

ねじ部品の圧造化について

作成 1999年 3月

改定 1999年12月

2000年11月

【IB】イワタボルト

技術開発課

1 . 圧造について	ページ
(1) 圧造加工機	・・・ 2
(2) 圧造用材料	・・・ 3
(3) ねじ用材料の種類	・・・ 4
(4) 加工方法	・・・ 6
(5) 加工条件	・・・ 8
(6) 標準的な圧造品の工程	・・・ 9
(7) 切削と圧造の比較	・・・ 10
2 . 転造について	
(1) 転造加工機	・・・ 11
(2) 加工例	・・・ 12
(3) 溝形状の加工条件	・・・ 12
3 . 寸法・精度について	・・・ 13
4 . タッピンねじについて	
(1) タッピンねじの種類	・・・ 14
(2) タッピンねじの製造工程	・・・ 14
(3) タッピンねじの使用法	・・・ 14
5 . 熱処理について	
(1) 熱処理の種類	・・・ 15
(2) ねじの熱処理の具体例	・・・ 16
6 . めっきについて	
(1) めっきの目的	・・・ 17
(2) めっきの種類	・・・ 17

1. 圧造について

現在、圧造といえは一般的には冷間圧造を指します。JIS用語では「常温で塑性加工によって、おねじ部品又はナットのブランクを作ること」と説明されています。しかし、現在では圧造技術を利用してねじ部品以外の各種部品が製作されており、圧造技術の進歩と共に圧造加工品あるいは圧造加工+切削加工といったかたちで、使用範囲が広まってきております。

(1) 圧造加工機

一般にヘッダー（ホーマー）と呼ばれる機械での冷間圧造がほとんどです。使用される材料径により大きさは変わりますが、型式としましてはダイス及びパンチの数により大別されています。

表1. イワタボルトに設備されているヘッダー（ホーマー）

型 式	ダイスの数	パンチの数	形状	型代	工賃
ダブルヘッダー	1	2	単純	小	小
2ダイ2プロヘッダー	2	2	↓	↓	↓
2ダイ3プロヘッダー	2	3			
3ダイ3プロヘッダー	3	3			
4ダイ4プロヘッダー	4	4			
5段打パーツホーマー	5	5			

ダイス及びパンチの数が増えるにつれ、複雑な製品を製作することが可能になりますが、金型費及び製品単価が高くなります。

(2) 圧造用材料

冷間圧造用の材料は炭素鋼としましては冷間圧造用炭素鋼線(SWCH)がJISに規格化されています。冷間圧造用炭素鋼線は規格の上からは母材の製造工程によりリムド鋼とキルド鋼に分けられていますが、現在の母材の製造方法はどちらも連続鋳造と呼ばれる方法になっており、製造工程の違いよりは成分の違いによって区別されているのが実状です。

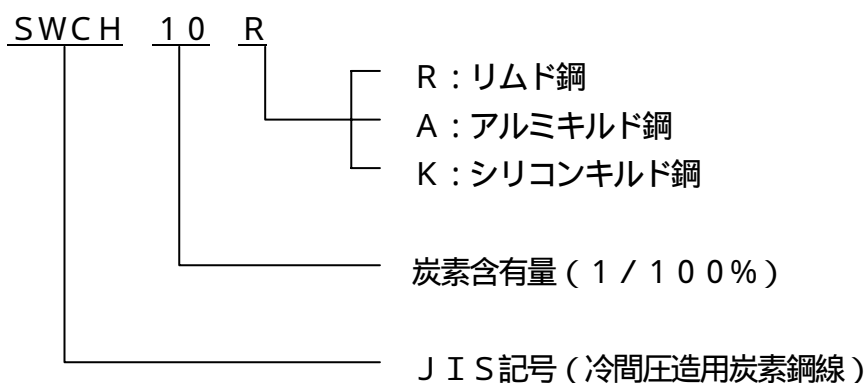
その他の材料としましては、ステンレス線や黄銅線が一般的に使用されています。また、ステンレス線につきましては圧造加工技術の進歩と共に加工性を向上させたステンレス線が各社で開発され使用されております。

冷間圧造に利用される材料は、製品の強度を得ることはもちろんですが、どのくらいの力で変形させることが出来るか(変形抵抗)ということと、どのくらいまで変形させることが出来るか(変形能)ということを考えて選択されます。

通常、形状的に簡単な製品は炭素鋼の場合でしたらSWCH10Rが選ばれますが、加工率が高くなる場合はSWCH12A等のキルド鋼が選択されます。

表2. 冷間圧造用炭素鋼線の主な使用例

	主な使用例
SWCH10R	リベット、ボルト、小ねじ
SWCH12A	リベット、ボルト、小ねじ
SWCH16A	タッピンねじ
SWCH18A	タッピンねじ
SWCH45K	ボルト



リムド鋼に比べキルド鋼は加工性が良く、加工率の高い製品に使用されます。

表3 . 冷間圧造用ステンレス線材

	主 な 使 用 例	加工性
SUS410	リベット、小ねじ、タッピンねじ	重加工用
SUS430	リベット、小ねじ	重加工用
SUS304	リベット、木ねじ	軽加工用
SUSXM7	リベット、小ねじ、タッピンねじ	強加工用

(3) ねじ用材料の種類

ねじに使用されている材料の種類は、以下の通りです。

<炭素鋼>

・一般構造用圧延鋼材

普通SS材と呼ばれるもので棒鋼またはバーインコイルとして製造されます。棒鋼は熱間鍛造用のボルト・ナット材として使用され、また冷間引抜きによって丸または六角の、みがき棒鋼として切削ボルト・ナットの材料として使用されます。

・機械構造用炭素鋼

普通SC材と呼ばれているもので、棒鋼、バーインコイルまたは線材として製造されます。棒鋼は加熱鍛造ねじ用に、棒鋼またはバーインコイルは冷間引抜きによって切削ねじ用に、線材は引抜き伸線を行って冷間圧造ねじ用に使用されます。

・冷間圧造用炭素鋼線

冷間圧造の普及発展に伴って、ボルト・ナット・小ねじ等ねじ部品用として1976年に規格化された材料です。鋼線の製造方法として、線材を冷間引抜きで仕上げるD工程と、線材を冷間引抜き後焼きなましを施し、更に冷間引抜きで仕上げるDA工程とに分かれ、それぞれによる線の機械的性質が規定されています。

<合金鋼>

・クロム鋼

普通SCr材と呼ばれているもので、炭素鋼に0.90～1.20%のクロムや0.60～0.85%のマンガンを追加して焼入性を改良したものです。

・クロムモリブデン鋼

普通SCM材と呼ばれているもので、クロム鋼より焼入性が良く、焼戻しに対する抵抗が優れ、かつ機械的性質が更に優れていて同一強度に対して韌性が高いので、ニッケルクロム鋼に匹敵する鋼材として使用されています。

・ニッケルクロムモリブデン鋼

普通SNCM材と呼ばれ、構造用鋼中で最も優れた鋼材です。ニッケル、モリブデンの添加によって焼入硬化性が一層大きくなり、焼戻しによる軟化抵抗も大きいので高温に焼戻しができ、そのため韌性が高いのが特徴です。

・冷間圧造用ボロン鋼線

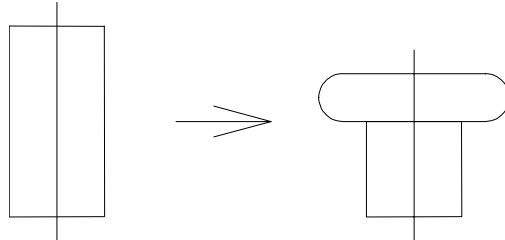
低・中炭素鋼に少量のボロンを追加した材料で、成形後水焼入れを行い、焼戻し温度を380～500の間で処理することで、引張強さ90～110kg/mm²の製品が得られます。熱処理ボルト用材料は、焼入性を改善するため合金鋼が必要とされますが、クロム、ニッケル、モリブデンなどの含有量によっては材料費が高価になるので、鋼の焼入性を改善し合金鋼に代替える目的で開発されたものです。

(4) 加工方法

圧造加工は大きく5種類の加工方法に分けられ、これらの加工方法の組合せにより工程の多い機械ほど複雑な形状の製品を製作することが出来ます。

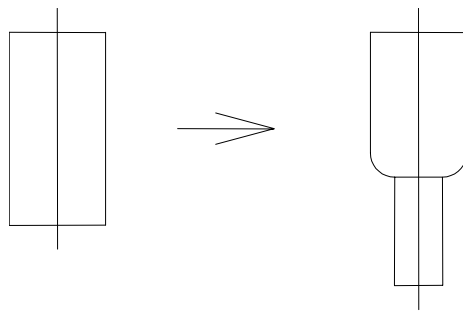
・据え込み加工

材料を素材径より太くふくらます(つぶす)加工です。圧造加工の中心的な加工方法です。



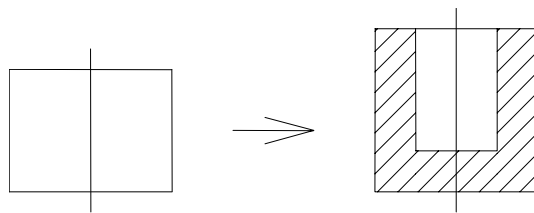
・前方押し加工(絞り加工)

材料を素材径より細く絞る加工です。



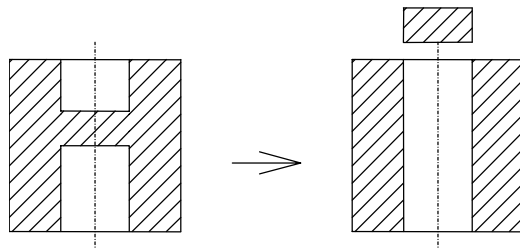
・後方押し加工

材料に材料径より細いピンを押し込みカップ状にする加工です。



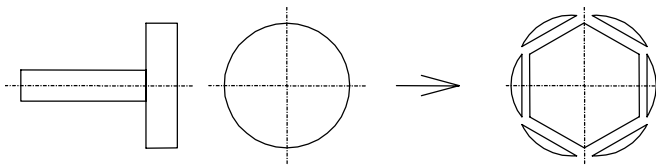
・穴抜き加工（ピアシング）

穴を貫通させる加工です。一般的に後方押し出し加工を行った後に行います。ナットの穴の打抜きがこの加工方法です。



・打抜き加工（トリミング）

頭部（つば部）を打抜く加工です。六角ボルトが代表例です。



(5) 加工条件

圧造加工を行う際、金型には圧造荷重に十分耐えることが出来る強度が要求されますが、金型の強度以外にもそれぞれの加工方法についていくつかの加工条件があります。

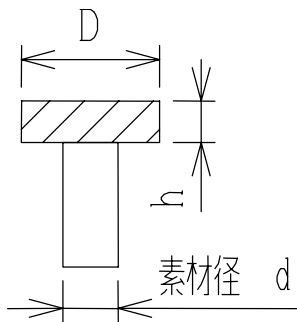
製品の検討にあたっては加工条件を満足するかどうかを確認しながら工程設計を行うわけですが、一般的なものとして

- ・ 据え込み比
- ・ 断面減少率

が挙げられます。

・ 据え込み比

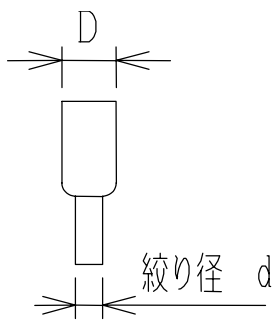
据え込み部分の体積が素材断面積に素材径を乗じた値の何倍となるかを表したものの。



$$\frac{D^2 \times h}{d^3} \leq 3.5$$

・ 断面減少率

前方押し出し加工により元の断面積から減少した断面積の割合を表したものの。



$$\frac{D^2 - d^2}{D^2} \times 100 \leq 75$$
$$\leq 60$$

(ステンレス)

実際の圧造の工程設計は、これらの他に

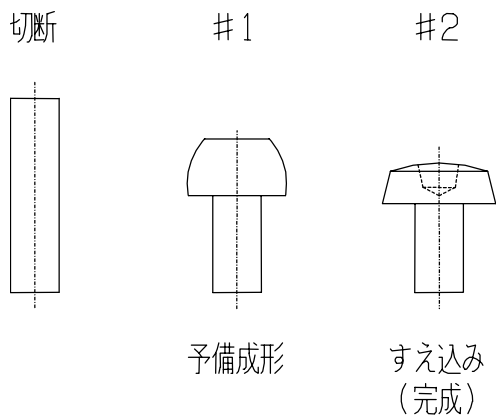
- ・ 据え込み率 (高さ減少率)
- ・ 細長比
- ・ 加工荷重

等を必要に応じて検討しながら行われます。

(6) 標準的な圧造品の工程

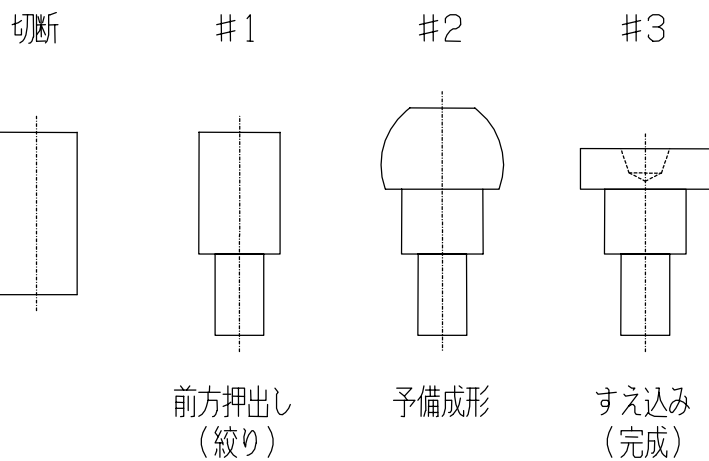
例. 1 小ねじ

ダブルヘッダーによる頭部据え込み加工



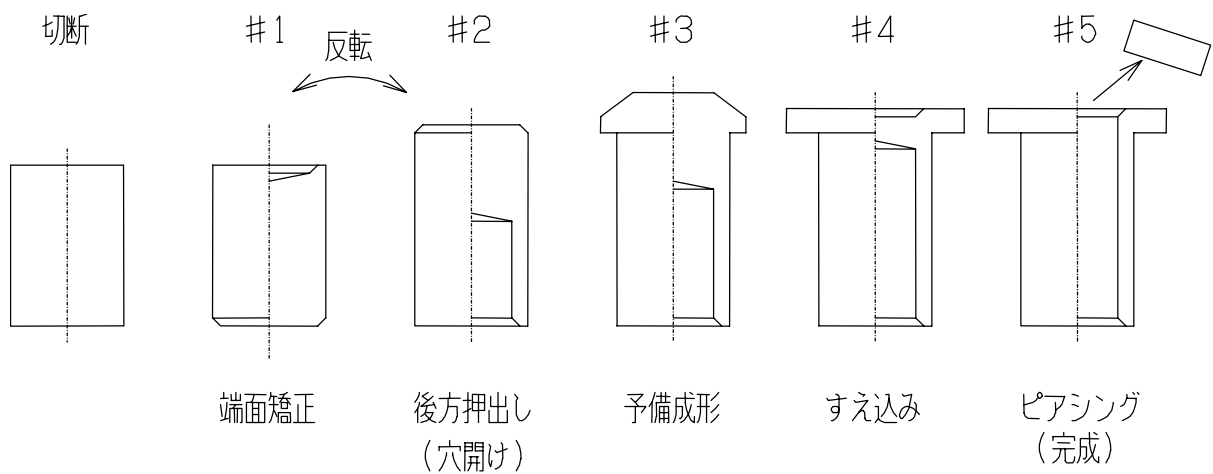
例. 2 段付ねじ

2ダイ3ブローヘッダーによる絞り加工・据え込み加工



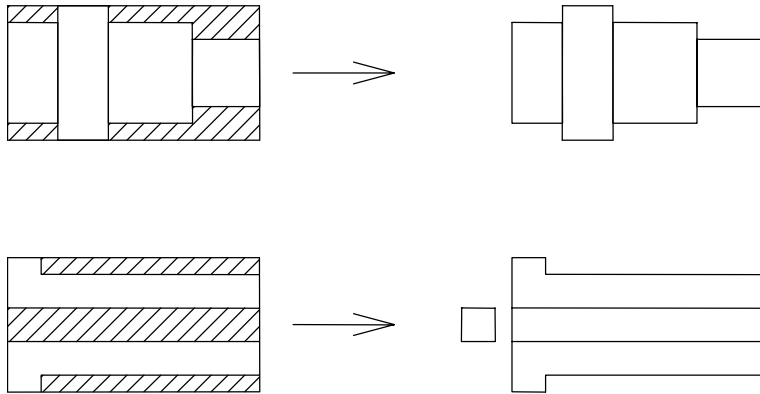
例. 3 カラー形状

5段打ちパーツホーマーによる複合加工



(7) 切削と圧造の比較

切削と圧造の大きな違いとして、まず言われるのは材料のロスが少ないということです。よく引き合いに出される例としまして2例を紹介します。



切削の場合、材料径は必ず製品の最大径以上となり、切削された部分は切粉として廃棄されます。圧造の場合は据え込み加工、前方押し出し加工等の加工を組み合わせることにより無駄となる材料を0に近づけることが出来、後加工で切削をする場合でも切粉の発生を最小限にすることが可能となります。

ただし、圧造が全ての面で切削に勝っているわけではありません。圧造は製品を生産する為の金型が必要です。金型の製作には、その費用はもちろんですが製作に要する時間も必要です。また、圧造は毎分80～500本という生産能力から、あまり少ロット生産には向きません。

表. 4 切削と圧造の比較

	切 削	圧 造
材料費	×	
生産性	×	
寸法のばらつき	×	
金型費		×
少ロット生産		×
試作立上がり		×

それから、圧造による加工硬化の為、熱処理なしでもある程度の強度を確保出来るという利点もあります。

2. 転造について

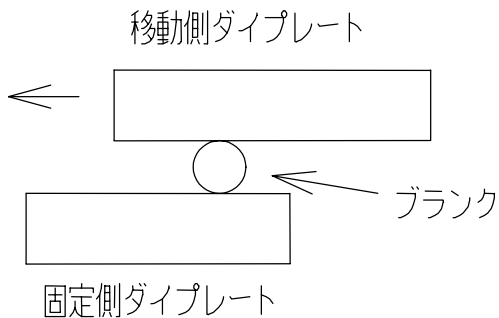
転造とは圧造と並びねじ加工の中心となる加工方法です。圧造と同様に加工速度が速く、精度の高い製品を生産することができます。

(1) 転造加工機

転造加工機はダイスの形と転造形態によって分類されます。

・平ダイス式

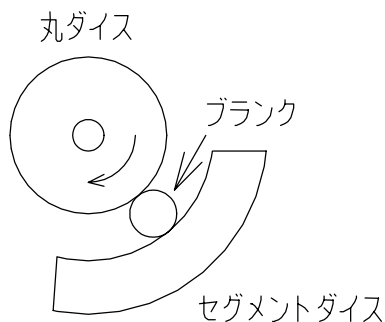
現在最も一般的な転造の形態で、一对の平ダイスを使用します。



特長	加工速度	600本/分
	工具費	安価
	精度	中級

・ロータリー式(プラネタリー式)

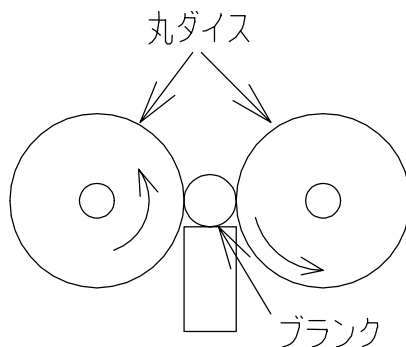
丸ダイスと扇形をしたセグメントダイスを使用します。



特長	加工速度	1500本/分
	工具費	高価
	精度	中級

・丸ダイス式

2個あるいは3個の丸ダイスを使用します。2個の丸ダイスを使用するものには、2個の丸ダイスの回転速度を変えて、製品を排出出来る仕様のももあります(差速式丸転造盤)。

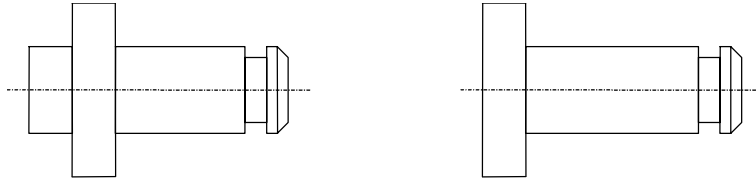


特長	加工速度	30本/分
	工具費	高価
	精度	上級

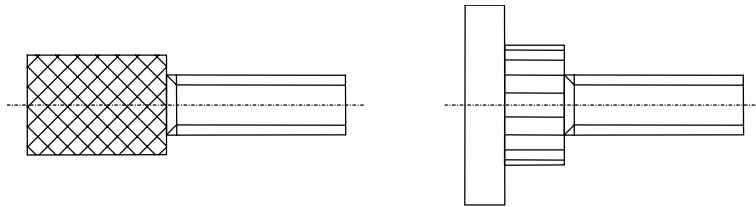
(2) 加工例

転造加工はねじを成形する以外にも溝加工、ローレット加工などに応用されています。

・溝加工



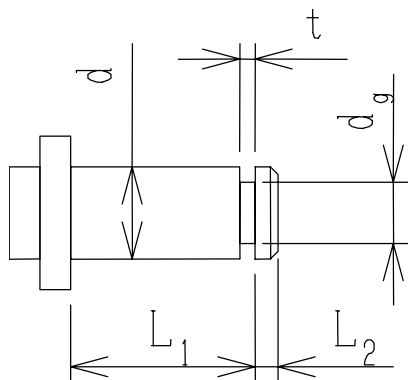
・ローレット加工



・丸先加工



(3) 溝形状の加工条件



$$L_1 \geq 2 \cdot d_g$$

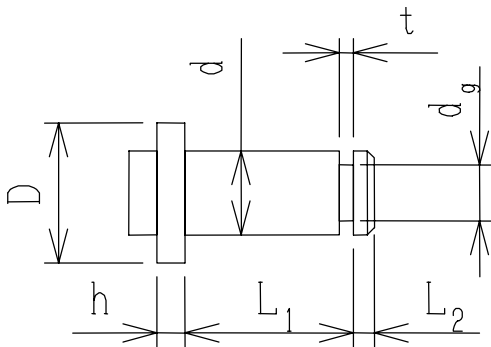
$$L_2 \geq d_g$$

$$t \geq 0.4$$

$$d_g \geq d - 2 \cdot t$$

3. 寸法・精度について

・標準的な公差



	d		d _g	D		t	h		L ₁		L ₂
寸法 範囲	~ 4	~ 8		~ 5	5 ~		~ 3	3 ~	~ 15	~ 30	
公差	0.03	0.05	0.05	0.2	0.4	0.03	0.05	0.1	0.2	0.1	0.1

上記表はあくまでも標準的な公差であり、上記表より精度を要求される場合は、別途打合せを要します。また、表面処理を施す場合は、表面処理によるばらつきを考慮して、公差を大きくとるようになります。

段付ねじの場合も基本的には上記表を参考にして頂ければ結構です。

4. タッピンねじについて

(1) タッピンねじの種類

タッピンねじとは、相手した穴に自らめねじをたてながら締付けを行うねじの総称で、JISにもいくつか規定されております。一般的に使用されていますタッピンねじはほとんどが十字穴付タッピンねじです。

タッピンねじの種類分けは頭部形状とタッピンねじの形状により行われております。

頭部形状	: なべ頭・バインド頭・トラス頭・ブレッジャー頭、他
ねじ形状	: 1種・2種・3種・4種・IT3B・IT3C、他

また、めねじ成形方法から分けられることもあります。

スレッド・フォーミングタイプ

めねじを塑性変形によって成形。(1種・2種・3種)

スレッド・カッティングタイプ

ねじ喰い付き部に切溝を付け、めねじを切削して成形。

(B1・C1等の各種カット付き)

スレッド・ローリングタイプ

特殊ねじ形状で締付け性能の向上を図ったもの。

(IT3B・IT3C)

(2) タッピンねじの製造工程

以下に代表的なタッピンねじの工程を示します。

圧造	転造	熱処理	表面処理(ベーキング)
----	----	-----	-------------

材料は、熱処理を施す為にSWCH12A～16Aを使用しております。熱処理としましては、浸炭焼入焼戻しを施しております。その為、頭飛び等の事故を防止する為に、表面処理を行う際には必ず水素脆性除去処理を施すことになっております。

(3) タッピンねじの使用方法

タッピンねじの使用に際しましては、

- ・下穴の管理・締付けトルク管理を十分に行う。
- ・締付け作業は極力下穴に対して真っ直ぐに行う。
- ・特殊形状のタッピンねじを使用する場合はトルク性能を把握しておく。

等を留意して頂ければ、安全な使用が可能となります。

5 . 熱処理について

熱処理とは J I S の用語の定義では、鉄鋼に「所要の性質を付与する目的で行う加熱と冷却のいろいろな組合せ」としています。要するに鋼にその使用目的に適合するよう強靱性を与えるために加熱と冷却を施すことで、これは材料により方法が異なります。そこで熱処理一般にふれながらねじの代表的な熱処理作業について簡単に述べます。

(1) 熱処理の種類

・焼入れ

焼入れは、素材の状態により 3 倍程度の強度が得られる性質に変えることで、例え同一組成の鋼であっても、いろんな熱処理を加えることによって異なった機械的性質が得られます。すなわち、鋼は温度を上昇させると、ある一定の加熱温度に達すると性質を変化させる変態点というものに達し、変態点以上に加熱したものを急冷したり徐々に冷却すると、いろんな強度や硬さのものが得られます。

・焼戻し

鋼は焼入れによって硬さを増しますが、反面、脆性がありますので、これを適当な靱性を与える必要があります。これによって所定の強さが得られるもので、これが焼戻しです。完全に焼入れたボルトを焼戻していくと温度の変化によって、硬さ、引張り強さ、粘さが刻々変化していきます。ねじに要求される強さに応じて、焼戻しの温度を選択する必要があります。

・調質

焼入れ後、比較的高い温度(約 4 0 0 以上)に焼戻して、トランスタイト又はソルバイト組織にする操作をいいます。普通、7 0 k g f / m m ² 以上の引張り強さが要求されるねじ類は、中炭素鋼や合金鋼を使用する為、所定の温度に加熱してから急冷(水又は油によって)し、さらに目的に応じた硬さにする為に再度適当な温度に加熱して、硬さと粘さを得る作業が必要になります。これが調質です。

・浸炭焼入れ(表面硬化)

浸炭焼入れは低炭素鋼を浸炭剤中で加熱し、炭素を表面に浸入拡散させて硬化させる方法で、浸炭剤の違いで区別されます。

・窒化処理(表面硬化)

浸炭法と違って、低温処理によりますが、鋼の表面に窒素を拡散させて堅い窒化物を作る方法です。これは耐熱、耐食性に富み、きわめて高い硬度がえられ、しかも寸法変化を生じないことが特徴です。

(2) ねじの熱処理の具体例

ねじ部品は、それぞれの用途を満足させる為に、いろんな鋼種が採用されておりますが、これに伴って合理的な熱処理が施されます。そしてその熱処理方式も目的によって色々異なります。以下に幾つかの具体例を示します。

・摩擦接合用高力六角ボルト (J I S B 1 1 8 6)

摩擦接合用高力六角ボルトは、鋼構造物に用いられますが、高い摩擦力を作る為、炭素鋼又は合金鋼材料を使用し、焼入れ、焼戻しを行い、引張り強さを 80 kg f / mm^2 以上の性質にします。

・鋼製及びステンレス鋼製タッピンねじ (J I S B 1 0 5 5)

タッピンねじは、ねじの靱性を保ちながら表面を硬化させるため浸炭されますが、鋼タッピンねじの場合原則としてピッカース硬さを最小HV450以上に表面加工します。

・六角穴付きボルト (J I S B 1 1 7 6)

六角穴付きボルトは工作機械に大量に使用され、高い精度と強度を必要とする為合金鋼などを用いて焼入れ、焼戻しを施して使用します。鋼製の六角穴付きボルト用材料としては、M39以下は「JIS B1051 鋼製ボルト・小ねじの機械的性質」の強度区分によるとしており、M42以上は原則としてSCM435かSCM440(クロムモリブデン鋼) またはSNCM240(ニッケルクロムモリブデン鋼)を規定しています。何れも強度区分8.8(引張り強さ最小 84.6 kg f / mm^2)、10.9(引張り強さ最小 106 kg f / mm^2)、及び12.9(引張り強さ最小 124 kg f / mm^2)の3等級となっています。

・つば付き六角ボルト (J A S O 6 8 2 0)

つば付き六角ボルトは4Tから10Tまでありますが、7T及び8Tは適用材料としてSCM435、SCM440、またはSCr440(クロム鋼)を用い、何れも焼入れ、焼戻しを施します。

また、合金鋼材料は高価であるため大量に使用する場合、非常にコスト高になりますが、これを解消する目的で、割安なクロム鋼、低マンガン鋼や低炭素鋼が使われるようになってきました。これは、熱処理技術を活かして合金鋼に匹敵する強度を出すことが可能になったためで、重視される傾向といえます。例えば、建築用高張力ボルトの11Tは従来SCM鋼が使われていましたが、中炭素低マンガン鋼材料にボロンを添加した割安なボロン鋼に移行しており熱処理(水焼入れ)を施すことによって、SCM鋼と同程度の強さがつくられます。

もちろん用途によって引張強さとか硬さ、耐力などのほか、耐熱性、耐寒性、耐食性といった様々の接合条件を満たさなければならないものも沢山あるわけで、すべてが上記のように高級合金鋼から低合金鋼などに代わっているということではありません。

6. めっきについて

(1) めっきの目的

めっきの目的は主として防錆と装飾で、ことにねじでは防錆が何よりも目的とされます。そして、ねじのめっきといっても基本的には一般のめっきと変わるところがありませんが、板や棒状の製品と異なり、頭部、軸部、ねじ部の3つからなる複雑な形状をし、かつ寸法規定が細かいだけに、各部に均一なめっきを施すことが問題で、とくにねじ部のめっきの厚さについては最も考慮を払う必要があります。

(2) めっきの種類

・電気亜鉛めっき

亜鉛めっきは、鉄の腐食防止に大きな効果があります。価格も比較的安く、めっき液の管理が容易であり、まためっき後クロメート処理を施すことで、より大きな防錆力が得られ、光沢もよくなって装飾用にも適します。

ただし、素材が高炭素鋼あるいはスプリング鋼などの場合、水素脆性が起きやすいので、水素脆性除去を行わなければなりません。とくに硬さの高い高強度ボルトに電気亜鉛めっきを施すときには、脆化に対する十分な配慮が要求され、これが不完全であると締付け条件によっては遅れ破壊を起こす危険性があります。

ベーキング処理

めっきを行う前に行う酸処理は水素の発生を伴い、さらにめっきの陰極電流効率は100%以下のものが多いため、多かれ少なかれ水素が発生するということから、電気めっきには水素脆性がつきものとさえ言われています。

この水素脆性を除くには、前処理に酸を使わずに液体ホーニングやサンドブラストなどの機械的な方法で錆を除去し、めっき後直ちに200℃付近に数時間維持します。この処理をベーキングといいますが、200℃というのはその品物の機械的諸性質に影響を与えない温度ということで、より高温を使うほうが脆性を早く除去しますが、逆にその高温で機械的性質が影響を受けるからです。

・ニッケルめっき

最も普及しているめっきで、特徴は硬く、薬品に強く、錆びにくく、光沢が良いので非常に広く使用されています。ただし、ニッケルめっきは長期間で変色するので、装飾のためにはその上にクロムめっきを施しています。また、光沢ニッケルめっきを利用すれば、高度の光沢と平滑度を持った皮膜が得られ、その皮膜は硬くてきずつきにくく、しかも美しいクロムがその上にめっきされます。

・クロムめっき

外観が美しく、硬度があり、塩酸以外の酸に侵されにくく、空気中で変色しにくい特徴があります。ただし、クロムめっきの被覆力は他のめっきより劣るため量産できず、素地を完全に被覆することが難しいため素地の防食用には向きません。