

## 〔事例 8〕

# 「タフラット処理」の特徴と プレス・鍛造金型への適用効果

(株)オカノプラスト 岡野 俊之\*

近年、プレス・鍛造加工においては、高張力鋼板やアルミ合金など難成形材の利用増加をはじめ、加工部品の高精度化、高品質化、形状の複雑化で金型の使用環境はますます厳しくなっている。また、モノづくりのグローバル化や競争力強化に伴い、コスト低減も強く要求されている。そのため、金型寿命を向上させる技術開発ニーズは非常に高い。なかでもコーティング業界では、現在も新しい膜種が多数開発されており、要求特性に合わせた選定で金型の高機能化に貢献している。

このような背景のもと、当社でもショットピーニングの一種である WPC 処理と精密ラッピング（鏡面仕上げ）を複合させた表面改質技術「タフラット処理」

を行っている。この手法では、金属の表面近傍に高い圧縮残留応力を付与し、ナノ結晶・微細結晶層を有する加工硬化層が得られる。また、表面の凹凸形状を高精度に制御し自在に選択できるという優れた特徴がある。金型への適用事例としては、プレス・鍛造金型やダイカスト金型の寿命延長、樹脂・ゴム金型の離型性改善、コーティング皮膜の密着性向上などがあり、それぞれ多数採用され実績を上げている。

そこで、本稿ではタフラット処理の概要と主な効果や特徴を解説し、プレス・鍛造金型とダイカスト金型における適用事例について紹介する。

## タフラット処理の概要

タフラット処理は、第1工程の WPC 処理と第2工程の精密ラッピングを複合させた表面改質技術である。図1に処理模式図を示す。第1工程の WPC 処理は、20~200 $\mu$ m の球形粒子を高速衝突させて熱処理および鍛錬効果により金型表面を強化する工程である。第2工程の精密ラッピングは、0.1~0.8 mm の弾性研磨材を基材表面に滑走させ、微小切削により所定の表面粗さに仕上げるための工程である。第1および第2工程ともに、被加工材の硬さ、加工履歴、表面粗さや形状を十分に考慮し、使用する研磨材の材質や粒径、投射速度など、加工条件を精細に選定して施工することが非常に重要である。

## タフラット処理の効果

### 1. 高い圧縮残留応力の付与

第1工程の WPC 処理では、球形粒子を基材に高

\*Toshiyuki Okano：専務取締役  
〒599-8247 堺市中区東山 648  
TEL(072)234-0999

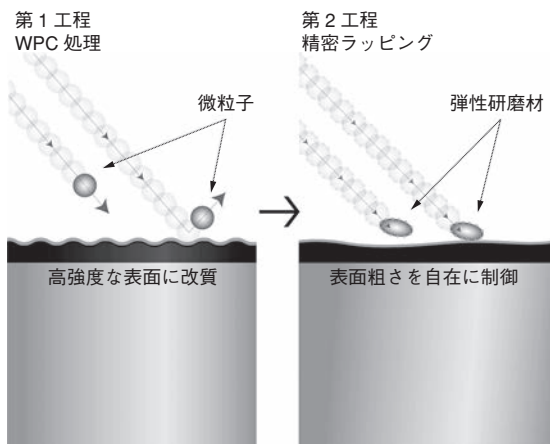


図1 タフラット処理工程の模式図

速衝突させることで、表面は複雑かつ大きく塑性変形して伸びようとする。しかし、下地に拘束されて十分に伸びることができない。そのため、表層には高い圧縮残留応力が発生する。

ここで、一般的に使用されている金型材 SKH51 および SKD11 の熱処理品と各熱処理品にタフラット処理を施工した残留応力分布を図 2 に示す。このグラフに示されたとおり、熱処理品はともに表層から内部にわたり -100 MPa 程度の残留応力分布であるのに対し、タフラット処理品は、表層に -1,300 MPa 以上と非常に高いピーク値をもつ残留応力分布が得られている。表面近傍に付与された高い圧縮残留応力は、クラックの発生と進展を抑制できるため、破断に至るまでの疲労強度を大きく改善し、金型の寿命向上を実現することができる。

## 2. 結晶粒微細化と表面硬さの上昇

WPC 処理は、100~200 m/s 以上の微粒子高速衝突が実現できるため、基材表層部には、急速加熱・急速冷却による熱処理と鍛錬作用が繰り返行われる。そのため、基材表層部では、転位の増殖をはじめ、残留オーステナイトのマルテンサイト化や金属組織の微細化で加工硬化が生じる。同時に、疲労寿命を低下させる基材表面の加工変質層や点在する微細クラックも除去することができると言われている。

図 3、図 4 に金型材 SKD11 の熱処理品および熱処理品にタフラット処理を施工した各試料断面の結晶解析 (EBSD) 観察像とピッカース硬さ分布を示す。図 3 のタフラット処理された EBSD 観察像では、表層にナノ結晶層および微細結晶層が生成されている。また、図 4 のピッカース硬さ分布においては、タフラット処理品の表面は 1,200 HV と熱処理品 740 HV と比較して 1.5 倍以上の硬さが得られている。この

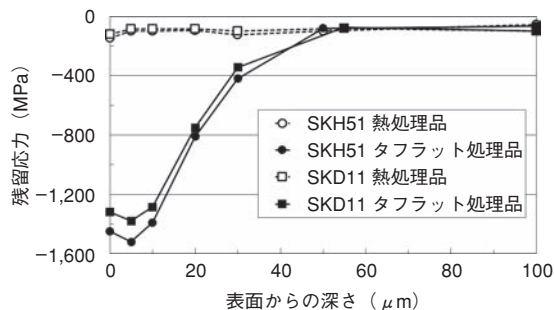


図 2 SKH51 と SKD11 の残留応力分布

加工硬化層は表面から 30 $\mu$ m 程度であるため、靱性を損なうことなく優れた耐摩耗性・疲労特性の向上に貢献できる。

## 3. 滑らかな微小ディンプルの形成

一般に、研削や研磨で仕上げた金型表面には砥石やペーパーによる条痕が直線状となる。一方、タフラット処理では、第 1 工程の WPC 処理と第 2 工程の精密ラッピングにより滑らかな凹凸形状が得られる。この形成された滑らかな微小ディンプルは、要求される特性に応じておおよそ円弧径 0.5~20 $\mu$ m および深さ 0.1~5.0 $\mu$ m の範囲で高精度に制御できる。

ここで、金型材 SKD11 の熱処理後に研磨した表面と同材料にタフラット処理を施工した表面の走査電子顕微鏡 (SEM) 観察像を図 5 に示す。金型の摺動面において、同図(a)の直線状の条痕と比較して、同図(b)に示す滑らかな微小ディンプル形状は、介在している潤滑剤や離型剤の保持性能が非常に高いため、油膜切

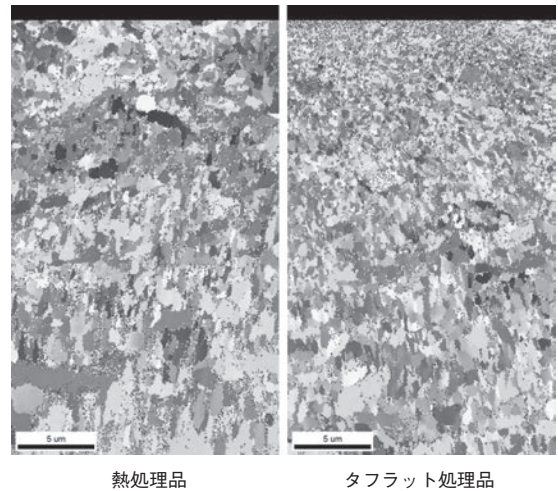


図 3 SKD11 の表層断面 EBSD 観察像

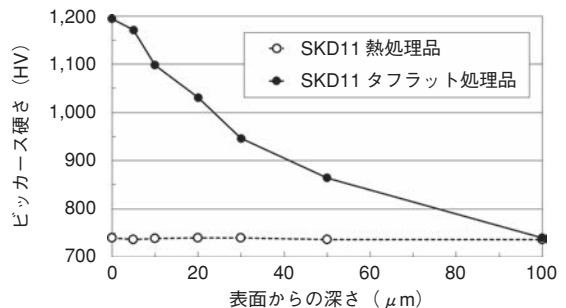


図 4 SKD11 の断面のピッカース硬さ分布

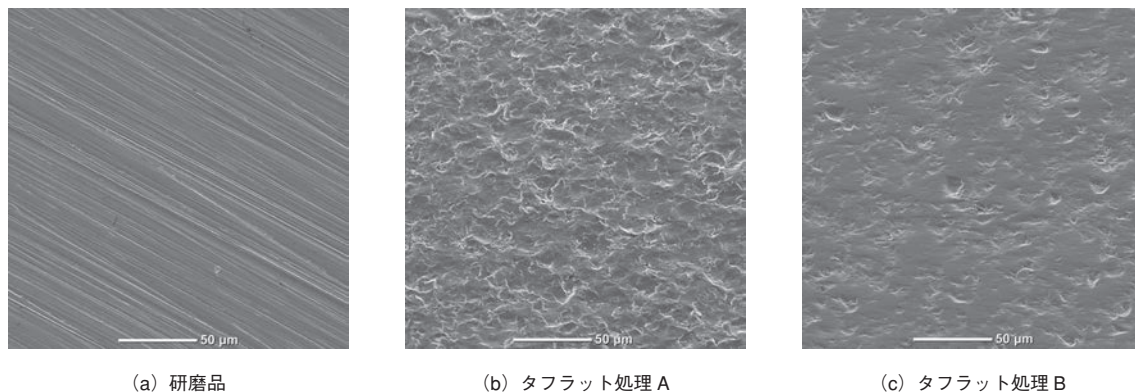


図5 SKD11の表面SEM観察像

れによる焼付きの抑制や潤滑性・離型性など、トライボロジー特性に優れた表面性状を得ることができる。また、別条件で施工した同図(c)に示す凸部のない平滑なタフラット処理表面は、ドライおよびセミドライ加工やコーティングの剥離抑制に有効な下地として活用されている。

### タフラット処理の特徴

タフラット処理は、第1および第2工程で使用される研磨材の材質や粒径、投射速度・投射量などの加工条件を自在に選定することができる。そのため、下記のような多数の優れた特徴がある。

- ① 超硬合金、マトリックスハイス、高速度工具鋼や冷間・熱間工具鋼など、金型で使用される高硬度材料をはじめ、アルミ合金やチタン、インコネルなど、幅広い材質に適用できる。
- ② 寸法や形状変化がほとんどなく、微細・複雑形状部、細孔内径部、トリム型や切削工具にある刃先のようなエッジ部にも施工できる。

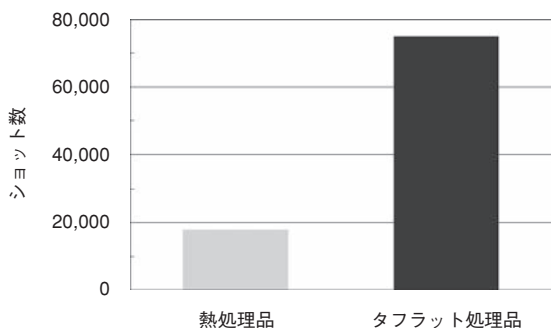


図6 プレスパンチの寿命ショット数比較結果

- ③ 窒化・浸炭処理のような拡散浸透法や各種コーティングとの複合処理で、さらなる耐摩耗性・耐久性・トライボロジー特性の向上を図ることができる。
- ④ コーティングやめっきとは異なり、皮膜を形成しない表面改質技術であることから、剥離によるトラブルや性能低下がなく、長期間にわたり安定した効果が得られる。
- ⑤ マスキングが容易であるため、必要な箇所のみへの施工も簡単に対応できる。

### 適用事例

#### 1. プレスパンチ

プレスパンチの寿命向上には、刃先や微細形状部のチップング抑制、耐摩耗性やトライボロジー特性の改善が求められる。

図6にパーツフォーマ用プレスパンチ(材質SKH51、熱処理品62HRC)と同材料にタフラット処理を施工したプレスパンチの寿命ショット数比較を示す。熱処理品は、おおよそ18,000回で刃先折損やパンチ端面に摩耗が発生していたのに対し、タフラット処理品は4倍以上の75,000回以上のショット数を実現している。これは、熱処理品と比較して、タフラット処理品は、プレスパンチ表面に非常に高い圧縮残留応力と均一なナノ結晶・微細結晶層が生成されて刃先折損やチップングを抑制できていること、加工硬化により表面硬さが上昇して耐摩耗性を向上させていること、さらには、摺動部に滑らかな微小デインブルが形成されて潤滑性向上によるトライボロジー特性の改善や焼付きを抑制できていることが主要因としてあげられる。

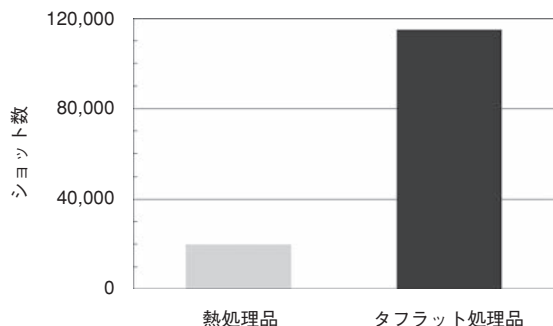


図7 冷間鍛造金型の寿命ショット数比較結果

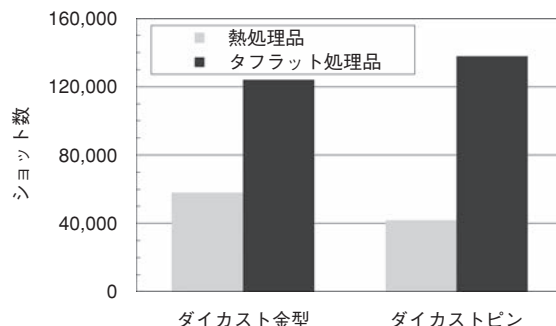


図8 ダイカスト金型とダイカストピンの寿命ショット数比較結果

## 2. 冷間鍛造金型

冷間鍛造金型の寿命向上には、プレスパンチ同様に、形状部のチッピング抑制、疲労強度向上、耐摩耗性向上、トライボロジー特性の改善などが求められる。

図7にトランスミッション部品であるスプライン付中空シャフト用冷間鍛造金型(材質 SKD11、熱処理品 60 HRC)と同材料にタフラット処理を施工した金型の寿命ショット数比較を示す。熱処理品は、微細形状部の初期チッピングや平均2万回程度で割れや摺動部の焼付きが発生していたのに対し、タフラット処理品は、5倍以上の平均11万回のショット数を実現している。これは、WPC処理の効果と第2工程の精密ラッピングで図5(c)に示した凸部のない平滑化によるトライボロジー特性の改善との相乗効果によるものである。

## 3. ダイカスト金型

ダイカスト金型やダイカストピンの寿命向上には、熱影響により発生するヒートクラックの抑制や耐溶損性の改善が効果的である。また、生産性向上には、鑄造時の湯流れ性を改善し、湯じわ、剥がれ、ひけ巣などの不良率低減が有効である。

図8に高融点アルミ合金用ダイカスト金型とダイカストピンの寿命ショット数の比較結果を重ねて示す。材質は両者ともにSKD61、表面硬さ900HVの窒化処理品である。ダイカスト金型にはタフラット処理を、ダイカストピンにはタフラット処理後にコーティングを施工している。ダイカスト金型において、熱処理品は58,000回程度でヒートクラックが進展し欠けや割れが発生していたのに対し、タフラット処理品は2倍以上の約12万回の寿命が得られている。これは、金型表層部に付与された高い圧縮残留応力と、生成さ

れた均一なナノ結晶・微細結晶層でヒートクラックの発生と進展を抑制できているためと考えられる。また、表面に形成された滑らかな微小デンプルは、湯流れ・湯回り性や離型剤の保持性能を向上させることができるため、不良率低減による生産性向上も合わせて実現することができる。

さらに、タフラット処理とコーティングを施工したダイカストピンでは、熱処理品と比較して3倍以上の寿命を実現している。これは、コーティングによる耐溶損性の改善効果が主な要因である。タフラット処理は、高い圧縮残留応力と高硬度を有する改質層が得られるため、コーティング皮膜の密着性や追従性の向上で長期間にわたり安定した効果に貢献している。

☆

タフラット処理は、金属基材表面の高強度化と形成する凹凸構造を自由に制御できる表面改質技術である。そのため、本稿で紹介した適用事例だけでなく、プラスチック・ゴム成形分野をはじめ、最近では医療・食品分野などでも多数利用されており、その応用範囲は無数の可能性を秘めている。当社では、このような幅広い顧客ニーズに貢献できるよう、今後も技術の開発・高度化に努めていく。

## 参考文献

- 不二機販技術資料：精密ショットピーニング
- 加賀谷忠治：微粒子ピーニング (FPB) の開発動向と展望、精密工学会誌、Vol.72、No.9 (2006)、pp.1067-1070
- 江上登：FPB処理による疲労特性の改善、精密工学会誌、Vol.72、No.9 (2006)、pp.1071-1074