

主なダイカスト金型の 損傷現象8選とその対策集！

株式会社プロテリアル

※ 本資料に記載の内容は、冷間金型に見られる一般的な損傷要因とその対策について記載したものであり、使用環境や材質などによって、記載されている原因・対策とは異なる場合があります。

目的

ダイカスト金型の損傷は、製造業界における重要な課題です。本資料は、**ダイカスト金型の損傷に関する包括的な情報**を提供します。**ダイカスト金型の基本概念から始まり、8つの主要な損傷に焦点を当て、それに対する具体的な対策**を紹介します。また、**時流としての変化も考慮し、エンジンの減少とEVの進展が産業にもたらす影響**についても触れます。基本概念が主体となっているため、データ保存もしくは紙で印刷いただき、繰り返し確認できる状態にしておくことをおすすめします。

本資料の対象

本資料は、基本的なダイカスト金型の損傷と対策を紹介しているため、主に、**知識・経験がまだ浅い、製造業界における若手の方々に読んでいただくことを想定して作成しております。**

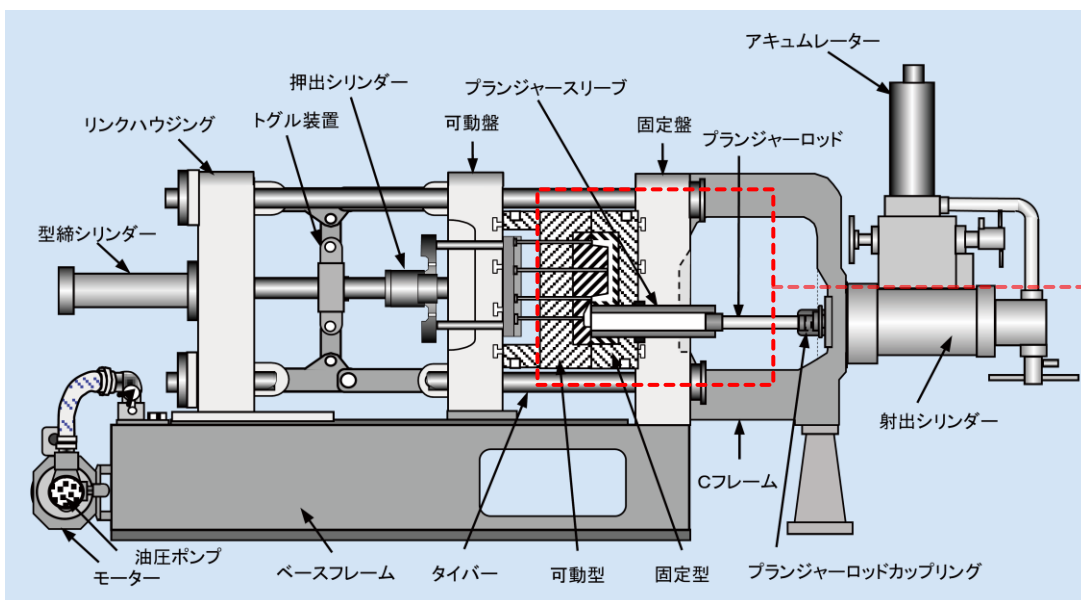
本資料で 分かること

- ダイカストとは？
- ダイカスト金型の損傷8選
- 各発生要因と対策

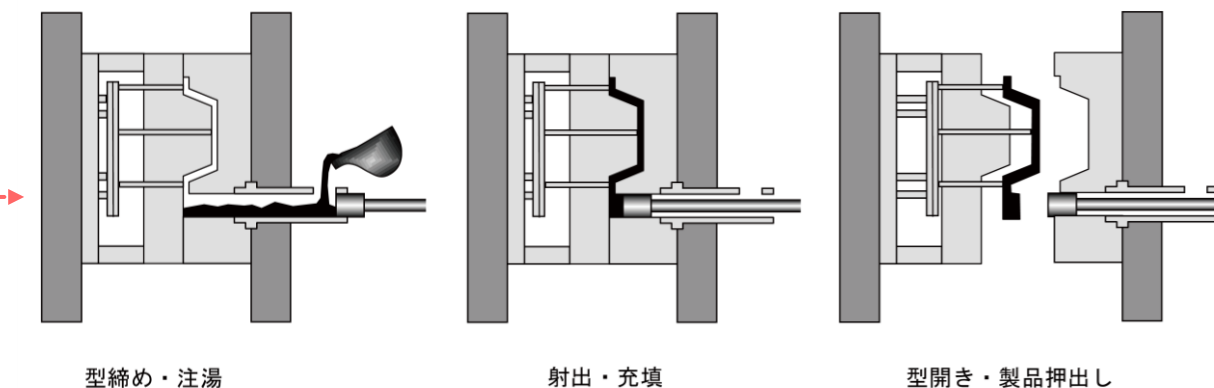
ダイカストとは？

ダイカスト(Die Casting)*1とは、溶融金属を精密な金型に圧入することにより、高精度で鑄肌の優れた鑄物をハイサイクルで大量に生産する鑄造方式の一種です。ダイカストの金型は熱間工具鋼などで作られ、ダイカストマシンに取り付けて、溶融したアルミニウム合金、亜鉛合金、マグネシウム合金などを圧入して鑄造します。その工程は、ほぼ自動化されており、生産性の高い大量生産に適した鑄造方式です。ダイカストは他の鑄造に比べて寸法精度が高く、強度も優れ、鑄肌が滑らかで美しく、機械加工も少なくて済みます。

コールドチャンバーダイカストマシンの構造例



コールドチャンバーダイカストマシンの動作



出典:「ダイカストって何? DIE CASTING」(一社)日本ダイカスト協会

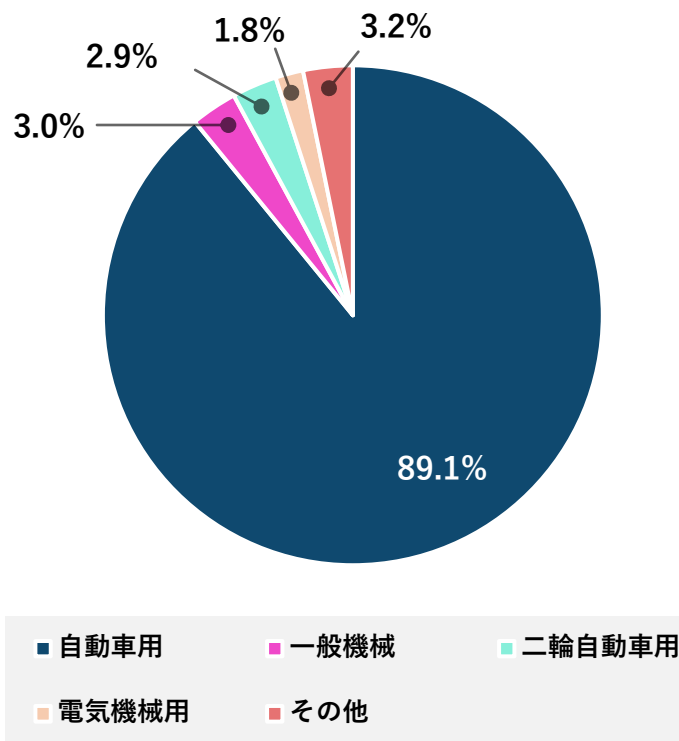
*1:「ダイカスト」という言葉は、その鑄造方法だけではなくこの方法による製品を示す際にも用いられます。

アルミダイカストの主な用途

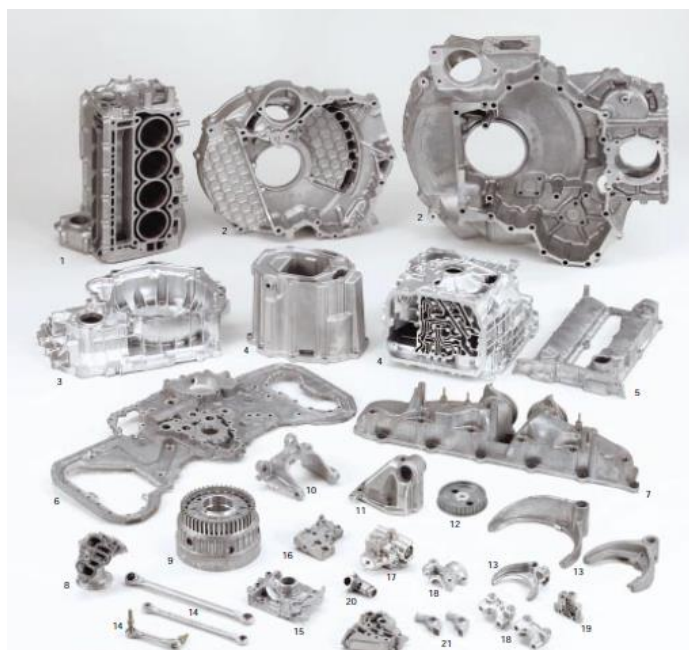
PROTERIAL

アルミダイカストは、そのほとんどがエンジンをはじめとした自動車部品の鋳造に用いられています。
また、アルミダイカストは軽量で精度が高く大量生産に向いているため、精密機器や産業機械など、幅広い分野での需要があります。

ダイカスト生産内訳(2015年)



自動車用ダイカスト部品



- ヘッドカバー
- シリンダー
- クランクケース
- バルブボディ
- トランスミッションケース など

その他のダイカスト部品

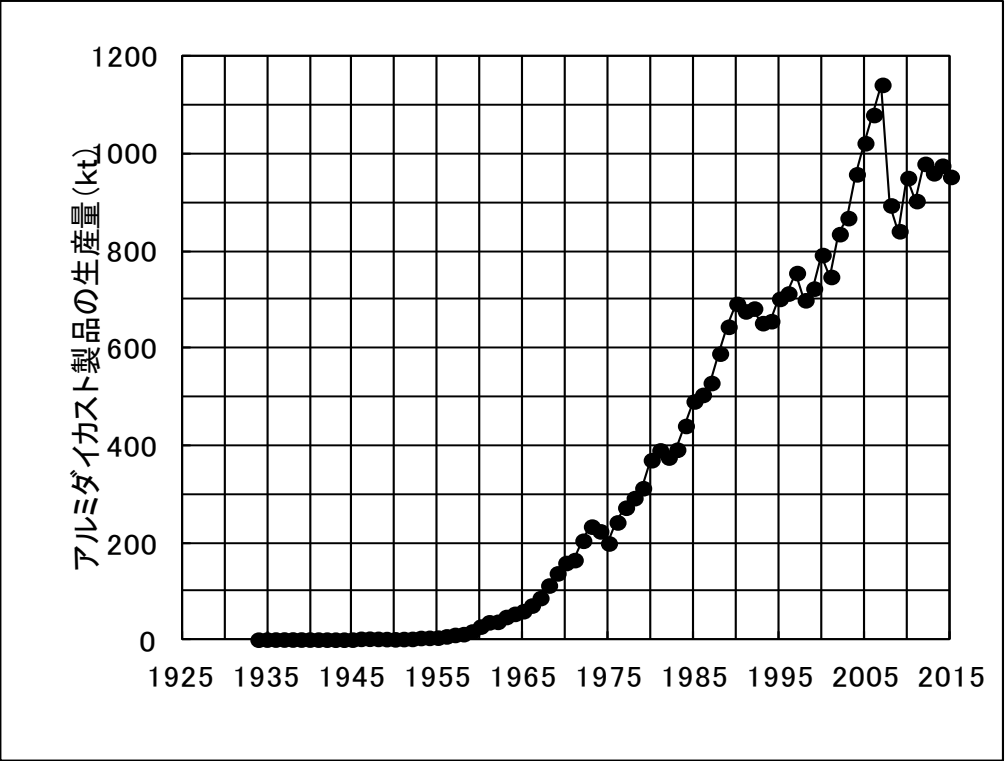


- 家電(冷蔵庫・洗濯機)の部品
- パソコン等の精密機器の部品
- 釣り具、おもちゃ(ミニカー)等の日用品 など

アルミダイカストの生産量の推移と今後

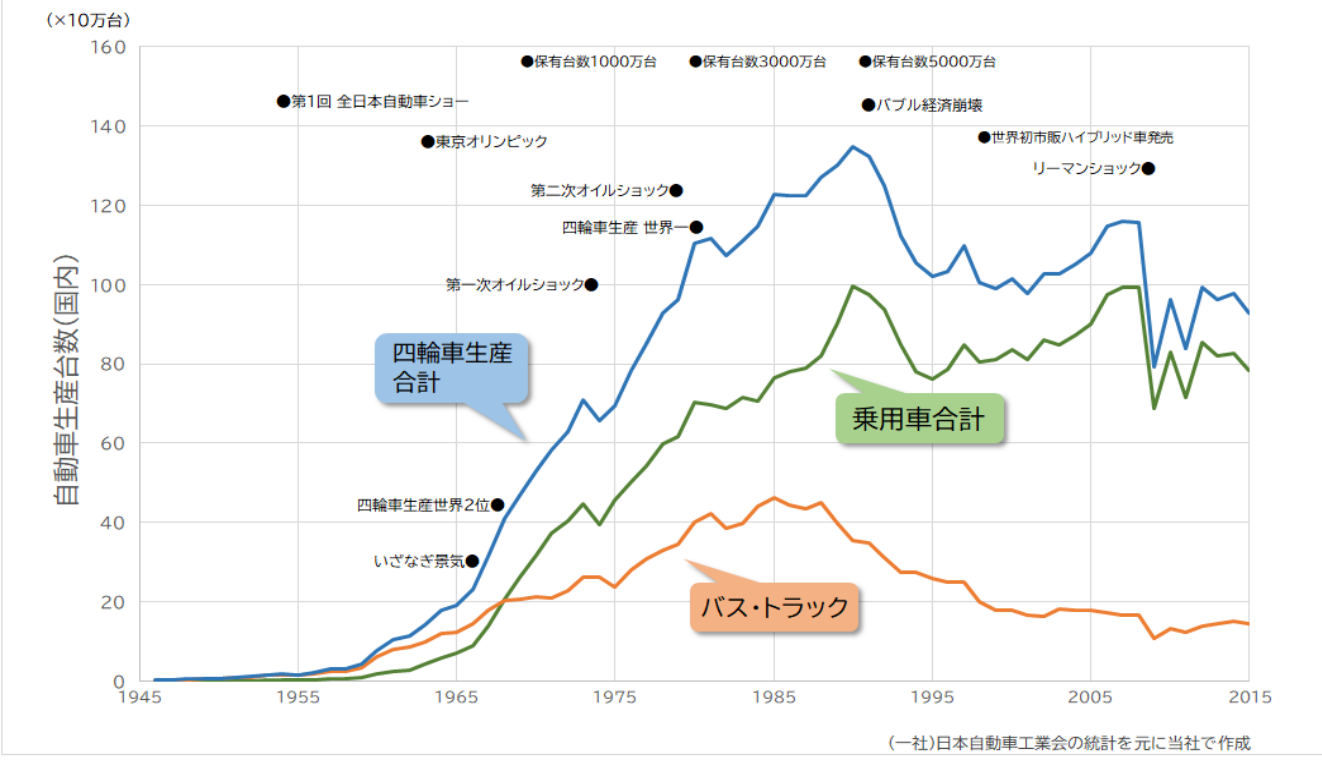
アルミダイカストは主に自動車部品に用いられるため、自動車生産量とは相関関係にあり、生産量は増加傾向にあります。世界的なEV化の流れに伴い、エンジンからモーターへと変わる中で、アルミダイカストの主な生産物は変容こそしてきていますが、依然として高い需要がある状態です。また、近年では、車体のフレームのような超大型部品をダイカストにて鋳造する(ギガキャスト)という事例も出てきています。

アルミダイカストの生産量の推移



出典:「ダイカストって何? DIE CASTING」(一社)日本ダイカスト協会

自動車生産量の推移

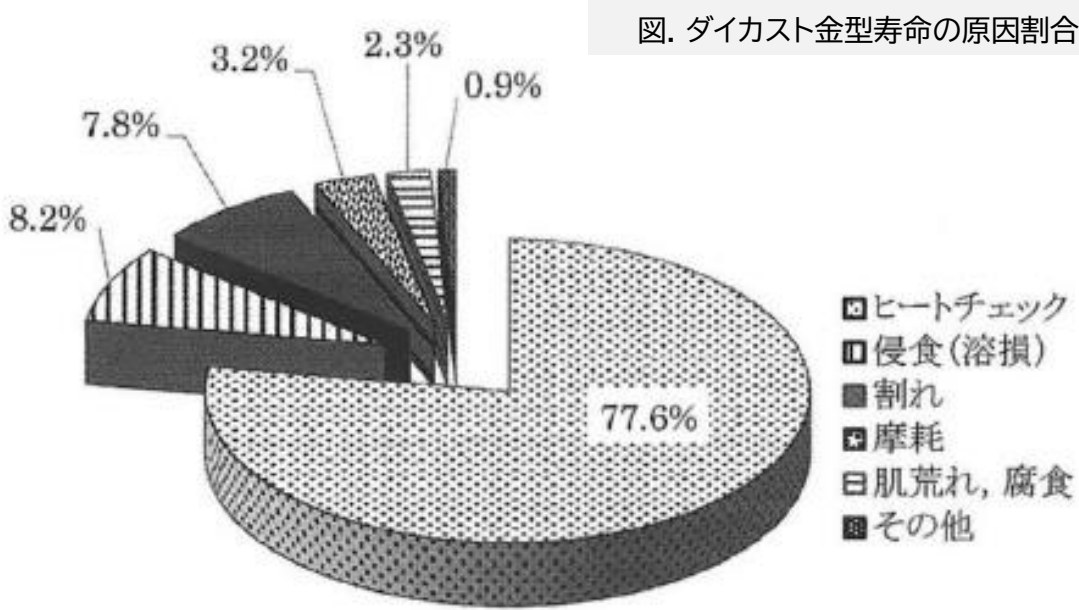


(一社)日本自動車工業会の統計を元に当社で作成

ダイカスト金型の損傷現象8選

ダイカスト金型に発生する金型損傷は原因別に大きく分けると、右図のように分類することができます。

金型寿命の原因はヒートチェックが約8割と最も多く、ついで侵食（溶損）、型割れ、摩耗、肌荒れの順となっています。これらの金型損傷は金型の寿命に影響するだけでなく、ダイカスト製品の品質にも大きな影響を与えることがあります。



出典: 型技術27, 3(2012), 18, 西直美

損傷分類	現象	原因
ヒートチェック	加熱冷却を繰り返し受けるときに 金型表面にできる亀甲状あるいは 直線状の細かいひび割れ。	ダイカストの鑄造過程で金型表面の急激な加熱冷却の繰り返しによって生ずる熱応力により発生する。
型割れ (大割れ)	切欠き部や鋭角部などの応力が集中しやすい場所や、冷却穴内部から発生し、鑄造の比較的初期に発生する大きな割れ。	金型の内部応力が金型強度より大きくなる場合に発生する。応力集中しやすい型形状の場所や冷却穴の設計・加工不良、冷却水の急激な通水で著しい熱応力を生ずる場合や、冷却穴の腐食疲労が起きる場合に発生する。
焼付き	金型キャビティ表面や鑄抜きピンなどに鑄造合金が反応層を伴って化学的に溶着している状態。	熱の収斂や冷却不足により金型表面に過熱部ができ、金型と鑄造合金が反応して合金層が形成されることにより発生する。また、かじり・ヒートチェックなどの部分に鑄造合金が付着した場合にも発生する。
侵食 (溶損)	金型キャビティ表面において、溶湯 が衝突する部分が侵食されて、しだいに減耗する現象をいう。	溶湯が高速でランナー、ゲート、キャビティに衝突することによる機械的な侵食や、伝熱により部分的に過熱 されて化学的に侵食することにより発生する。
かじり	中子を引き抜いたり、金型から製品を押し出したりする際に金型およびダイカスト製品の表面に発生 する引掻き傷。	キャビティ表面の仕上の粗雑、抜勾配の不適當なとりかた、局部的アンダーカット、ヒートチェックなどにより 製品を離型する際の摩擦抵抗が大きくなることで生ずる。また、熱膨張による金型の変形によっても生ずる。
変形	鑄抜きピンや中子の一部が変形することをいう。	焼付きやかじりなどを発生して離型時に大きな応力が 負荷して、鑄抜きピンや中子が塑性変形する場合と、熱膨張による熱変形、型締め力、射出時の力による弾性 変形(塑性変形もある)する場合などがある。
折損	鑄抜きピンや中子の一部が欠損することをいう。	焼付きやかじりなどを発生して、離型時に大きな応力が負荷して、鑄抜きピンや中子が機械的に破損する。
へたり	局所的に高い機械的応力が負荷されて金型が変形したもの。型つぶれともいう。	金型分割面に鑄ばりなどが残ったまま型締めを行った場合、鑄ばりが押しつぶされて金型に局所的に高い応力を発生し変形する。

表.ダイカスト金型に発生する損傷とその原因

ヒートチェックは、比較的微細なクラックが亀甲状に形成され、一部には表面の脱落も観察されます。
ヒートチェックの形態は鑄造温度によって異なり、鑄造温度が低い場合には細かい亀甲状に形成され、クラック深さも浅い場合が多いです。
一方、精密ダイカストや過共晶Al-Si合金などのように鑄造温度が高い場合には、開口部が広く、深いクラックを発生する場合があります。
ヒートチェックは、ダイカストの鑄造過程に発生する温度勾配により、金型表層に引張応力と圧縮応力が交互に作用して発生するとされています。

要因区分	発生要因	対策
金型要因	金型材質 偏析、介在物、耐熱強度、硬さ、靱性、熱膨張係数、熱伝導率 等	・偏析の少ない鋼材の選定・高温強度、靱性に優れた鋼材の選定 ・熱伝導率の高い鋼材の選定・熱膨張係数の低い鋼材の選定
	製品設計 金型設計 金型サイズ、製品の肉厚、製品肉厚の変動、ゲート 位置、冷却穴径・位置 等	・製品肉厚の適正化・ゲート位置、厚さの適正化・キャビティコーナーにRを設置 ・冷却穴の数、位置、大きさを適正化して局所的な過熱を防止
	熱処理 表面処理 硬さ不適切、靱性不足 等	・焼入れ冷却の急冷適用(母材の靱性向上)・拡散層が浅く、白層のない窒化 ・定期的な再窒化(圧縮応力の解放前)・金型表面層の応力除去処理・硬さの適正化
	金型加工 仕上面粗さ、ツールマーク、放電加工溶融層 等	・放電加工溶融層の除去・低電圧放電加工(変質層、マイクロクラックの微少化) ・高速ミーリング加工(放電加工の廃止)・ツールマークの除去 ・圧縮応力の付加(ショットピーニングなど)
操業要因	鑄造条件 鑄造温度、金型温度、冷却 水量、水温、水質、ショット サイクル、金型 予熱温度、鑄造圧力、射出速度 等	・鑄造温度と金型温度の差を減少・冷却水量、温度の適正化 ・離型剤塗布直前の金型温度を315℃以下にする。 ・外冷の廃止と内冷の強化・ショットサイクルの安定化 ・鑄造圧力、射出速度の適正化・金型焼入れ前の試作鑄造の減少
	離型剤塗布 離型剤の種類・量・塗布方 法 等	・離型剤塗布量、塗布時間の適正化・油性離型剤、粉体離型剤の使用

表. ヒートチェックの発生要因と対策

金型の切欠き部や鋭角部などの応力集中しやすい場所や冷却穴内部から発生する大きな割れを”型割れ”と呼びます。
また、鋳造の比較的初期に発生することから早期割れと呼ぶこともあり、比較的小さなクラックであるヒートチェックと区別して”グロスクラック”や”大割れ”などとも呼ぶことがあります。

要因区分	発生要因		対策
金型要因	金型材質	内部組織の均一性、介在物、耐熱 強度、硬さ、靱性、熱膨張係数、熱伝導率 等	・高温強度、靱性の向上 ・熱伝導性の向上 ・熱膨張係数の低下
	製品設計 金型設計	金型構成、金型サイズ、型厚の急変、シャープコーナー 製品肉厚 の変動、冷却穴径・位置 等	・金型分割、形状による応力集中の防止・金型の強度、剛性の確保 ・金型大きさ、厚さの適正化 ・キャビティコーナーにRを設置 ・冷却穴の大きさ、位置の適正化・冷却穴形状(鋭角部をなくしR付け) ・キャビティ表面から冷却穴までの距離の適正化
	熱処理 表面処理	硬さ不適切、靱性不足	・低めの温度(520-540℃)の窒化処理 ・金型表面層の応力除去処理 ・冷却穴部の焼戻し ・硬さの適正化
	金型加工	仕上面粗さ、ツールマーク、放電 加工溶融層、溶接残留応力	・冷却穴加工ツールマーク ・冷却穴加工段差の除去 ・溶接後の残留応力の除去
操業要因	鋳造条件	型締め力	・型締め力の適正化
	離型剤塗布	鋳造温度、冷却水量、水温、水質、ショットサイクル、金型予熱温度 鋳造圧力、射出速度	・鋳造温度を低めに設定 ・水垢の防止 ・ショットサイクルの安定化 ・金型の予熱温度を200-250℃に設定 ・急激な通水を避ける

表. 型割れ(大割れ)の発生要因と対策

焼付きは、金型キャビティ表面や鋳抜きピンなどに鋳造合金が反応層を伴って化学的に溶着している状態のことです。
焼付きは、金型表面の仕上不良、ヒートチェック、金型表面の過熱に伴う離型剤皮膜の生成不良、溶湯による金型表面の酸化膜、離型剤皮膜などの流出などにより鋳造合金が金型に付着しやすい場所が形成されて発生します。
この初期の付着により、金型と付着した鋳造合金との間にAl-Fe-Siなどの金属間化合物が生成(反応層)し、鋳造が進むにつれて合金層の付着と脱落が繰り返され、反応層が成長して焼付きが進行します。

要因区分		発生要因	対策
金型要因	金型材質	金型鋼種の不適、成分の不適、内部組織の不均一、耐熱強度不足、硬さ不足 等	・金型鋼種の適正化 ・金型硬さの適正化(硬めに設定で改善)
	製品設計 金型設計	金型サイズの不適、製品肉厚の不適、ゲート位置の不適、冷却穴径・位置の 不適 等	・製品肉厚の適正化(厚肉、駄肉の回避)・ゲート位置の適正化 ・局部過熱防止のために冷却位置・方法を適正化(肉盗み部の冷却強化) ・中子ボス部、鋳抜きピン内への冷却の実施
	熱処理 表面処理	硬さ不足、表面処理の不適、鋳造合金 の直接的な接触	・金型硬さの適正化 ・窒化、浸硫窒化、セラミックスコーティング、放電被覆処理等の表面処理の実施 ・白層(化合物層)、厚い拡散層の窒化
	金型加工	仕上面粗さの不適、ツールマーク、放電加工溶融層	・金型磨きの実施・ツールマークの除去・放電加工溶融層の除去
操業要因	鋳造合金	鋳造合金成分(Fe, Si, Cu, Mn)の 不適	・鋳造合金成分の適正化(特に、Fe, Mnの量)
	鋳造条件	鋳造温度・金型温度・鋳造圧力・射出 速度の不適、ショットサイクルの不適、冷却水量不足、水温の不適、水質(硬 度、錆)の不適	・鋳造温度の適正化・冷却水量の適正化 ・水垢の堆積防止(軟水化、水垢除去)・外部冷却の使用 ・ショットサイクルの適正化(型温の上昇防止) ・金型温度の適正化・鋳造圧力の適正化・射出速度の適正化(低めに設定で改善)
	離型剤塗布	離型剤の種類・量・塗布方法の不適	・高温付着性のよい離型剤の選択・焼付き防止剤の添加・離型剤塗布量・位置・方法の適正化

表.焼付きの発生要因と対策

侵食（溶損）は、鑄造合金により金型表面が侵食されることで生じる凹の状態をいいます。
型侵食には、溶湯が高速で金型内に充填される際にランナー、ゲート、キャビティに衝突することによって金型が損傷する機械的侵食と、部分的に過熱されて金型が溶湯に侵食されたりすることで発生する化学的侵食があります。

要因区分		発生要因	対策
金型要因	金型材質	金型鋼種、成分、耐熱強度、硬さの不適 等	・金型鋼種の適正化 ・金型硬さの適正化（硬めに設定で改善）
	製品設計 金型設計	金型サイズ、製品の肉厚、肉盗み部の 過熱、ゲート位置、冷却穴径・位置の 不適 等	・製品肉厚の適正化（厚肉、駄肉の回避）・ゲート厚さ、ゲート位置の適正化 ・急激な断面積変化を防止・ランナー、ゲート部、製品部等の溶湯激突部への冷却 設置
	熱処理 表面処理	硬さ不足、鑄造合金との接触	・金型硬さの適正化・窒化、浸硫窒化、セラミックスコーティング、放電被覆 処理 等の表面処理の実施 ・表面に微細な凹凸をつける
操業要因	鑄造条件	鑄造温度、冷却水量、水温、水質、 ショットサイクル、金型温度、鑄造圧力、射出速度 の不適	・鑄造温度の適正化・冷却水量の適正化・水垢の堆積防止（軟水化、水垢除去） ・外部冷却の使用・ショットサイクルの適正化（型温の上昇防止） ・金型温度の適正化・鑄造圧力の適正化・射出速度の適正化（低めに設定で改善） ・スリーブ内凝固の抑制
	鑄造合金	鑄造合金成分（Fe, Si, Mn）の不適 初晶Si	・鑄造合金成分の適正化（特に、Fe, Mnの量） ・鑄造温度の適正化によりスリーブ内での初晶Al、初晶Siの生成を防止
	離型剤塗布	離型剤の種類・量・塗布方法の不適	・高温付着性のよい離型剤の選択 ・離型剤塗布量・位置・方法の適正化

表.侵食（溶損）の発生要因と対策

かじりは、中子を引き抜いたり、金型から製品を離型したりする際に金型およびダイカスト製品の表面に発生する引掻き傷(かじり傷)のことをいいます。かじりの発生は、不適当な抜き勾配や局部的なアンダーカット、摺動部の錆びり、キャビティ表面の仕上の粗雑やヒートチェックなどによる余肉で離型時の摩擦抵抗が大きくなることで生じる場合と、金型の強度不足や不均一な金型温度分布による金型の熱変形などの金型構造・構成に起因する場合があります。

また、離型剤や潤滑剤の不足による摩擦抵抗の増加もかじりの原因となります。

要因区分		発生要因	対策
金型要因	金型材質	金型鋼種、成分、熱膨張係数、硬さの不適 等	・金型鋼種の適正化 ・金型硬さの適正化(硬めに設定で改善)
	製品設計 金型設計	抜き勾配、フィレットコーナーの不足、熱膨張による金型の変形、金型肉厚、ランナー・ゲート位置、冷却穴径・位置、押出板の強度不足押出ピンの位置・数・太さの不適 等	・抜き勾配、フィレットコーナーの適正化 ・金型過熱部の冷却位置、方法を適正化(熱膨張による 型変形を防止) ・金型肉厚の適正化(変形防止)・金型摺動部の冷却の適正化・押出し板の強度の適正化 ・押出しピンの適正化
	熱処理 表面処理	硬さ不足、熱処理歪み	・金型硬さの適正化 ・熱処理歪みの低減
	金型加工	アンダーカット、表面粗度が粗い	・加工仕上の精度向上、磨きの適正化
操業要因	鑄造条件	鑄造温度、冷却水量、水温、水質、ショットサイクル、金型温度、鑄造圧力、射出速度 の不適 等	・鑄造温度の適正化(過熱防止)・冷却水量の適正化(型温度差の現象) ・ショットサイクルの適正化(型温の上昇防止) ・金型温度の適正化(型温度差の減少、離型剤付着効率 向上)・鑄造圧力の適正化(型変形防止) ・射出速度の適正化(低めに設定で改善)
	離型剤塗布	離型剤の種類・量・塗布方法の不適	・離型剤の種類・塗布量・方法・温度等の適正化

表.かじりの発生要因と対策

変形・折損

金型の変形には、型締め力・鑄造圧力による変形や、鑄ばりの噛みこみなどによる機械的応力による変形、熱膨張や熱応力による熱変形などがあります。

ダイカスト工程の1サイクル中には、型締め・溶湯の射出・充填などでダイカスト金型には様々な機械的応力、熱的応力が作用します。これらの応力は、通常は弾性変形範囲であり金型の破損までには至りませんが、鑄ばりの発生、製品肉厚・寸法不良などを引き起こすことがあります。しかし、何らかの原因で突発的に耐力あるいは引張強さを超えるような大きな応力が金型に作用すると、折損や破損が起こります。

対策としては、射出速度・鑄造圧力の適正化、金型剛性の向上、金型内の温度勾配を小さくするために熱伝導率の大きな金型材料の選定、熱膨張係数の小さな材料の選定などがあります。

また、鑄抜きピンや中子の一部に焼付きやかじりが発生して鑄造合金が付着し、かつ高温・高圧に曝されると鑄抜きピンや中子の強度が低下して、型開きや押出し時に高い引張応力や曲げ応力が生じて変形、折損を起こすことがあります。これらの金型の変形や折損は、ダイカストの変形、欠肉などを発生し寸法不良になることがあります。

したがって、焼付きやかじり対策を行うことと、高温にならないように鑄抜きピン、中子を冷却します。

一般に、製品取り出し後の鑄抜きピンなどの温度は270℃以下にすることが望ましいとされています。

へたり

へたりは、局所的に高い機械的応力が負荷されて金型が変形したものを指し、“型つぶれ”とも言います。

繰り返し過大な応力が作用する状況で金型を長期使用していると徐々に塑性変形を起こすことがあります。

例えば、金型分割面に鑄ばりなどが残ったまま型締りを繰り返し行った場合、鑄ばりが押しつぶされて金型に局部的に高い応力を発生し、次第に金型が塑性変形します。この金型分割面の塑性変形は更なる鑄ばりの発生、駄肉等の発生を引き起こします。

へたりの対策は、金型材料を高硬度な材料に変更したり、熱処理を適正にする。また、金型の清掃、取り扱いなどに注意を払う必要があります。

プロテリアルでは、アルミダイカスト技術の多様化に対応した金型材料を、DACシリーズとしてラインアップしています。ダイカスト金型に必要とされる高温強度と靱性を両立できる材料、さらにはヒートチェック対策に効果的な表面処理性に優れた材料を提案できます。

鋼種	用途	特長
DAC-P	一般アルミ・亜鉛合金用金型用鋼	高温強度、靱性のバランスに優れている 被加工性が良く、熱処理歪みも小さい
DAC-i	次世代標準ダイカスト金型用鋼	成分調整とプロセス革新により靱性と高温強度を高めた 次世代のスタンダード鋼
DAC-X	新高性能ダイカスト金型用鋼	成分改良とプロセス革新により従来の高性能材よりも高いレベルでの 高温強度を有し、靱性も兼ね備えた新しい高性能ダイカスト金型用鋼
DAC-MAGIC	高靱性ダイカスト金型用鋼	高温強度、靱性を高次元でバランスさせた高性能金型用鋼 耐ヒートチェック性、耐腐食疲労割れ性、被削性に優れている

※ DAC, DAC-i, DAC-X, DAC-MAGIC は、株式会社プロテリアルの登録商標です。

PROTERIAL

私たちの約束

PROTERIALは、モビリティ、産業インフラ、エレクトロニクス関連分野を中心に、世界トップクラスの高機能材料を提供しています。1910年の創業以来、多様な仲間が集い、知恵と技術が融合、発展を繰り返してきました。

私たちがこだわり続けているのは、すべてにおける質の高さです。お客さまのイノベーションを実現するために、持続可能な社会の実現に貢献するために、技術と製品のみならず、それを生み出すプロセス、人材をも磨き続け、新たな価値を創造していきます。あらゆる活動と誠実に向き合い、社会の信頼と期待に応えることを約束します。

Professionalとしての決意と、Progressiveな意志、Proactiveな姿勢で、私たちにしか生み出せないMATERIALを提供し続ける。

PROTERIALは、明るい未来へ続く道を拓いていきます。

商号	株式会社プロテリアル Proterial, Ltd.
設立	1956年(昭和31年)4月10日
資本金	310百万円 (2023年3月31日現在)
代表者	代表取締役 会長執行役員 兼 社長執行役員 CEO(最高経営責任者) Sean M. Stack(シヨーン・スタック)
社員数	プロテリアルグループ連結 26,496名(2023年3月末現在)
売上収益	プロテリアルグループ連結 11,189億円(2023年3月期)
事業内容	特殊鋼、ロール、自動車鋳物、輸送機器鋳物、 配管機器、磁性材料、パワーエレクトロニクス、電線、 自動車部品の製造と販売
お問い合わせ	東京都江東区豊洲5-6-36 豊洲プライムスクエア Tel:0120-603-303

※ 本資料の記載内容は、予告なく変更することがございます。