

各種試験法によるアルミニウム熱間鍛造用潤滑剤の特性評価

Evaluation of Lubricant Properties for Aluminum Hot Forging Using Various Test Methods

(株)神戸製鋼所(非)*伊藤 義浩、岐阜大学(正)**王 志剛

Yoshihiro Ito*, Wang Zhigang**

*KOBELSTEEL,LTD, **Gifu university

1. 緒言

アルミニウム合金は凝着しやすいためにその熱間鍛造に用いる潤滑剤には材料流動を促進させる低摩擦特性と製品の金型への貼り付きを防ぐ焼付き防止能とが必要とされる。しかし両特性を兼備した潤滑剤は少ないため、各潤滑剤の特性を十分に把握し、それに応じた適用が求められる。一方、潤滑剤の特性を評価する場合、実際の工程と相関がある試験結果が得られにくく、適用の可否判断は現場での試行錯誤に留まり、現象を十分に理解できていない。そこで市販の低摩擦潤滑剤と焼付き防止潤滑剤を対象に、リング圧縮試験とスパイクテストを用いて特性を確認し、しごき試験を活用して挙動を観察したので報告する。

2. 実験方法

2.1. 潤滑剤

供試潤滑剤は低摩擦を標榜した潤滑剤 LF と貼り付き抑制をうたった潤滑剤 AG の 2 種類である。両者ともカルボン酸塩を主成分としたいわゆる白色系潤滑剤で、それぞれ独自の添加成分を含有している。これらの 5~10 倍希釈液を 180℃~200℃に加熱した摩擦試験の金型・工具に噴霧装置を用いて所定の噴霧条件で所定量成膜した。

2.2. 摩擦試験

リング圧縮試験¹⁾とスパイクテスト²⁾、しごき加工タイプの摩擦試験³⁾を実施した。いずれの試験においても被加工材は 6000 系のアルミニウム合金で加熱温度は 550℃である。各試験条件を Table.1 に示す。

2.3. その場観察

しごき加工タイプの摩擦試験で摩擦摺動面の潤滑剤の動きをその場観察した。観察方法や条件は既報と同じである³⁾。しごき加工時の潤滑剤挙動に及ぼす付着量の影響をみた。

試験法	リング圧縮試験	スパイクテスト	しごき試験
被加工材料	6000系アルミニウム合金		
工具・金型材料	熱間ダイス鋼(SKD61, 焼入れ焼戻し処理)		
被加工材料サイズ	φ60×φ30×20mm	φ50×75mm	5×50×10
加工度	60%, 70%圧縮		3.6%しごき
加工速度	30mm/s	100mm/s	5.7mm/s
被加工材料加熱温度	550℃		
金型・工具加熱温度	170℃		
潤滑剤塗布方法	5~10倍希釈液を金型・工具に均一スプレー噴霧塗布		
評価項目	内径減少率	ノックアウト荷重, 最大鍛造荷重	見かけの摩擦係数

Table.1 Friction test conditions

3. 実験結果および考察

3.1. リング圧縮試験

Fig.1 に公称圧下率 60%と 70%のときのリング試験片の内径縮小率をしめす。AG では内径が減少したのに対して LF では拡大した。リング試験片の外径、内径、高さの比が 6:3:2 である小坂田のモノグラム¹⁾によれば AG の摩擦係数はおよそ 0.1 で LF のそれは 0.05 であった。アルミニウム合金が異なる既報⁴⁾における白色潤滑剤と比較しても LF は低摩擦特性であるといえる。リング試験片表面の擦り傷も少なかった。

3.2. スパイクテスト

Fig.2 にスパイクテストにおけるノックアウト荷重の違いを示す。AG では無潤滑時と比較して約 70%, LF では同 85%の荷重であった。軸部の凝着痕の長さが最も短いことと合わせて、AG の金型への耐貼り付き性が優れていることが裏付けられた。

3.3. しごき試験

Fig.3, 4 にしごき距離に伴う摩擦係数の変化に及ぼす潤滑剤付着量の影響を示す。AG (Fig.3), LF (Fig.4) いずれも付着量の増加とともに摩擦係数の上昇が抑制された。試験範囲内で摩擦係数が増加しない付着量は AG では 9.6g/m²と 7.9 g/m²の間に、LF では 11.7g/m²と 6.7 g/m²の間にあった。付着量の試験数が異なるので断定はできないが、潤滑剤 AG のほうが少ない付着量で摩擦係数が増加しないといえる。しかし AG は増加に転じるしごき距離が短いので、付着量の少ない場合材料流動の大きな金型部位で摩擦が増加しやすいといえる。一方、LF では付着量が多すぎる(49.2 g/m²)と摩擦係数が増加に転ずるものの材料流動が小さければ付着量の影響は表れにくいといえよう。

Fig.3, 4 に示した摩擦試験後の各被加工材表面の外観写真では、被加工材の左から右へしごき加工が進むにつれて潤滑剤の残存量が減少していき、色合

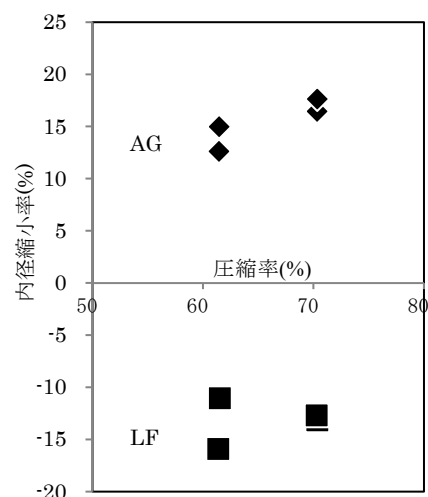


Fig.1 Differences in inner diameter reduction after ring compression testing

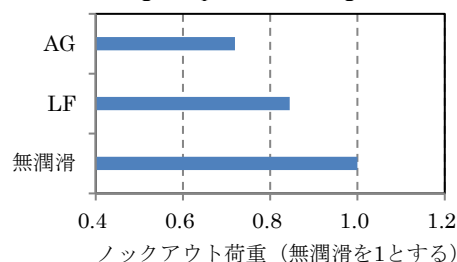


Fig.2 Differences in knockout load in spike testing

いが薄くなる箇所や凝着によってアルミニウムのむしれ傷が発生し、成長する箇所がわかる。これらの変化点と Fig.3, 4 の摩擦係数曲線の増加速度が変化する箇所とがよく対応している。

3.4. その場観察

Fig.5 に AG でしごき加工中の摺動界面を観察した結果を示す。付着量が 2.1g/m^2 の Fig.5 ではダイスと被加工材が接触し、しごき加工を開始するまでに潤滑剤がガス化して流れる様子が視野上部から下部にかけて観察された(A)。

しごき加工の開始後 $0.3\text{s}(1.7\text{mm})$ に接触部先端付近で発泡が観察され、 $0.45\text{s}(2.6\text{mm})$ には微細な泡が連続的に発生してダイスの出口方向に移動した。泡の層が消滅すると被加工材の表面が現れ、すじ状痕が部分的に発生し、増加した。さらにしごき距離が進むと全面で被加工材が接触することで観察面の光沢が強くなったり、ガラスダイスに凝着したり、一部は潤滑剤が再度侵入して凝着物が離れたりすることを繰り返しながらしごき加工が終了した。一方付着重量が 34.8g/m^2 では、被加工材の接触によって潤滑膜形成時の粗面は平滑化したガス化や発泡は観察されなかった。しごき加工後の変化も少なく、すじ状痕の発生と拡大に留まり、厚膜状の潤滑膜の部分的断裂や移動に伴う被加工材の強い光沢が認められたがガラスダイスへの凝着はほとんど生じなかった。摩擦係数が若干増加傾向にあるときは、観察視野以外で潤滑膜が介在していたために全体として安定した摩擦係数の変化を示したと思われる。潤滑膜の被加工材接触面では被加工材の熱によって Fig.5 の発泡が生じているはずであるが、ダイス側の潤滑剤観察面までその変化は及んでいないと考えられる。付着量の増加は熱による潤滑剤の変化を遅らせることで潤滑効果を継続させる意味がある。一方、LF においては、付着量が少ない場合にも発泡は生じず、小規模な凝着前線の形成と潤滑剤の侵入による修復が繰り返された。両者の観察結果の違いが摩擦係数の増加傾向の違いに反映したと思われる。

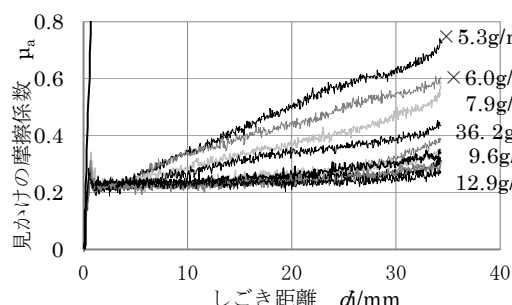


Fig.3 Variation in apparent coefficient of friction due to adhesion amount (AG)

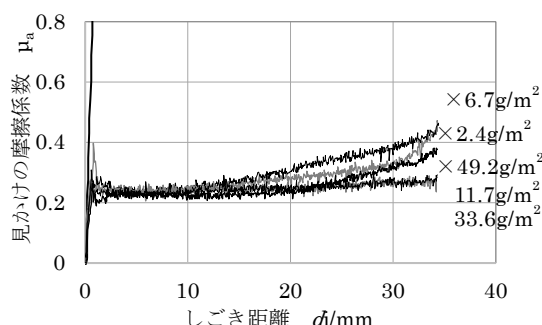


Fig.4 Variation in apparent coefficient of friction due to adhesion amount (LF)

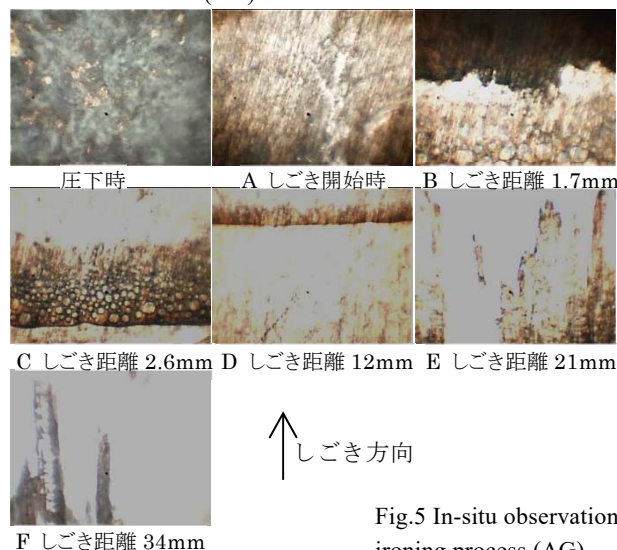
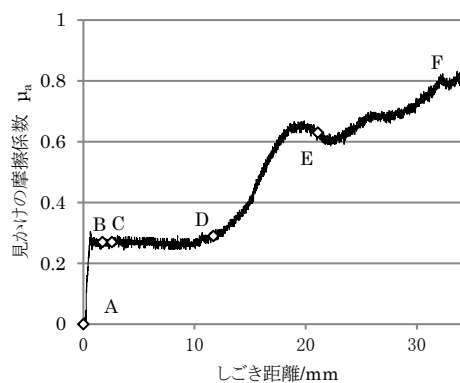


Fig.5 In-situ observation results of the sliding interface during ironing process (AG)



4. 結言

低摩擦潤滑剤と焼付き防止潤滑剤のトライボ特性評価を 6000 系アルミニウム合金の 550°C 加熱材で実施した結果以下の結論を得た。1. リング圧縮試験とスパイクテストによってそれぞれの特徴が確認できた。2. しごき試験では摩擦係数に及ぼす付着量の影響について両者の違いが明らかになった。摩擦摺動面の観察によればその違いはしごき加工に伴う発泡の有無によるものと思われる。添加剤の違いによって潤滑効果が異なるようである。今後検証していく。

参考文献

- 1) 小坂田ほか：昭 59 春塑加講論(1984),445.2) 迫田ほか：電気製鋼,66-3(1995)160.3) 土屋ほか：平 29 春塑加講論(2016),303.4) 坂井ほか：65 塑加連講論(2014),279.