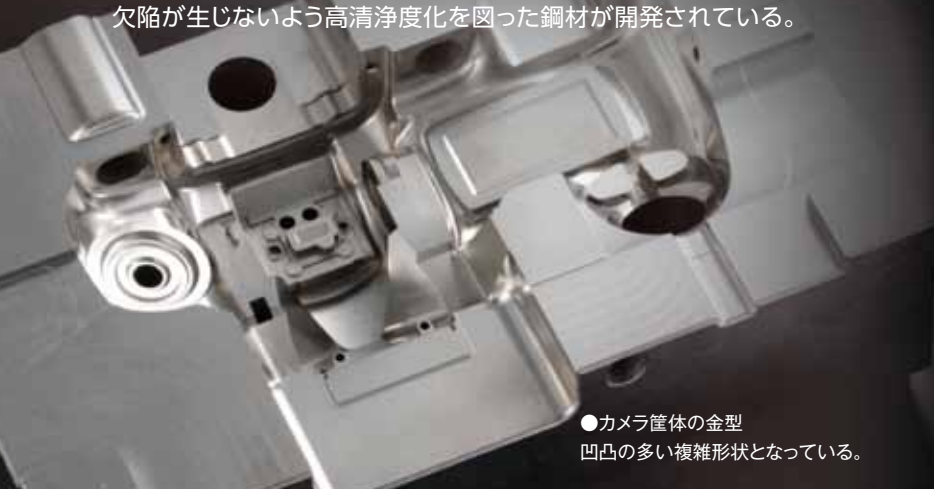
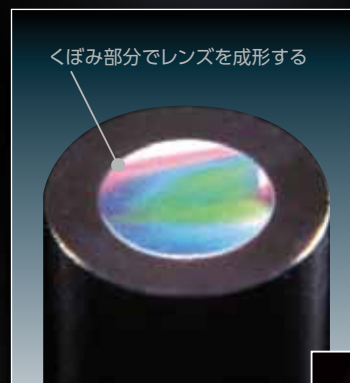


意匠性向上に寄与する プラスチック金型用鋼

身の回りのありとあらゆるところにプラスチック製品は使用されており、その数は数えきれないほどである。中でも最近人気の家電製品等は、その外観の意匠性が商品価値を左右する重要な要素となっている。特に重視されているのが鏡面性で、極めて平滑な表面粗さが求められている。これを実現するため、成形用の金型には鏡面研磨が行われているが、研磨中に欠陥が生じないよう高纯净度化を図った鋼材が開発されている。



●カメラ筐体の金型
凹凸の多い複雑形状となっている。



●光学レンズの金型(上)
携帯電話のカメラ(右)に使用されるような光学レンズの金型は高硬度なステンレス鋼を使用。鏡面にするのに、金属結晶による影響を避けるため、アモルファス(非晶質)なNiめっきを施し、Niめっき部分を切削して、鏡面をつくりだしている。
(資料提供: (株)長津製作所)



多種多様なプラスチックに対応した金型用鋼

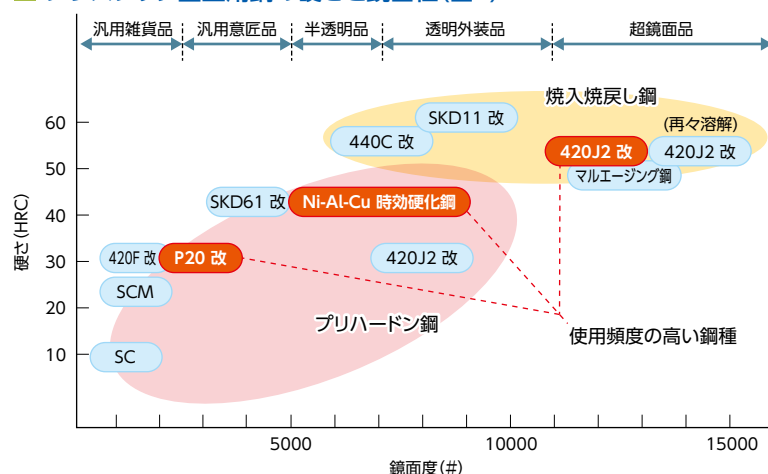
プラスチック製品を成形する際に使用される金型には、用途に合わせて多種多様な鋼材が適用されている。非常に種類が多いため、プラスチック金型用鋼はJIS規格化されていない。近年ではガラス繊維や炭素繊維を添加した繊維強化プラスチックや、耐熱性向上のために難燃剤を添加したエンジニアリングプラスチック等、高機能なプラスチックが種々開発されており、使用される金型用鋼はこれまで以上の特性が必要となっている。

多種多様な鋼材のなかから、最適な金型材料を選定するのは難しい作業である。通常は樹脂の種類と特徴、さらに型材としての要求特性、ショット(成形)数を考慮して選ばれている。

鋼材選定時に一つの基準となるのが硬さである。硬さが高いほど、型寿命、耐摩耗性、耐へたりに性が向上する。また研磨時に傷がつきにくく、非金属介在物や炭化物の脱落が少なく均一に研磨されるため、硬さの高い金型は鏡面性が良好となる。プラスチック金型は数十万～数百万というショット数を受けるため、金型表面が樹脂の流動によって

摩耗する場合がある。特に高硬度の樹脂やガラス繊維が添加された樹脂で摩耗が顕著となり、大ロット生産の場合は硬さの高い金型用鋼が適している。また突起部があるような複雑形状の製品はそれを反転した複雑な型彫りが金型に施されるため、応力集中による割れや欠けの発生が懸念され、靱性も必要となる。さらに成形温度が高くなるエンジニアリングプラスチックや難燃剤を含む樹脂、塩化ビニル、フッ素樹脂などでは腐食性ガスが発生しやすいため耐食性も考慮する必要がある。

■プラスチック金型用鋼の硬さと鏡面性(図1)



■ 金型の製造工程(図2)

仕様打合せ ▶ 金型設計 ▶ 機械加工 ▶ 研 磨 ▶ 組立調整 ▶ 試作調整 ▶ 完 成

■ ダイヤモンドペーストの
研磨粒のサイズ(表1)

ミクロンサイズ レンジ(μm)	粒度(#)
0~2	14,000
1~3	11,000
2~4	8,000
4~8	3,000
8~12	1,800
12~22	1,200

*砥粒の大きさはメカごとに微妙に
異なり、同じ番手であっても使用感や
仕上がりが異なることがある。

■ 鏡面研磨の仕上げサンプル(図3)

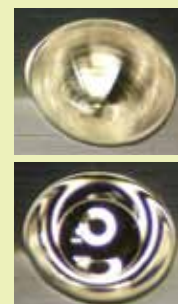
(資料提供:(株)今井技巧)



#800



#10000

半球状の内面を鏡面仕上げ
(下が加工後)

納期やコスト、型の要求精度が厳しい場合は、材料メーカーで熱処理を施し硬さを調整したプリハードン鋼は、金型メーカーでの熱処理コストを削減できるため、近年使用が増えている。プリハードン鋼を用いて精密な切削加工が行われる場合、被削性の高い鋼材が選ばれている。

現在、多用されている金型用鋼は3種類あり、フェノール、メラニン、エポキシ、ポリエステルなどの熱硬化性樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、ABSなどの熱可塑性汎用樹脂の成形には硬さ33HRCのプリハードン鋼のP20改良鋼が、これにショット数が増えてくると硬さ40HRCのプリハードン鋼のNi-Al-Cu時効硬化鋼が、さらにショット数が増えたり鏡面性が重視されたりする場合は硬さ52HRCの焼入れ焼戻し鋼のSUS420J2改良鋼が使用されている(図1)。

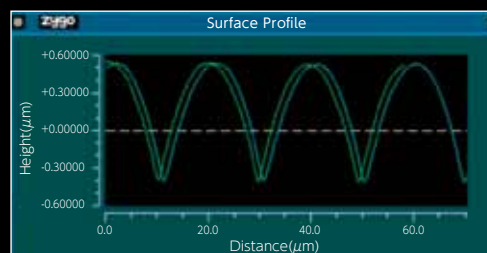
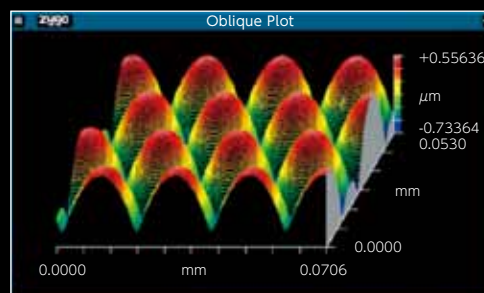
平滑な表面を求めて行われる鏡面研磨

金型用鋼に要求される特性の中でも、最近の傾向として、重視されているのが鏡面性である。プラスチック製品は機械や製品の内部で人目に触れず美観を重視しないものもあれば、成形された製品肌がそのまま製品の品質として目視で評価されるものがある。携帯電話ボディやパソコン、光学製品、オーディオ機器などには極めて平滑な表面粗さが求められる。特に光学レンズなどは鏡面性が製品の透明度に関わるため、重要な特性となっている。

金型の製作の工程は、仕様打合せ、金型設計、機械加工、研磨、組立調整、試作調整、完成という流れで行われるが(図2)、鏡面性を追求する製品の金型の場合、研磨は、鏡のように平滑に磨き上げる鏡面研磨が行われる。これは金型表面を砥石や研粒で磨いて凹凸を除去し、光沢をもたせる処理である。研磨することで意匠性が向上するだけでなく、プラ

■ 金型の表面粗さの測定(図4)

光学レンズ等の金型の表面粗さはナノオーダーとなるため、表面性状の測定は垂直走査型低コヒーレンス干渉計等で測定される。



(資料提供:(株)長津製作所)

スチックの金型離れが向上したり、樹脂が流れやすくなったり、摺動部などの異常摩耗や焼き付きが防止されたり、疲労強度が向上したりする。特に光学レンズや反射鏡などは形状精度を重視するため、手磨きは避け最終仕上げまで超精密機械加工を行うものが多い。

一般的な鏡面研磨の方法は、砥石研磨、ペーパー研磨、ダイヤモンドペースト研磨等を用いて、研磨粒の粒度の粗いものから、細かいものへ段階的に進めて、最後は鏡面に磨き込む。研磨粒の粒度のことを番手(ばんて)と呼んだり、「#」の記号をつけて表現し、番手が大きいほど細かい粒度を示す(表1)。磨きの程度は要求される品質にもよるが、光学レンズ

金型表面加工のトラブル(図5)



▲ピンホール

鋼材中の非金属介在物を磨きにより掘り起こしたもの



▲うねり

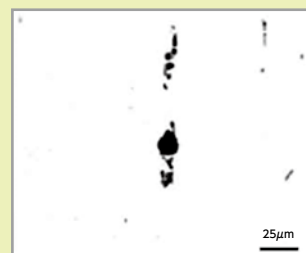
写真の2本の横線は蛍光灯の光が写ったもの。光のフチが乱れてみえるのが「うねり」

(資料提供: 大同特殊鋼(株))

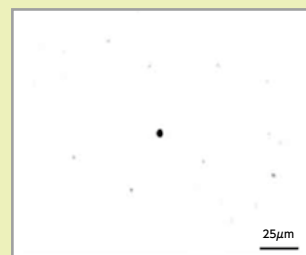
特殊溶解法(図6)

▲真空アーク溶解法
(VAR, Vacuum Arc Remelting)

■非金属介在物の比較



▲一般溶解材

▲特殊溶解材
非金属介在物は低減される

(資料提供: 大同特殊鋼(株))

のように磨き番手 #10000以上の超鏡面性を求めるものまである(図3)。

金型表面の肌が目標とした表面粗さと同じであるかどうかを測定するには、表面粗さ測定器でデジタル化したり(図4)、比較用表面粗さ標準片を用いて触覚および視覚による比較で評価する。磨き加工工程は手作業も多く、技能者の経験やノウハウによるところが大きい。手で触った感触や研磨時に発する音の違いなど、技能者の感性に頼りながら精度を出していくため、数値化することが難しい。それゆえ近年アジア地域の金型メーカーが勢いを増すなか、日本の磨き加工は他国には真似できない技能を保有し、超鏡面性を求めるような金型の製造で日本は優位性を持っている。

ピンホールの発生を低減させる高纯净度鋼

鏡面研磨時に発生しやすいのが、ピンホール、オレンジピール(ブツブツの表面)、うねり、くもりなどの欠陥である(図5)。特にピンホールと呼ばれる局所的な穴状の欠陥は発生しやすく、この現象は、鋼材に内在する硬質の非金属介在物や炭化物などが、磨き工程中に脱落して発生する微小な凹状の欠陥である。研磨粒の細くなる磨き番手が大きい磨きの時ほど発生しやすく、特に鏡面性を追求する製品ほど、注意が必要となる。大きさや製品の機能によって異なるが、面の大部分が平滑であるにも関わらず一か所または複数か所に微小な凹みが生じると、

最悪の場合は金型全体を再製作することもあり、深刻な不適合といえる。

ピンホールの主要因である非金属介在物の脱落を防ぐためには、まずは高硬度な金型を使用するのが有効な手段となる。そのため精度の高い鏡面磨きを行う金型では、より高硬度な鋼材が選ばれている。また、鋼材中の偏析(成分のムラ)によって、研磨時にうねり、オレンジピール、シボムラ等が起こることがある。一般的には鋼材の鍛造・圧延方向に平行に偏析帯が形成され、偏析帯は合金元素の濃化部であるため、周辺に比べると非金属介在物や炭化物、金属間化合物などの析出物が多くなりやすく、周辺よりも若干硬くなりやすい。このため研磨時にうねり等が生じる。

非金属介在物の低減、偏析の軽減を図るため、真空アーク溶解法(VAR, Vacuum Arc Remelting)やエレクトロスラグ溶解法(ESR, Electro-Slag Remelting)といった特殊溶解法の適用が行われている(図6)。この方法は通常の工程で製造した铸塊を再溶解・再凝固させる手法である。これにより鋼材中の不純物を除去することで非金属介在物を低減し、鋼材の清浄度が向上する。また再凝固時には、凝固組織の微細化により偏析も軽減される。特殊溶解法により再溶解された鋼材をダブルメルト材と呼ぶこともあるが、極めて高い鏡面性が要求される場合には、特殊溶解を繰り返したトリプルメルト材の適用も行われている。例えばSUS420J2改良鋼の超々鏡面焼入焼戻し鋼(トリプルメルト材)は、非金属介在物がほとんどなく、鋼の清

浄度は最高レベルの材料であり、鏡面性の要求レベルの高い光学レンズや携帯電話ボディ、パソコン、オーディオ機器などの金型に使用されている。このような高纯净度鋼は、日本の鋼材が海外の金型メーカーで採用される場合もあり、高い品質が強みとなっている。

近年、韓国や中国等のアジア地域の金型メーカーの勢いが増す中、コスト重視の汎用品ではなく、意匠性を追求した製品

等において、日本の金型技術の優位性が発揮できると言われている。特に磨き加工やシボ加工で、日本は抜群に優れた技術を持つ。一方、これに応える材料メーカーも特殊再溶解、熱処理技術等を駆使して、均質で安定した品質を持つ高纯净度鋼を製造しており、こちらもノウハウの塊となっている。日本が蓄積してきた高度な技術やノウハウが強みとなって、今後、活躍のフィールドが広がっていくことを期待する。

意匠性の高い製品に用いられるシボ加工

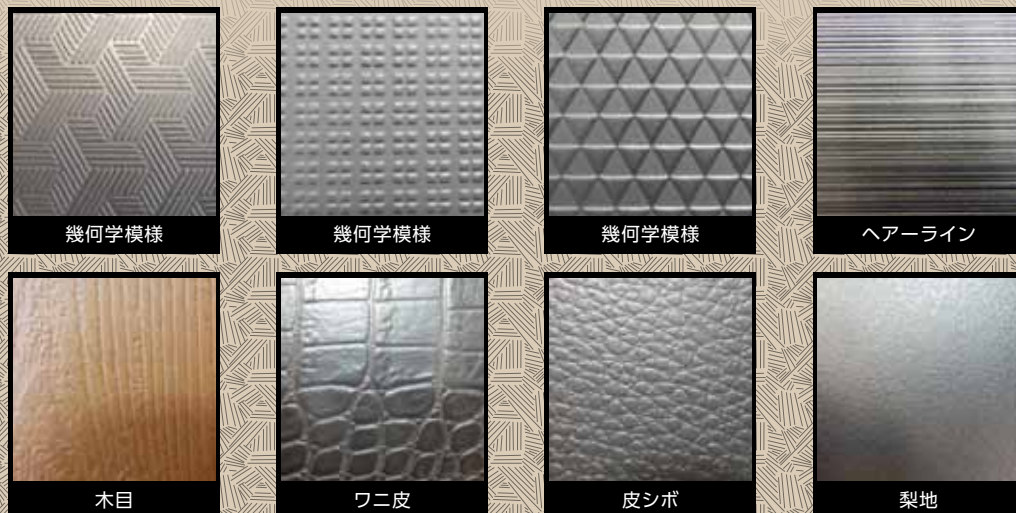
シボ加工のシボとは漢字で記すと「皺」(シワ)で、シワ模様をつけることを「シボをつける」と言う。織物のちりめん模様のことも「シボ」と呼んだり、古くは鎌倉時代の烏帽子の凹凸模様も「シボ」と呼んだといわれる。このようなことから、プラスチック製品に革模様や梨地模様をつけること、また、そのために金型に反転模様を加工することをシボ加工という。自動車のインパネ等の内装品や家電製品の外装部品、OA機器などの意匠性の高い製品を成形する金型に用いられる。

単純な模様パターンから近年では自然な風合いまで、リアリティのある皮革、木目の模様が追求されており、立体的質感までプラスチック製品に付与されるようになっている(図7)。例えば家電製品の表面を触ると、わずかにザラザラする場合があるが、これがないとツルツルの表面は安っぽく感じられる。さらに意匠性だけでなく、シボ加工は耐傷つき性や高触感性などの機能も発揮する。プラスチック製品の表面は柔らかく、傷つきやすい。シボがあると傷が付きにくかったり、またシボの凹凸が

抵抗として働き、滑り防止となったりもする。またシボ加工を施すことで表面に塗装をしない製品もある。

金型にシボ加工を施す方法の一つにエッチング法(化学腐食法)がある。これは金型についている油や埃を除去した後、加工しない金型の側面・底面をテープや塗料でマスキングし、模様の耐酸性インクプリントを金型表面に転写し、酸性の液などを用いて金型表面を腐食し、金型表面に凹凸をつくる。実際には転写と腐食を繰り返して複雑な模様を作り上げていくが、マスキング材やエッチング液、金属材料等の諸条件をいかに総合管理するかが重要となる。使用される金型用鋼には、成分偏析が少ないことや組織が均一であること、粗大な非金属介在物や炭化物が少ないことが求められ、清浄度化した鋼材が使用されている。日本のシボ加工技術は世界一と言われ、模様の形成やエッチングの繰り返して複雑なシボ模様が形成されており、日本の技術が世界標準となっている。

■さまざまなシボ加工(図7)



※写真は模様をわかりやすくするため拡大して撮影したもの

(資料提供: (株)日本エッチング)