

精密冷間鍛造金型における 破損事例とその評価技術

濱 家 信 一

(株)ニチダイ

精密鍛造に用いられる金型の破損および観察事例を示しながら、CAE解析を金型破損へ適用し強度および疲労寿命予測を実施した事例を紹介する。

1. はじめに

最近の精密冷間鍛造の金型は、素形材のニアネットまたはネットシェイプを実現するため、より複雑な形状で高精度な付加価値のある鍛造部品へ適用されることが多くなってきた。そのため金型の強度負担はますます大きくなる傾向にある。従って金型寿命の向上技術は、鍛造品のコスト削減、品質面から

重要な課題である。

ここでは、冷間鍛造の金型寿命に影響する因子を中心に金型破損、摩耗の事例を示す。またCAEを活用した金型の破損応力の計算から、金型の疲労寿命予測の取り組みについても紹介する。

2. 金型破損と摩耗の形態とその影響因子

冷間鍛造金型は、(1) 破損（割れ、カケ、破壊など）、(2) 摩耗（変形、表面荒れなど）がある。破損では、数ショットで破損する一発破壊から数万ショットの低サイクル疲労による割れなどがある。多くの金型は、コーナー部に引張応力が繰り返し負荷されることで破損となっている。また摩耗では、素材の潤滑処理、金型の表面処理、素材と金型間の面圧の大きさに影響され、金型の寸法変化が鍛造品の寸法精度へ影響する。

次に金型破損に影響する因子を示す。

- ① 工程設計… 鍛造品形状・精度、成形荷重、面圧

- ② 金型設計… 金型構造（補強方法、分割位置など）、金型形状、材質、硬さ、表面処理
- ③ 金型製作… 熱処理、機械加工、放電加工、ラッピング、表面処理技術
- ④ 鍛造条件… 鍛造機械、作業者、材質、潤滑など

明らかに設計上の不備で発生する金型破損は、工程設計または金型設計に原因がある。また突発的な金型破損は、金型製作または鍛造条件などが破損の変動要因となる。

3. 破損事例と破面観察事例

当社では破損原因の解明のために破面の観察を実施している。この観察により破損の起点を判断する

ことができる。また、CAEでの応力集中部と比較した時に応力による破損なのか、またはそれ以外の要

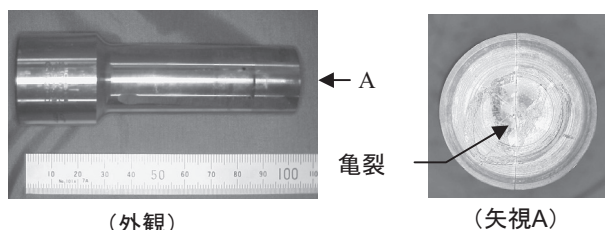
因であるのかを判断できる。

この破損の原因を解明することで対策の方向性を確認する。

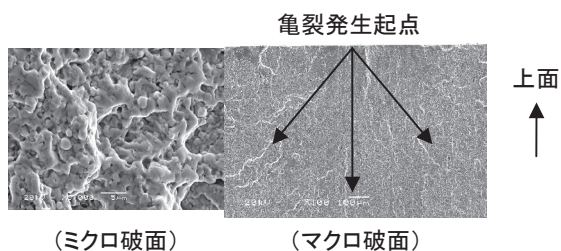
3. 1 冷間鍛造金型の破損事例

図1はフォーマーによる冷間据込み成形のノックアウトの破損事例で、材質は高速度工具鋼 SKH55である。図2に工程図を示している。被加工材はSCM415で据込み率は約65%である。成形は2工程で行っており、図1に示した金型は2工程目のノックアウトである。上面に発生した亀裂は、上面中心部を起点に上面から下へ放射状に進展していた。

図3はプレスによる冷間据込み成形のパンチの破損事例で、材質は高速度工具鋼 SKH55である。図4に工程図を示している。据込み率は約50%である。このパンチの先端は凹み形状となっており、そのコーナー部が破損の起点となっている。その起点から図に示す矢印の方向に破損が進展したと見られる。



(a) 破損金型



(b) 金型破面

図1 破損したノックアウト例

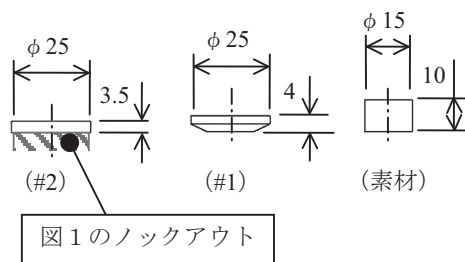


図2 フォーマーによる冷間据込み成形の工程例

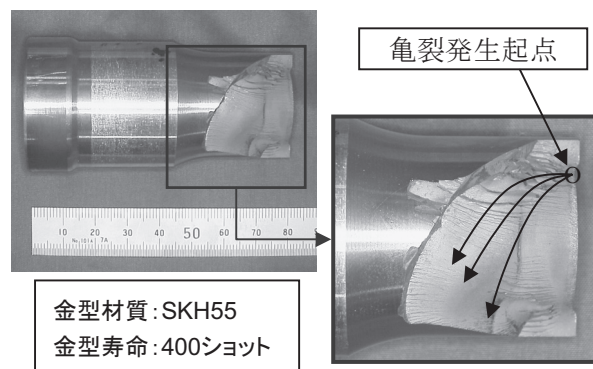


図3 破損したパンチ例

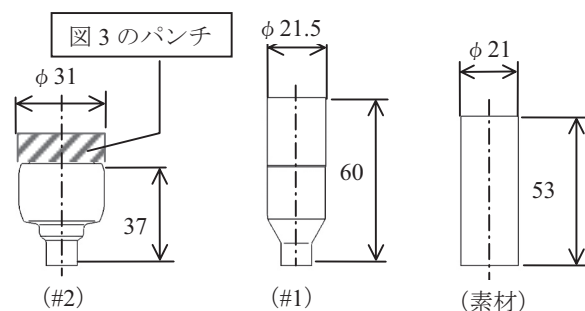


図4 プレスによる冷間据込み成形の工程例

3. 2 熱間鍛造金型の破損事例

図5は熱間据込み成形のインサートパンチの破損事例で、材質はマトリックスハイス YXR33（日立金属製）である。この事例はインサートパンチ先端テーパ部にヒートクラックが発生し破損に至ったものである。通常、摩耗で金型寿命となっていたが、型冷却のために潤滑剤の塗布量を増やしたことでヒートクラックが発生し、破損に繋がったと推察される。

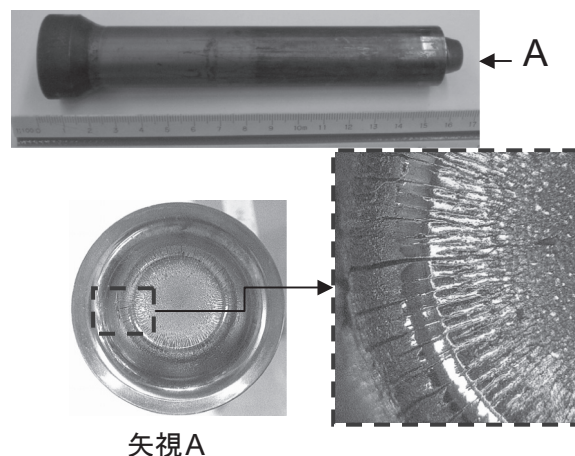


図5 表面損傷したパンチ例
(ヒートクラック)

4. CAE活用事例

CAEでは金型の応力解析を実施し、金型に発生する最大主応力と最小主応力を計算する。ここで得られた応力値を、金型材料の引張強さまたは圧縮強さと比較し、金型材料の強度不足による破損か推測する。

また、材料強度以下の応力の場合には疲労破壊の可能性があるため、応力振幅を用い寿命予測を行う。

4.1 スプラインパンチの解析事例

図6はプレスによる冷間ギヤ成形のスプラインパンチの解析事例で、材質はマトリックスハイス YXR3 (日立金属製)である。(a)に破損金型を示しているが、スプライン小径のコーナー部から亀裂が発生している。CAEを実施した結果(b)、スプラインパンチ先端内径部に凹み段差があり、この段差テーパー部に成形面圧が負荷されている。このことから、パンチ全体が外側へ広がろうとし、小径コーナー部に応力集中していた。この部分の最大主応力は引張強さの約96%となっており、短寿命の一因となっている。

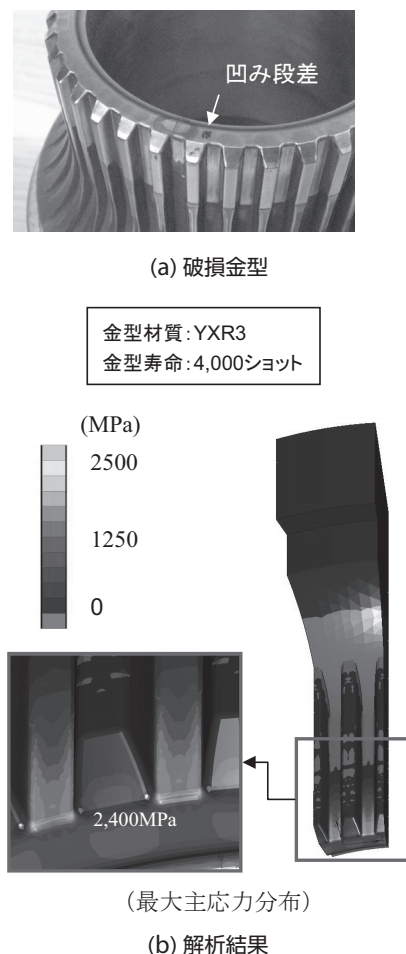


図6 スプラインパンチ破損の解析例

4.2 スリーブシャフトの解析事例

スリーブシャフト (図7) 成形におけるダイ破損の解析事例を図8に示す。材質はマトリックスハイス YXR3である。

破損部は段付部コーナーとなっており、この部分は充填度を高くするために成形面圧が高くなる。解析結果からも破損部には高い応力が発生しており、その最大主応力の値は引張強さの約96%となっていることが短寿命の一因となっている。



図7 スリーブシャフト

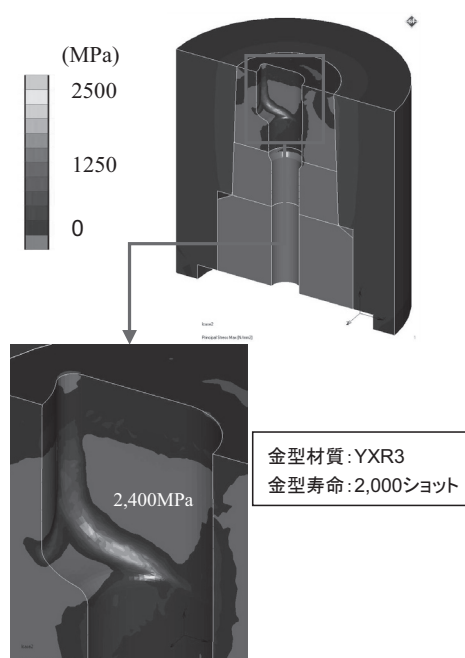


図8 スリーブシャフトのダイ破損の解析例
(最大主応力分布)

4.3 コイニングダイの解析事例

クラッチギア (図9) 成形におけるコイニングダイのチャンファー部破損の解析事例を図10に示す。材

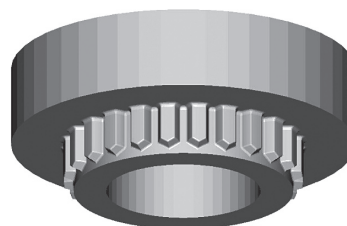


図9 クラッチギア

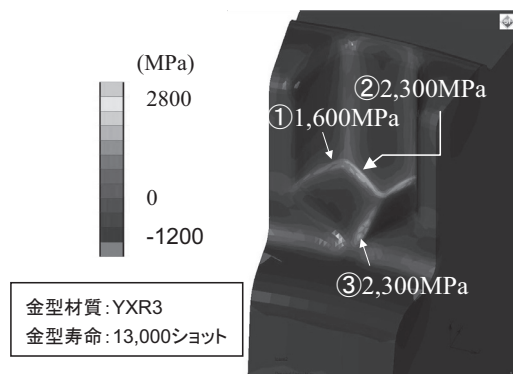


図10 コイニングダイのチャンファ部破損の解析例(最大主応力分布)

質はマトリックスハイス YXR3である。歯形部を成形し、チャンファ部を充填させるために歯形部全体の成形面圧が高くなる。破損しているコーナー部③にも応力集中が発生している。図は最大主応力分布を示しているが、②と③の最大主応力が金型材料の引張り強さの92%となっていた。

5. 金型の疲労寿命予測

金型寿命を予測する上で幾つかの予測手法がある。その中からS-N 曲線による寿命予測とグッドマン線図による寿命予測について、紹介したCAE活用事例を用いて寿命予測を行った。

5.1 S-N 曲線との比較

S-N 曲線(YXR3)と実際に破損した金型データ(図6、図8、図10)を比較した結果を図11に示す。スプラインパンチとスリーブシャフトダイのようにS-N 曲線に近いものもあったが、コイニングダイの

ように大きく外れているものもあった。

5.2 グッドマン線図との比較

グッドマン線図¹⁾は、応力振幅だけでなく平均応力も考慮した予測線図である。図12は破損した金型データ(図6、図8、図10)について、グッドマン線図との比較を示したものである。スプラインパンチとスリーブシャフトダイの事例はほぼ一致していたが、コイニングダイの事例は線図から大きく外れていた。

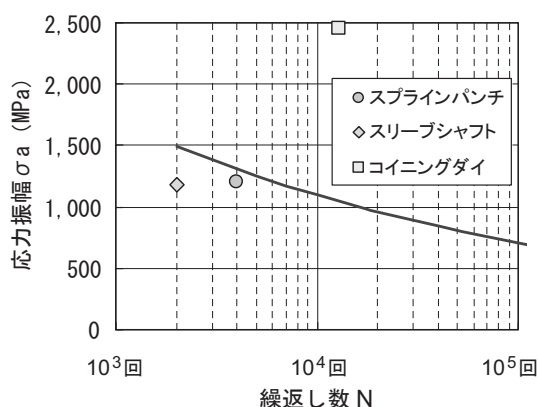


図11 S-N 曲線(YXR3)

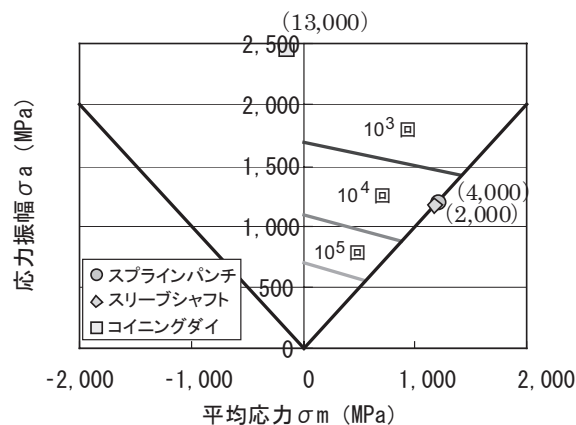


図12 グッドマン線図

6. おわりに

今回は金型破損の形態とその破損事例、またCAEを活用した解析事例とそのデータを用いた金型寿命評価の一例を紹介した。実際の金型から破損や摩耗の要因を分析し、金型寿命予測の評価に至るまでには多くの課題を解決する必要がある。これからも金型破損、摩耗に対する地道な情報収集と要因分析を積み重ねる努力が必要である。

参考文献

- 1) 小坂田他：精密鍛造，日刊工業新聞社（2010）79-81.

株式会社ニチダイ 開発グループ

〒610-0201 京都府綴喜郡宇治田原町禅定寺塩谷14
TEL. 0774-88-6311 FAX. 0774-88-6320
<http://www.nichidai.jp/>