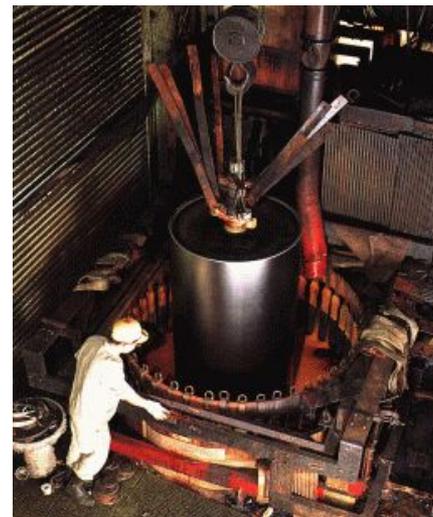


表面処理



大型ロールのクロムめっき
(サトーセン)

光和商事(株) 荒木 巍

H19.10.19

金属の表面処理の種類

金属の機械部品は加工等により所定の形状に作った後、その表面の性状を使用目的に合わせて改変する

狙い: 硬さ、耐摩耗性、潤滑性、耐食性、耐酸化性、断熱性、絶縁性、密着性、装飾性等の向上

表24-1 表面処理の種類と関連事項

項 目		具 体 的 な 例
表面改質	皮膜処理	めっき、溶射、蒸着
	化成処理	ベーマイト法、MBV法、りん酸塩法、クロメート法
	陽極酸化	アルマイト
	鋼の表面硬化	焼入れ、焼戻し、浸炭、窒化
表面仕上げ	機械的仕上げ	研磨、きさげ、ショットピーニング
	電解研磨など	電解研磨、化学研磨
	コーティング	防錆、潤滑性ペイント、装飾性ペイント、電着塗装
洗浄	洗浄技術	超音波、超臨界、電解水、高圧噴射
	洗浄剤	水系、非水系、引火性液体
試験・検査	表面性状	表面粗さ、表面組織、硬さ、表面欠陥
	曝露試験	海上雰囲気、太陽光
規制対応	排出基準	大気汚染、排水汚染、PRTR規制、MSDS規制
	EU規制	RoHS、ELV、REACH

化成処理と陽極酸化:

化成処理は化学的にアルミニウム等の表面に酸化皮膜を生成させ耐食性・塗装との密着性を向上する。皮膜厚さは0.1~0.3 μ m。高温純水を使うベーマイト法、炭酸ナトリウムを使うMBV法、りん酸塩を使う方法、クロム酸塩を使うクロメート法などがある。陽極酸化は電解により強制的に錆を発生させるものでより耐食性、耐摩耗性が優れる。アルマイトが代表的。



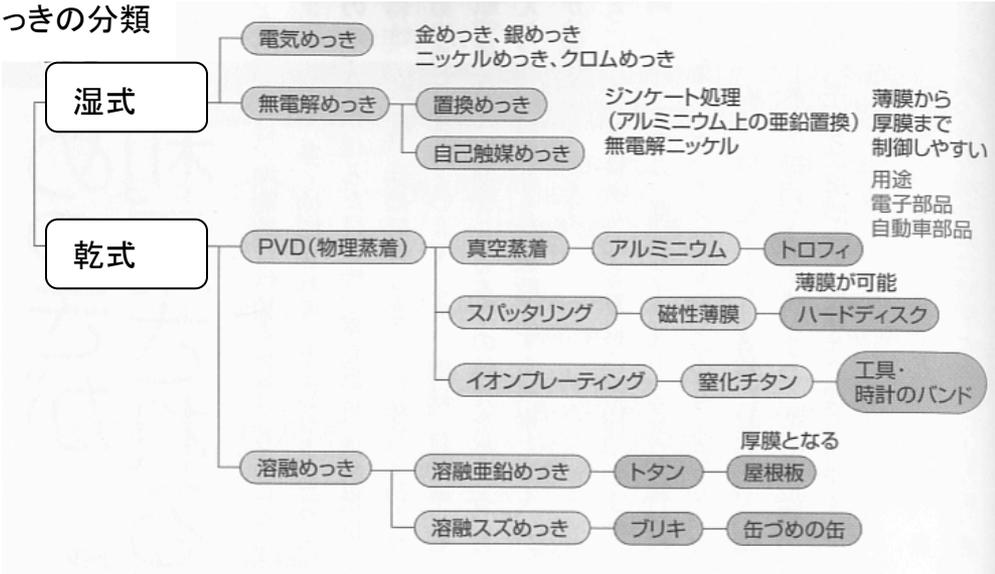
図24-1 チタンへの陽極酸化の例



図24-2 曝露架台と曝露試験

めっき

表24-2 めっきの種類



めっき(鍍金)—金属などの材料の表面に、別の金属の薄膜を被覆した表面処理。例:鉄板に亜鉛めっき(トタン)、鉄板にスズめっき(ブリキ)。

電気めっき:電解溶液中で品物を陰極として通電し表面にめっき金属を析出させるもの。

例、腐食しやすい母材→耐食性金属をめっき、柔らかい母材→耐摩耗性金属をめっき。種類:銅めっき、ニッケルめっき、クロムめっき、亜鉛めっき、金めっき、ほか。

無電解めっき:電気を使わないめっきで、置換メッキ(イオン化傾向の大小を利用)と自己触媒めっき(溶液中の還元剤が触媒により酸化され電子を放出)がある。

表24-3a 機械部品への工業用クロムめっき(例)

分野	適用部品例	利用目的
自動車	クランクシャフト、シリンダーライナー、ピストンリング、ピストンロッド、軸受	耐摩耗性、潤滑性、多孔性、硬さ
航空機 船舶	クランクシャフト、シリンダー、バルブ、ピストンリング、ピストンロッド、ピン、スラットチューブ	耐摩耗性、肉盛り再生、多孔性、潤滑性、
産業機械	化学、食品、印刷などの乾燥用シリンダー、各種ロール、スピンドル、スリーブ、ピストンロッド、バルブ、コンプレッサークランク	耐摩耗性、耐食性、多孔性、硬さ、潤滑性、非粘着性、汚染防止
検査工具 切削工具	ヤスリ、フライス、マイクロメータ、各種ゲージ、リーマ、タップ、各種ドリル	非粘着性、硬さ、耐摩耗性、肉盛り再生、切削性
金型	ガラス用金型、プラスチック用金型、各種金型	非粘着性、耐摩耗性、肉盛り再生
化学工業	各種塔槽、ポンプシャフト、インペラ、バルブ	耐食性、耐摩耗性

表24-3 機能めっき

特性	めっき種類	適用例
高硬度	工業用Cr、無電解Ni、分散Ni、	シリンダ、ロール、金型、ゲージ類、軸受
潤滑性	工業用Cr、銀、錫、鉛、分散Ni	シリンダ、ピストンリング、軸受、シャフト
寸法精度	無電解Ni	精密機械部品、精密金型、シャフト、軸受
肉盛り性	工業用Cr、銅、Ni、鉄	ロール、軸受、シリンダ、クランクシャフト、金型
型離れ性	工業用Cr、分散Ni	各種金型
低摩擦係数	工業用Cr、分散Ni	製紙ロール、糸送りロール、ガイド

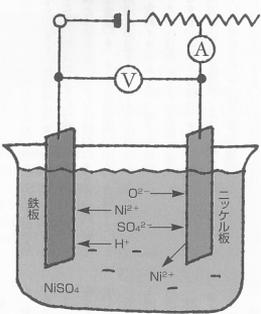


図24-3 電気めっきの原理

注) 分散Niめっき: 複合めっきとも称される。ニッケル皮膜中に、セラミックスなどの微細粒子を分散させためっきで、耐摩耗性の向上、潤滑性の向上、カラー化などが実現できる

溶射

溶射: 10,000~20,000℃の高温で溶かしたセラミック、金属、サーメット(金属の炭化物、窒化物)の粉体を素材表面に吹付けて皮膜を作り、耐食性、その他の機能を高める技術。母材、皮膜材料の選択の自由度が大きく、プラント、機械部品に広く利用されている。

皮膜材溶融の熱源: ガスフレーム、電気アーク、プラズマ

表24-4 溶射法の種類

溶射法の種類		溶射方法
燃焼ガス	フレーム溶射	酸素と可燃性ガスとのガス炎を熱源として溶射材料を溶融して母材の表面に吹き付ける
	高速フレーム溶射	燃焼ガスによる超音速の噴流を作り、この噴流により溶射材料を溶融・加速する
	爆発溶射	溶射ガンの内部で微粉末の溶射材料を混入した酸素とアセチレンなどの可燃性ガスとの混合ガスを爆発させ、その爆発エネルギーを用いて溶射材料を母材の表面に間歇的に吹き付ける
電気	アーク溶射	溶射材料である二本の金属ワイヤ間に発生させるアーク放電の熱によって金属ワイヤを溶融し、圧縮空気(ガス)によって溶射材料を母材表面に吹き付けて皮膜を形成する溶射
	プラズマ溶射(減圧式・大気式)	電極とトーチ内のノズルとの間に発生させるプラズマアークのジェット噴射を利用する
	線爆溶射	電気伝導性のある材料を線状にし、これに衝撃大電流を通じて大気中または不活性ガス中で放電爆発させる電気式溶射法の一種

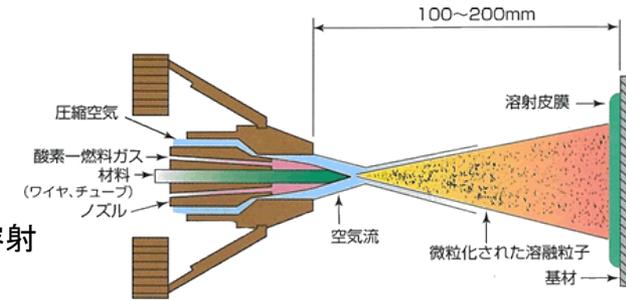


図24-4 フレーム溶射の仕組み

表24-5 溶射の応用例

目的	材料(例)	応用例
耐食	Zn、Al	化学プラント、鉄鋼構造物、
耐摩耗	超硬合金	圧延ロール、プレス型、ポンプスリーブ、各種機械部品
間隙調整	Ni-C	ジェットエンジン・過給機の圧縮機ケーシング内面
耐熱	ジルコニア (ZrO ₂)	ガスタービンブレード、ジェットエンジン燃焼器、
絶縁	Al ₂ O ₃	電気部品
導電性	Cu、Al	ヒーター
装飾	真鍮、セラミックス	家具、マンホール蓋
生体親和性	純Ti	人工骨、人工股関節、人工歯根



図24-4a 高速フレーム溶射部品の例 (スクリー)

鋼の熱処理

焼入れ: 鋼を高温に過熱し、急冷することにより非常に硬い金属組織(マルテンサイト)を作る。耐摩耗材、切削具、強度部材などに適用。

表面焼入れ: 鋼全体を硬くする必要はなく、一部表面のみ硬くする場合、バーナで必要部分のみを加熱する。(例、ポンチの先端、レールの上端、歯車の歯面)

高周波焼入れ: 丸鋼の周辺に銅線を巻いて交流電圧をかけ、鋼に誘導電流を発生させて表面を加熱。

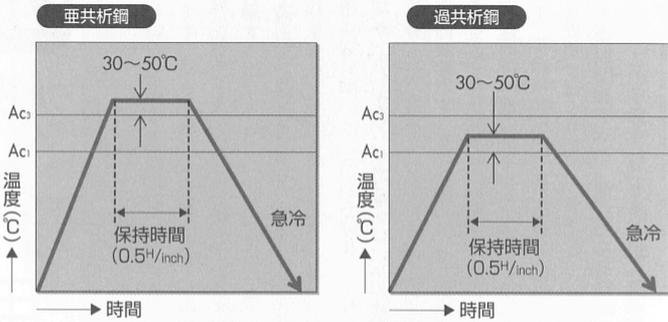


図24-5 鋼の焼入れの熱履歴

焼戻し: 焼入れしたあとには必ず焼戻しを行う。その目的は;

- ①硬さの調整 — 低温焼戻し
- ②内部応力の除去
- ③靱性(ねばり強さ)の付与 — 高温焼戻し

浸炭(はだ焼き): 鋼製機械部品に炭素原子を表面から拡散させ、炭素含有量の高い表面層を形成させ、耐摩耗性や疲労強さを向上させる。表面が硬くなると同時に、割れにくくなる。ブタンなどを利用するガス浸炭や、浸炭剤を使う固体浸炭などがある。使用温度が200°Cを超えると硬さが急激に低下して磨耗が進む。

窒化: 密閉した加熱炉にアンモニアガス(NH₃)を導入し、500°C程度で鋼の表面からNを侵入させて、非常に硬いFeNを形成する。その温度レベルまで耐熱性が保持される。

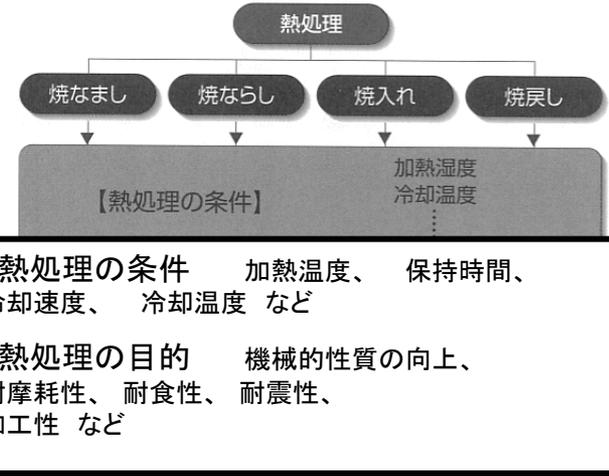


図24-7 熱処理の区分と目的

焼なまし: 内部組織の均質化など(炉内冷却)。

焼ならし: 内部応力の除去、結晶粒の微細化などが目的(空冷)。

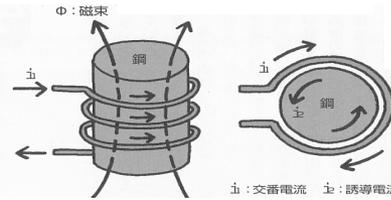
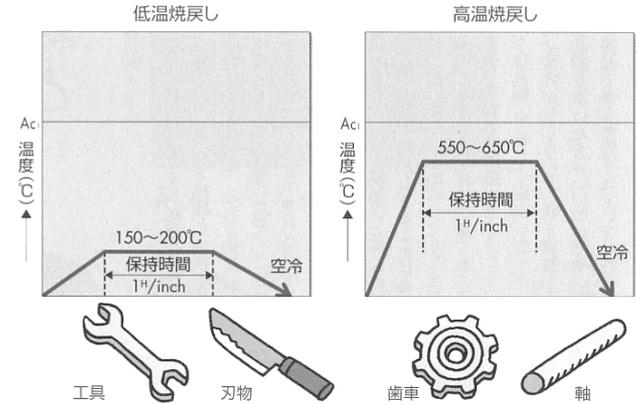


図24-6 誘導過熱の原理



低温焼戻しは靱性より硬さを優先

高温焼戻しは靱性が大きくなり硬さは落ちる

図24-7a 鋼の焼戻しの熱履歴 5

熱処理の加熱と冷却

加熱炉は電気加熱式と重油／灯油燃焼式が主流

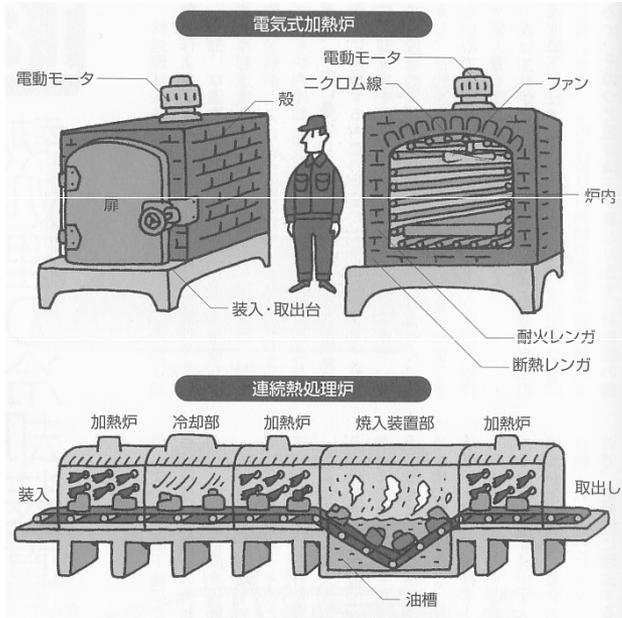


図24-8 熱処理用加熱炉

熱処理の具体例:

- ・**焼入れ・焼戻し**—クランクシャフトは熱間鍛造、機械加工後、ジャーナル部に、またコロガリ軸受、ばねなども表面硬化のため、主として高周波あるいは電磁誘導の焼入れを施す

- ・**浸炭・窒化**—歯車は硬度、耐摩耗性と歯元の耐衝撃性向上のため、浸炭、浸炭＋窒化、高周波加熱との併用が行われる

冷却は温度の低下速度が重要で、炉内冷却、空気冷却、噴霧冷却、急激な冷却の焼入れ(水冷、油冷)がある

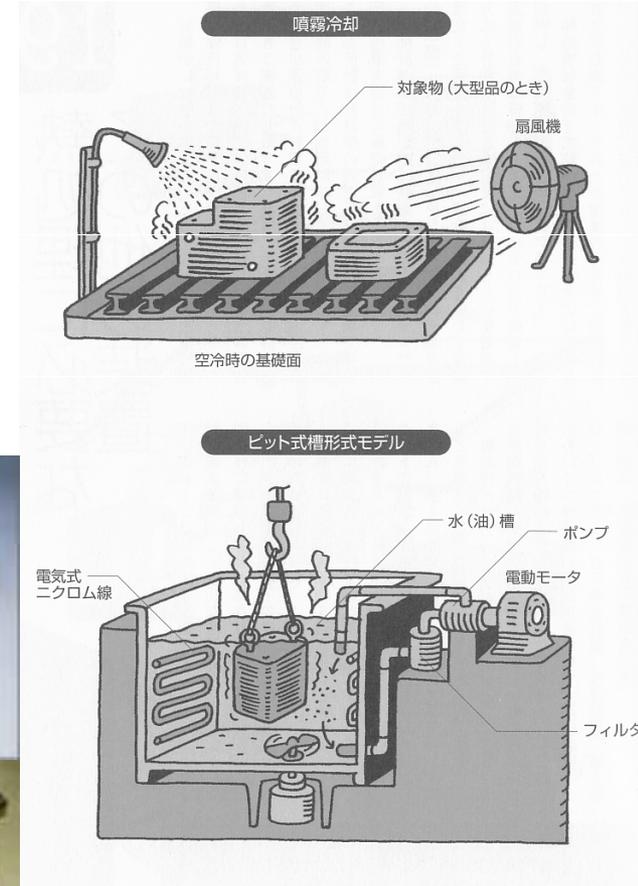


図24-9 熱処理における冷却



図24-10 クランクシャフト鍛造素材と加工品

表面仕上げ

研削と研磨：研削加工では被工作物を砥石で削り目的の形状を得る。砥石の砥粒よりも硬度のある素材の加工が可能である。砥石には回転運動が与えられ、砥石内の砥粒で工作物の表面を削り、良好な加工精度、仕上げ面粗さが得られる。

研削加工が固定された砥石を用いて削り加工を行うのに対し、研磨加工では砥粒が固定されず加工される。

研削砥石は切れ刃に相当する砥粒、砥粒を保持する結合材と、研削時の微少切り屑や研削油をためる気孔からなる。砥石の性能は、砥粒種類(アルミナ、ダイヤモンド、CBNなど)、粒度、結合材種類(ビトリファイド、レジノイドなど)、砥粒保持力、砥石組織による。

サンドブラスト：圧縮空気と共に、砂またはガラス粒を製品に噴射し、表面を梨地に仕上げること。鋼球を噴射する方法を**ショットピーニング**という。表面層に残留圧縮応力を生じさせると共に軽い加工硬化をおこさせ、応力や疲れによる破壊強度を増す加工。

マイクロブラスト：ガラス、セラミックス、シリコンウエハ、カーボンなどを対象とした加工技術。3 μ m~40 μ mの微細砥粒を圧縮エアで使用して高速で被加工物に噴射し、高精度な微細加工を実現する。

特長は●ドライ工法でノンケミカル、●加工変質が発生しにくい、●加工レートが高い、●平面の複雑形状加工が可能、●イニシャルコストが低い、●各種材料に対応可能、などがある。

化学研磨及び電解研磨：金属表面の微細な凹凸の凸部を凹部よりも先に溶解させ、平滑な光沢面を得る。化学研磨では研磨液に浸せきすることにより化学的に金属表面を研磨する。電解研磨では研磨液に浸せきし陽極で電解をすることにより金属表面を研磨する。

きさげ：ささっぱ(笹葉)とかスクレーパという道具を使ってマイクロレベルの高精度の表面を手作業で仕上げで創る作業。定盤や工作機械などに適用。熟練工が必要。

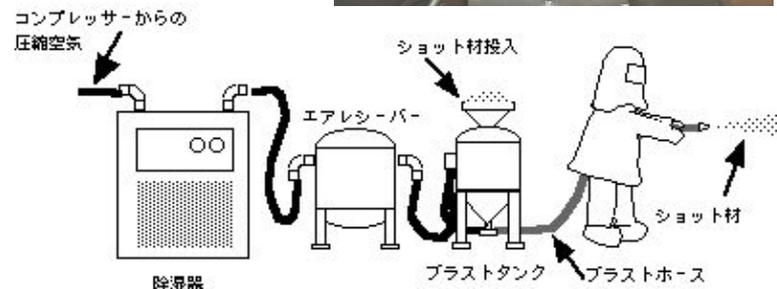


図24-11 ショットピーニング



図24-12 きさげ作業

コーティング

塗装: めっきと対比して常温・大気下で塗布することが多く、めっきより簡便。その一方、強固な皮膜とはなりにくい。一般的に前処理塗装の後、仕上げ塗装を実施する。

塗装方法: 吹きつけ、ドブ漬け、刷毛塗り、静電塗装、ロールコーター、電着塗装、焼付塗装(塗装後ヒートガンなどで加熱して強固な塗膜を得る)など。

塗装前処理手順: 脱脂ー錆、酸化膜の除去ー表面調整ー化成処理

塗料: ペンキ、ニスなどに代表されるように、一般に液状で、溶剤の揮発、乾燥によって固化、密着し、美観、保護の皮膜を作る。

主成分ー塗膜形成成分(乾性油など)、添加剤(増粘剤、乾燥剤など)、溶剤、顔料(彩色など)。

蒸着: 金属などを蒸発させて、素材の表面に付着させる表面処理あるいは薄膜形成法の一つ。物理蒸着(PVD)と化学蒸着(CVD)がある。

PVD: 蒸発させる金属(蒸発源)を加熱して気化させ、処理物表面に吸着・冷却させその表面で固化する。真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法などがある。工具へのTi合金蒸着、CD記録面のアルミ蒸着などがある。

CVD: 素材となる反応物質を気化させ、これを反応ガスと混合して反応室内に充填し、ヒーターによって熱された処理物にガスが接触すると、その熱平衡反応によって処理物表面に皮膜を形成。半導体製造、工具へのTi合金蒸着などがある。

金属のクロムフリー表面処理の方法

1. 金属との化学反応によって皮膜を析出させる反応型
2. 通電電解によって皮膜を形成する電解型
3. 処理液を金属に塗布、乾燥して塗膜とする塗布無水型



表24-6 機能性コーティング

機能	具 体 例
電氣的	絶縁、導電、磁性、電磁シールド、帯電防止
熱的	耐熱、耐火、断熱、放射、熱線反射
機械的	硬度、強度、高靱性、耐磨耗、潤滑性
化学的	光触媒、防食、耐薬品、耐候性、耐酸性雨
光学的	UV硬化、発光、蛍光、蓄光、再帰反射*
表面的	親水、高撥水、撥油、非粘着、結露防止
生態的	海中(船底)防汚、防菌、防虫、防腐
その他	発泡、脱臭、防水、防音、防振

*再帰反射: ガラスビーズをバインダーに混合し、光の再帰反射により道路標識などの視認性を上げる。



図24-13 塗装ブース内での吹き付け塗装

図24-13a 日本塗料工業
2007年D版 塗料標準色

洗 浄

産業洗浄分野ではフロン規制、VOC(揮発性有機化合物)排出削減が大きな課題となっている

洗浄: 塗装、めっき、その他のあらゆる金属表面処理の基本工程。単純な溶液による洗浄、電解水、高圧噴射(バリ取りなど)、超音波洗浄などの手法がある。超音波洗浄には水系(アルカリ、中性、酸性)、非水系(アルコール、フッ素系)などの溶液を使用。

洗浄剤: ①水系(アルカリ、酸、水+界面活性剤)、②準水系(グリコールエーテルほか+界面活性剤)、③非水系(炭化水素系、アルコール系、シリコン系、ふっ素系、塩素系などー洗浄時間が短い)がある。従来の1,1,1トリクロロエタン、フロンの二大洗浄剤はオゾン層保護対策のため使用中止。

洗浄方法: 超音波、噴射(バリ取りなど)、ブラシ、浸漬(振動、回転、振動、パブリング、減圧など)、蒸気、ブラスト、電解、電磁波エネルギー利用(紫外線オゾン、レーザ、プラズマ)

超音波洗浄: 高周波の超音波を利用して、周波数は15~50 kHzで水や溶剤を振動させ、複雑な形状物の洗浄やこわれやすい物体に傷をつけずに丸洗いする洗浄法。油污れなどに適用される。原理:①キャビテーション、②加速度、③物理化学的反応促進 の作用を利用。

乾燥: 温風、減圧/真空、スピン、蒸気、ブロー、アルコール水置換(乾燥物体の材質・形状・数量、付着している液体の性状、乾燥装置のコスト、処理能力などが選択の要因)

表24-7 洗浄における汚れの分類

粒子汚れ (固体微粒子)	無機固体粉(磨耗粉、切削粉、研磨粉)、静電汚れ
有機汚れ (有機化合物)	油分(加工油、圧延油、プレス油)、フラックス、接着剤、樹脂、液晶、離型剤
無機汚れ (金属、無機化合物)	酸化膜、表面層形成膜

表24-8 洗浄システムの決定要因

ワーク	付着物質、形状、材質、数量
洗浄液	水系、非水系、引火性液体
清浄精度	粗洗浄、普通、高精度
洗浄方法	スプレー、超音波、噴流、その他
乾燥方法	真空乾燥、温風乾燥、スピン乾燥、ベーパー乾燥
影響要因: 環境問題、コスト、処理能力(大きさ、数量)	

表24-9 清浄度評価法

定性	目視、液滴拡がり、拭取りなど	粗洗浄、一般洗浄の評価
半定量	テープクロスカット、表面処理性試験など	表面処理前洗浄の評価など
定量	接触角、液体・ガスクロマト法など分析機器・科学分析手法を評価	超精密洗浄の評価

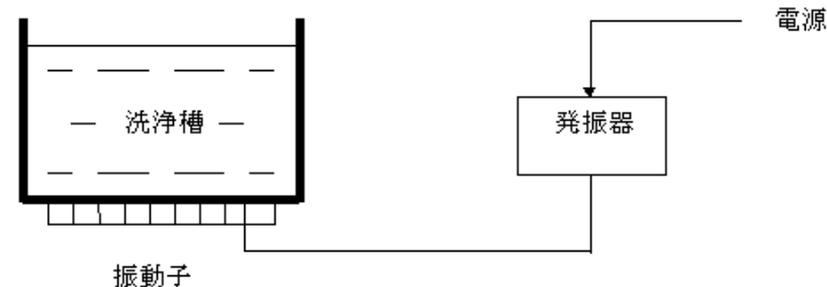


図24-14 超音波洗浄装置の仕組み

検査・試験

硬さ試験: 焼入れ、浸炭などの効果は表面硬さを測定してチェックする。実用化されている硬さ測定器は; ①ロックウェル(HR)、②ブリネル(HB)、③ビッカース(HV)、④ショア(Hs)がある。

表面粗さ: 1994年JIS規格の見直しが行われ、粗さパラメータがフィルタ処理後の粗さ曲線に基づいて算出される。

- ①中心線平均粗さ—平均線から絶対値偏差の平均値、
- ②最大高さ—基準長さ毎の最低谷底から最大山頂までの高さ、
- ③十点平均高さ—基準長さ毎の山頂の高い方から5点、谷底かの低い方から5点を選び、その平均高さ、 などがある。

めっきの密着性試験: めっきの密着不良は素材表面の状態との関係が大きい。また、めっき実施直後は良好でも数ヶ月後に密着不良となることもある。試験方法としては、折り曲げ法、加熱冷却法、砥石研磨法、やすり法、押し出し法、粘着テープ引張り法などがある。

曝露試験: 塗料・めっきなどが太陽の紫外線に対する耐久性を調べるために試験片を太陽光に長期間曝す屋外曝露試験を行う。同様に船体塗料などについては空気中塩分に対する防食性確認のため海岸にて同様の試験を行う。塩水噴霧試験機によるめっき層の腐食試験方法もある。

めっき厚さ測定: 非破壊式測定法として磁力式、渦電流式、ベータ線式、蛍光X線式などがある。

浸透探傷検査: 材料の非破壊検査法の一つ。材料表面に開口した傷(クラック)を探し出すことができる。染色浸透探傷検査と蛍光浸透探傷検査などがある。

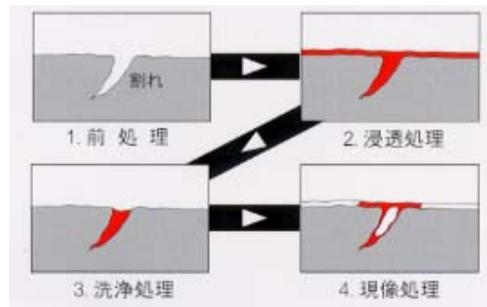


図24-16 染色浸透探傷試験手順



1. ショア硬さ

ダイヤモンドのついた小さなハンマーを測定物に落として、そのはね上がり高さで硬さを測定する。はね上がりの高いものほど硬いことになる。

2. ロックウェル硬さ

頂角120°のダイヤモンド円錐(圧子)を測定物に一定荷重で押し込み、その押し込み深さで硬さを測定する。深さの浅いものほど硬いことになる。



3. ブリネル硬さ

鋼球を測定物に一定加重で押し込み、その時に出来るくぼみの大きさを測定する。くぼみが小さいほど硬いことになる。

4. ビッカース硬さ

対面角136°のダイヤモンド四角錐(圧子)を測定物に一定荷重で押し込み、ブリネルと同様に出来たくぼみの大きさを測定する。これもくぼみが小さいほど硬いことになる。



図24-15 各種表面硬さ試験

規制対応

め つき	めつき工場からの排出規制	有害薬品を使用するめつき排水では完全な廃水処理で水質汚濁防止法に基づく公害の防止に努める。シアン化合物は次亜塩素酸Naによる酸化分解、六価クロムは次亜硫酸Naによる還元で三価クロムに変化、鉛は凝集沈殿処理。	
	RoHS指令*1	電気電子に含まれる6種の特定有害物質の使用を制限するヨーロッパの規制(2006年7月)。対象物質はPb、Hg、Cd、Cr6(6価以外はOK)、ポリ塩化ビフェニール(PBB)、ポリ臭化ジフェニールエーテル(PBDE)。	
	ELV指令*2	廃自動車を対象とした4種類の有害物質を制限するヨーロッパの規制(2007年4月)	
	REACH*3	市場に流通する化学物質を、登録・評価・認可という3段階に分けて規制することによって、リスク管理が必要な化学物質とその使用方法についての制限を設けるもの(2007年6月に発効)。3万種類の物質の登録が見込まれる。毒性の強い物質から登録を始め、全物質登録完了は11年後となる。	
塗 装	VOC(揮発性有機化合物)	常温常圧で大気中に容易に揮発する有機化学物質の総称のこと。トルエン、ベンゼン、フロン類、ジクロロメタンなど洗浄剤や溶剤、燃料として使用されている。しかし、大気や水質などへ放出されると、公害や健康被害を引き起こすことから問題視されている。光化学オキシダントと浮遊粒子状物質の主な原因。	
	洗 浄	PRTR*4	化学物質排出管理促進法により化学物質の排出及び移動量の届出義務。第1種指定化学物質は354物質。
		MSDS*5	同上促進法により化学物質等安全データシートの提供義務。PRTRの第1種に加えて第2種指定化学物質81物質が対象で合計435物質。

*1: Reduction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and equipment

*2: End of Life Vehicles

*3: Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

*4: Pollutant Release and Transfer Register

*5: Material Safety Date Sheet

業界団体

めつき: 全国鍍金工業連合会、 日本硬質クロム工業会、
日本溶融亜鉛鍍金協会、 日本表面処理機材工業会

コーティング: 日本塗装技術協会、 日本塗装機械工業会
日本防錆技術協会、 日本塗料工業会

洗浄: 日本産業洗浄協議会、 (社)日本洗浄技術開発協会、
超音波工業会

溶射: 日本溶射工業会、 日本溶射協会

熱処理: 日本金属熱処理工業会、 日本熱処理技術協会

検査: 日本非破壊検査協会、 日本塗料検査協会

化学物質管理: アーティクルマネジメント協議会(JAMP)

業 種		代 表 的 な 企 業 例
皮膜処理	めっき	* 表面処理システム(大阪)、* 日本電鍍工業(さいたま)、* エビナ電化工業(東京) 、* シリウムゲートテクノロジー(大阪) 、* ヤマシタワークス(兵庫) 、* ケディカ(宮城)、* 白金鍍金工業(名古屋ー樹脂へのめっき)、* オジックテクノロジーズ(熊本ー無電解ニッケルめっき)、* 石原薬品(神戸ーめっき液)、日本メッキ工業、足立工業、熊防メタル(各種めっき)
	溶射	信州セラミックス、日本電通、シコーマリコン、コーケンテクノ(溶射機)、スルザーメテコ(溶射装置)
	蒸着	* シンクロン(東京)、* オンワード技研(石川)、* 表面処理システム(大阪府ー電着塗装)
	防錆	* 竹中製作所(大阪) 、日本油脂、千葉防錆、熊本防錆工業
熱処理		* オリエンタルエンジニアリング(東京)、* 上島熱処理工業所(東京) 、* 富士電子工業(大阪) 、* 浅川熱処理(山梨) 、* 田中(大阪ー浸炭) 、* 東研サーモテック(大阪)
機械的仕上げ	研磨	* 不二越機械工業(長野)、* ティ・ディ・シー(宮城)、* 吉城光科学(福島) 、* 日本エクシード(茨城) 、* エイベックス(名古屋) 、* 光精工(三重) 、* エフエスケー(愛知ー研削砥石)
	ブラスト	* 不二製作所(東京) 、* マコー(新潟ーウェットブラスト)
	きさげ	* 藤田製作所(千葉)、* 長島精工(京都府)
電解研磨		* 巧工業(静岡) 、アベル(大阪府)、石田電解研磨工業所(埼玉)、大森電解研磨工業所(大田区)
塗装・塗料		* ナカン(千葉)、* オキツモ(三重) 、
洗浄	洗浄技術	* 秩父電子(埼玉) 、* サワーコーポレーション(大阪) 、* クリスタル光学(滋賀)
	洗浄機	* ニクニ(川崎)、エヌエスディ(長野ー超音波)、洲本整備機製作所(兵庫ー高圧)、カイジョー、島田理化工業(超音波)、ワザワ(各種)
	洗浄剤	オルガノ、栗田工業(超純水)、出光興産(アルカリ)、旭化成ケミカルズ、花王、東ソー(炭化水素系混合剤)、東芝シリコーン(シリコーン系混合剤)、旭硝子(プラスト材)
表面検査		IPROS、栄進化学(浸透探傷法)、日本マテック(過流探傷)

<p>コーティングの適用分野</p>	<p>現在、光触媒、生体適合材料、導電性ポリマー、バイオセンサー、磁気ディスク、光ディスク、複合材料など新しい機能材料が出現しているが、コーティング技術をこれらの知見に活用することで有用な機能向上が見込まれる可能性が高い</p>
<p>地球環境対策のコーティング</p>	<p>地球環境保全対策に有効なコーティング技術として、水溶性樹脂を選定した塗料、溶剤を使わない粉体塗料による耐熱コーティング、毒性のないノンカドミ、ノンクロムの顔料の使用などの開発が期待されている</p>
<p>六価ロム対策とクロメート処理</p>	<p>電気亜鉛めっきは多くの場合は目的に応じたクロメート処理が施される。その効果・目的は①耐食性の向上、②白錆の発生・指紋付着の防止、③外観、④塗料・染料の密着性。クロメート処理浴の主成分は、クロム酸またはクロム酸塩と硫酸など。有害物質である六価クロムを含まない防錆皮膜として三価クロメート皮膜が開発されている</p>
<p>代替フロン洗浄</p>	<p>オゾン層破壊防止のため塩素を含むフロン系洗浄剤の使用はモントリオール議定書で2030年までに全廃となる。それまでは洗浄剤の放出を防ぐ密閉型で回収機構内蔵の洗浄装置が使われる。一方、水・空気を使って物理作用力による洗浄技術も開発されているが、化学洗浄に比べてコスト高となる欠点がある</p>
<p>EVABAT</p>	<p>化学物資の管理に関して「経済的に実行可能な最良利用可能技術」のこと。つまり経済産業活動を行いながら現実的な化学物資のリスク削減対策を考えることで、ISO14001において提示されている。VOCの排出抑制対策などに必要</p>



3価クロメート(白=ユニクロ)

図24-16a クロメート処理

キーワード

アルマイト処理 (アルミニウム 陽極酸化法)	電気めっきは、被めっき物を陰極で電解し、電解液中の金属イオンを還元析出させる表面処理であるが、アルマイトは、それとは逆に、アルミニウムを陽極で電解し、酸化させる「アルミニウムの陽極酸化」。アルミニウムの耐食性や耐摩耗性を向上させること、また様々な着色をして装飾することを目的とした表面処理。アルマイトは商品名
TBC(Thermal Barrier coating)	ジェットエンジンのタービン翼などに適用される熱遮蔽コーティング。最外層の溶射耐熱セラミック層、内層は耐酸化のボンドコート(アルミ拡散コーティング)などから成る
DLCコーティ ング	PVD技術を使って炭素主成分のダイヤモンドのような高硬度皮膜を成膜するもので、低摩擦、耐摩耗、耐腐食などの特性を生かして、金型、切削工具、機械部品、エンジン部品の性能向上、高機能化に有効
炭化水素系混 合洗剤	鉱物系加工油脱脂洗浄用として使用される加工油に対し溶解力が高く、浸透性に優れ、毒性も低い。但し、引火に対して洗浄設備の防爆構造が必要。金属加工部品などの鉱物油脱脂洗浄、グリース除去、ワックス除去、離型剤除去などに使われる
スパッタリング	ターゲット(物質)にArなどの不活性な物質を高速で衝突させ、ターゲットを構成する原子や分子が叩き出される過程をスパッタリングといい、この叩き出された原子や分子を基板上に付着させ薄膜を形成する技術。スパッタ法は、他の薄膜作成法と比べ基板への付着力の強い膜の成膜が可能



図24-16b アルマイト処理
(中部理化)

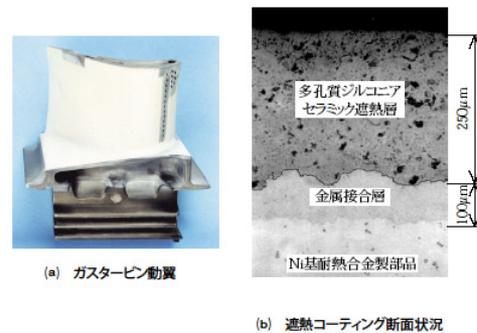


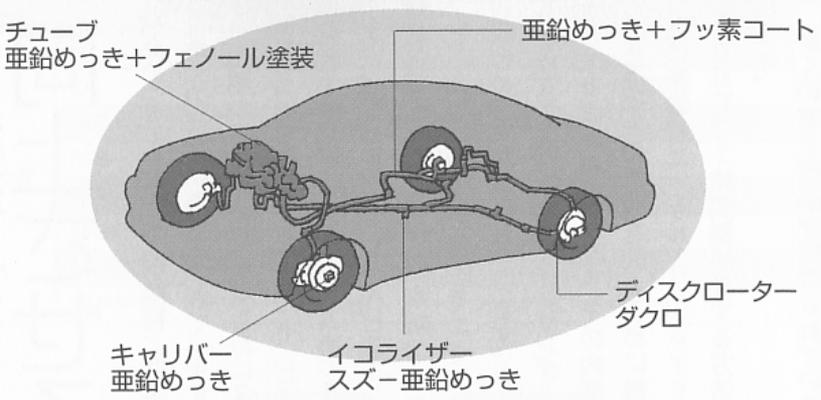
図2 遮熱コーティングを施工したガスタービン動翼 (L20A適用例)
Fig.2 Thermal barrier-coated gas turbine blade

図24-16c
TBC(KHI)

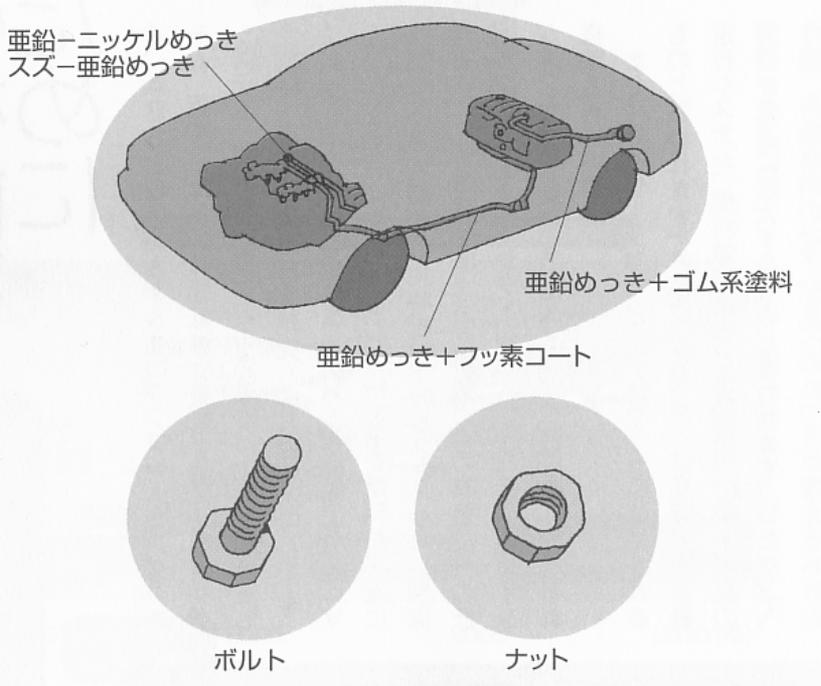
あらゆる素材に、いろんな機能を付与できる

素材	めっき方法	付与する機能	応用例
プラスチック	無電解めっき→電気めっき	汚染性の向上 耐候性の向上 金属感を与える	自動車の フロントグリル
セラミックス	無電解めっき→電気めっき	はんだ付け性の向上 導電性の付与	チップ抵抗 プリント配線板
金属材料	電気めっき	耐食性の向上 はんだ付け性の向上 ボンディング性の向上	自動車部品 ICのリード フレーム
繊維	無電解めっき	導電性 抗菌性	靴下への めっき (水虫防止用)
紙	無電解めっき	導電性	導電紙

参考図24-1 めっき方法と付与機能

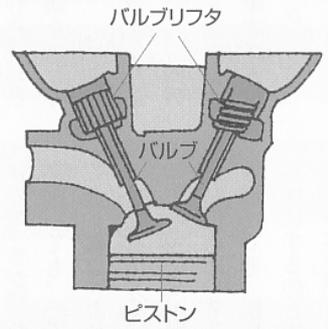


フューエル系部品への防錆用表面処理適用例

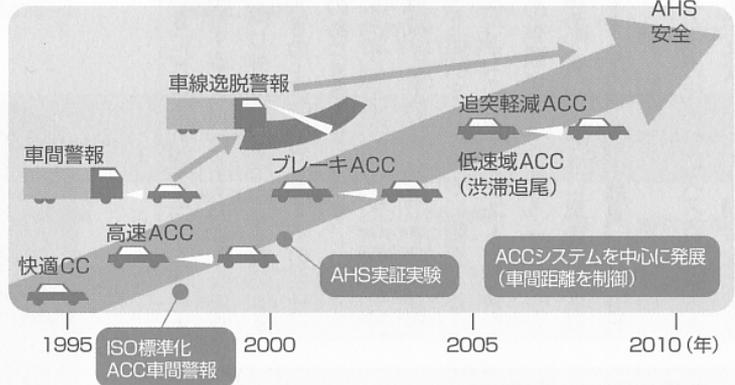


自動車部品における耐摩耗、低摩擦表面処理の適用例

めっき材料		適用部品例
めっき	Sn	ピストン (初期なじみ)
	Cr	ピストンリング、アブソーバーロード、ピストンピン (耐摩耗)
	Ni-P	ピストン、プレーキピストンピン (耐摩耗)
	Ni-B	エアコンプレッサーベーン (耐摩耗)
	Fe-P	ピストン (耐焼付)
	Ni-SiC	ローターハウジング (耐摩耗)
	Ni-P-SiC	シリンダライナー、ピストンリング (耐摩耗、耐スカッフ)
	Ni-P/PTFE	デフワッシャー (消音)、オートテンショナーロード (滑り性)



安全運転支援システムのロードマップ



用語解説

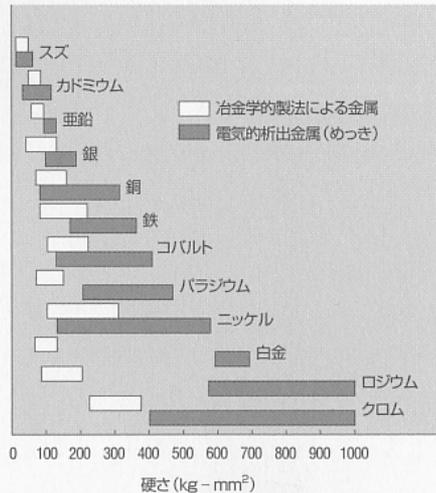
PTFE: ポリテトラフルオロエチレン樹脂の略。

参考図24-2 自動車部品の防錆処理と機能めっき

工業用クロムめっきの利用分野の一例と利用目的

分野	適用部品	利用目的
自動車	クランクシャフト、同シャフトジャーナル、カム、シリンダーライナー、カムシャフトジャーナル、各種シャフト、ピストンリング、ピストンロッド、軸受など	耐摩耗性、潤滑性、多孔性、硬さなど
航空機船舶	クランクシャフト、同シャフトジャーナル、シリンダー、バルブ、ピストンリング、ピストンロッド、ピン、スライドチューブ、補助軸など	耐摩耗性、肉盛り再生、多孔性、潤滑性など
産業機械	織物、化学、食品、製薬、印刷などの乾燥用シリンダー、各種シリンダー、各種ロール、スクリーンプレート、スピンドル、マンドレル、スリーブ、ピストンロッド、水圧ラム、バルブ、コンプレッサークランクなど	耐摩耗性、耐食性、多孔性、硬さ、潤滑性、非粘着性、汚染防止など
検査工具 切削工具	ヤスリ、フライス、プランクゲージ、マイクロメータ、リングゲージ、各種ゲージ、リーマー、ツイストドリル、タップ、各種ドリルなど	非粘着性、硬さ、耐摩耗性、肉盛り再生、切削性など
金型	ガラス用金型、プラスチック用金型、各種金型	非粘着性、耐摩耗性、肉盛り再生など
化学工業	各種塔槽、ポンプシャフト、インペラ、バルブなど	耐食性、耐摩耗性

冶金学的製法と電気的析出による各種金属の硬さの比較

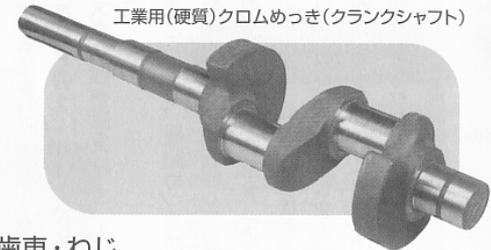


参考図24-3 工業用クロムめっき

工業用クロムめっきについて

工業用クロムめっきの特徴

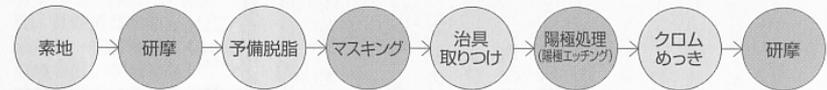
- 硬さがHv800~1000と高い
- 耐摩耗性が優れている
- 摩擦係数が低い
- 離型性がよい
- 耐食性に優れる



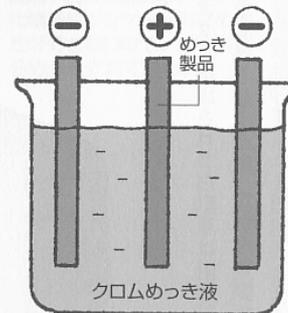
用途

- 小物 —— ボルト・ナット・歯車・ねじ
- 中物 —— 切削工具・金型・ピストン・シャフト
- 大物 —— 製紙用ロール、建機ロッド、船舶用ロッド

めっき工程



陽極エッチング



材質と陽極処理条件の関係

材質	陽極処理液	めっき厚さ(mm)	処理時間(min)
低炭素鋼	250g/lクロム酸 2.5g/l硫酸	0.005	2~5 (sec)
		0.025	30~50 (sec)
		0.125~0.25	2~3
高炭素鋼	同上	0.025	15~30 (sec)
		0.025	1.5~3
		0.125~0.25	1~2
モリブデン鋼(普通)	同上	0.005	1
		0.025	2~3
		0.125	3~5
ステンレス鋼	10%硫酸に 浸漬後同上	0.005	10~50 (sec)
		0.025	15~30 (sec)
		0.125	1~2

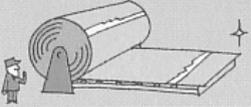
めっき厚さによって処理時間が変わる

めっきする製品は、通常のように脱脂洗浄することができないので、クロムめっき浴中で陽極処理される。クロムめっき厚さや材質により時間を変える。

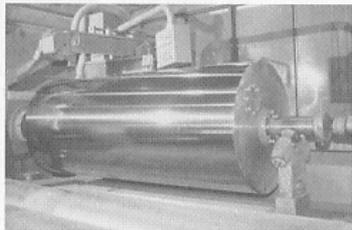
用語解説

ヒーフ浴：硫酸やフッ化物触媒の代わりに有機酸を用いた工業用クロムめっき浴。

めっきは大きいものから小さなものまでめっきできる

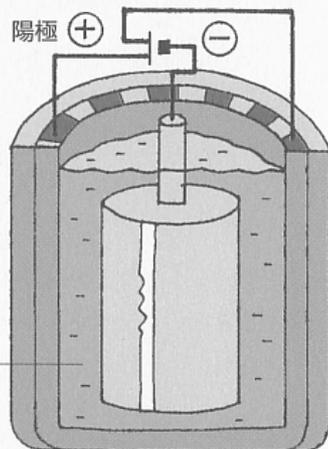
形状	製品	めっき法	特徴・性能
大型	φ3mくらいのロール 自動車用亜鉛めっき鋼板 	浸漬して電気めっき 連続めっきによる 亜鉛めっき	耐摩耗性の付与 硬さを硬くする 耐食性の向上
中型	自転車のハンドル 水栓金具 	ニッケル-クロムめっき ニッケル-クロムめっき	装飾性と耐食性の向上 装飾性・耐食性・ 耐摩耗性の向上
小型	ボルト・ナット 電気製品のツマミ 	亜鉛めっき+ クロメート処理 プラスチック上に ニッケル-合金めっき	耐食性の向上 美観の付与、防汚性
微細品	化粧品のナイロン球への めっき (0.1 μm) ポリステレン樹脂球への めっき (0.01 μm) 	銀めっき 銅めっき	化粧品のクリームに入れ、 紫外線を防止する はんだ付け性、 導電性の付与

めっきは大きいものから小さいものまでめっきできる



工業用(硬質)クロムめっき
(クーリングロール)

めっき浴槽 (横から見た図)
ロールめっきする



参考図24-4 めっきの適用範囲

六価クロムはなぜ使われるのか

- 安価で耐食性の優れた化成皮膜が得られる
- 六価クロム浴から得られるクロムめっきの方が、三価クロムから得られるクロムめっきより耐食性、耐摩耗性に優れる
- プラスチックのエッチング液は再生が可能である
(三価になった分を電解で六価にすることができる)

なぜ1000ppmか

- これはRoHSやELVで皮膜中の六価クロムが1000ppmまでと規制されている
- 当初、ELVでは六価クロムは含まれてはいけないことになっていたが、RoHSと同じ1000ppmまで可能となった
- 六価クロムが含まれているかどうかは製品を10分間沸騰水中におき、その溶液の六価クロムをジフェニールカルバシッド法で分析する

六価クロムの使用状況

- 亜鉛めっきのクロメート処理→三価クロムの化成処理
- 装飾用クロムめっき→三価クロムめっき浴
- プラスチック上へのめっきのエッチング液→よい代替技術がない
- 工業用クロムめっき→よい代替技術がない→(開発中)←困難

亜鉛めっき上に生成するクロメート皮膜と三価クロム化成皮膜



亜鉛めっき

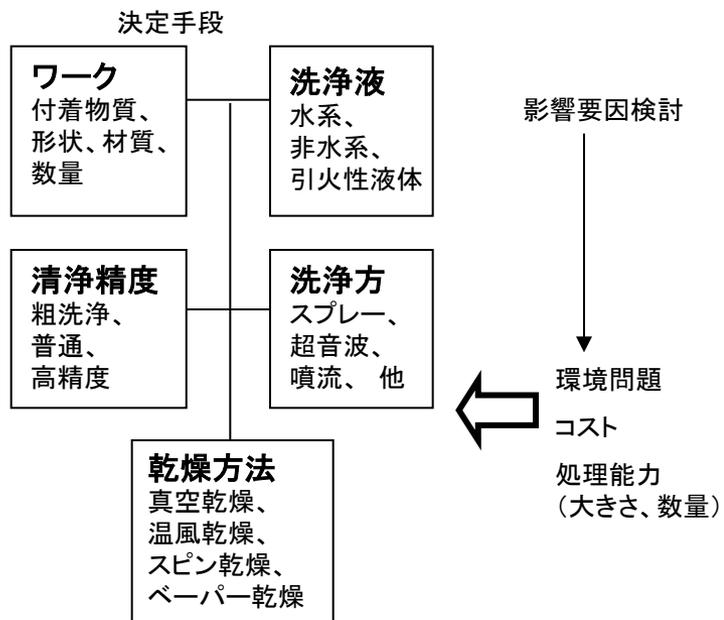
クロメート皮膜(六価クロム)



亜鉛めっき

三価クロム化成皮膜

参考図24-5 六価クロム対策



参考図24-6 洗浄システムの決定フロー

洗浄剤の種類

大分類	中分類	主な構成成分例
水系洗浄剤	アルカリ系	界面活性剤、アルカリ、(水)
	中性系	界面活性剤、水(その他成分)
	酸系	界面活性剤、酸、水
準水系洗浄剤	非水混合系	グリコールエーテル系、水、(界面活性剤)
		N-メチル-2-ピロリドン (NMP)、水、界面活性剤
		テルペン系炭化水素、(その他成分)
非水系洗浄剤	炭化水素系	n-パラフィン系
		イソパラフィン系
		ナフテン系
		芳香族系
	アルコール系	メタノール、イソプロピルアルコール、など
	シリコン系	
	フッ素系	HFE (ハイドロフルオロエーテル)
		HFC (ハイドロフルオロカーボン)
		PFC (パーフルオロカーボン)
		代替フロン類 (HCFC-141b、HCFC-225)
	塩素系	塩化メチレン
トリクロロエチレン		
テトラクロロエチレン		
その他	臭素系	
	グリコールエーテル系、NMP類、など	

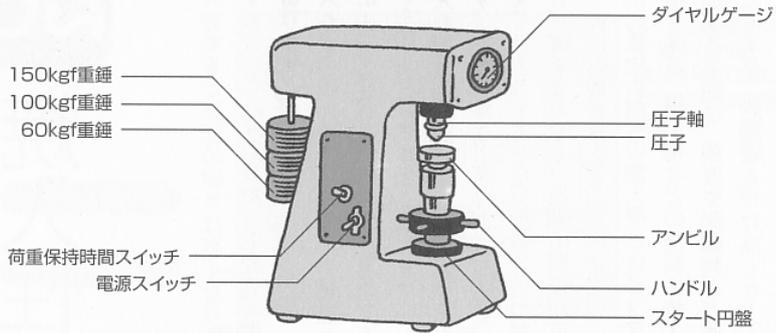
注) 水色が不燃性

水系洗浄剤・準水系洗浄剤・非水系洗浄剤の長所と短所

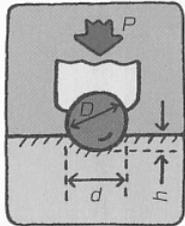
	水系洗浄剤	準水系洗浄剤	非水系洗浄剤
作用	湿潤・浸透・乳化・分散・可溶化・溶解など	湿潤・浸透・溶解	湿潤・浸透・溶解
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ①さまざまな汚染物質に適用可能 ②親水性の表面が得られる ③火災の心配がない 	<ul style="list-style-type: none"> ①洗浄時間が短い ②火災の心配がない(水配合型) ③フラックス・ワックスなどの洗浄性に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> ①洗浄時間が短い ②乾燥表面が速やかに得られる ③間隙部の洗浄性に優れる ④排水処理が不要
留意点	<ul style="list-style-type: none"> ①金属の腐食に配慮が必要 ②洗浄に比較的時間が必要 ③物理的操作が必要 ④排水・乾燥に配慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ①水分管理が必要(水配合型) ②比較的成本がかかる ③排水・乾燥に配慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ①水性汚染物質の洗浄が劣る ②人体への毒性があるものが多い ③火災への配慮が必要なものが多い ④素材の侵食に配慮が必要

参考図24-7 洗浄剤の種類

ロックウェル硬さ計



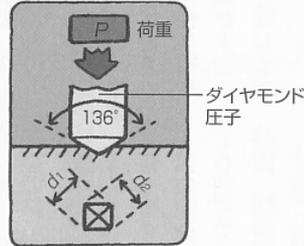
ブリネル硬さ (Hs) 測定法



$$H_a = \frac{P}{\pi D h} \times 0.102 = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \times 0.102$$

$$= \left\{ \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ kgf/mm}^2 \right\}$$

ビッカース硬さ (Hv) 測定法

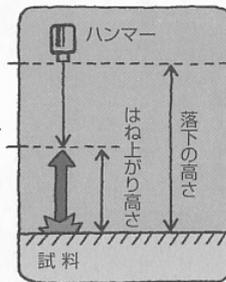
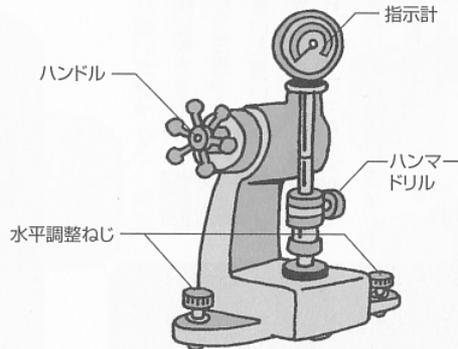


対面角136のダイヤモンド圧子を使用した場合 ($d_1 = d_2 = d$)

$$H_v = 2 \sin 68^\circ (P/d^2) \times 0.102 = 0.189 (P/d^2)$$

$$= \{ 1.854 (P/d^2) \text{ (kgf/mm}^2) \}$$

ショア硬さ計



(a) 試験機各部の名称

(b) 測定法

参考図24-8 硬さ試験機の圧子

参考資料

1. トコトンやさしいめっきの本 榎本英彦 日刊工業新聞社 2006.9.28
2. 初級めっき 丸山清 日刊工業新聞社 1995.9.28
3. トコトンやさしい熱処理の本 坂本卓 日刊工業新聞社 2005.10.30
4. トコトンやさしい洗浄の本 日本産業洗浄協議会洗浄技術委員会編 日刊工業新聞社 2006.9.28
5. 特殊機能コーティング技術 桐生春雄他監修 シーエムシー出版 2007.1.20
6. 元気なモノ作り300社 2006年版&2007年版 経済産業省中小企業庁編 (財)経済産業調査会
7. 各社HP

