
Data

材 質	SKD11 (HRC58)
サ イ ズ	4×16×19
加工精度	±0.01 (外形)
表面処理	なし
ロ ッ ト	2ヶ

作業工程



事例 7 ガイド



加工のポイント

焼き入れ後に研磨にて外形仕上げ。6ヶ所の公差穴はワイヤーカットで同時加工する事により、位置公差、穴ピッチともに精度を保てます。

Data

材 質	SUS440C (HRC55)
サ イ ズ	4×22.4×64.8
加工精度	±0.02 (外形、穴位置)
表面処理	なし
ロ ッ ト	1ヶ

作業工程

予備材からブロック取り
 ↓
 フライス・マシニング
 ↓
 焼き入れ
 ↓
 研磨 (成形)
 ↓
 ワイヤー
 ↓
 完 成

事例 8 位置合わせ治具



加工のポイント

精度が求められる箇所は研磨加工で仕上げています。また、精度穴は位置公差とワークの板厚を考慮してワイヤーカットにて加工しています。

Data

材 質	SUS440C
サ イ ズ	25×25×80
加工精度	±0.01 (穴位置、段)
表面処理	なし
ロ ッ ト	1ヶ

作業工程

材料手配
 ↓
 フライス・マシニング
 ↓
 研磨 (成形)
 ↓
 ワイヤー
 ↓
 完 成