離型剤フリー高品質ガラス成形用金型の開発

谷口 裕一^{*1)} 遠藤 道雄^{*2)}
有方 勇夫^{*3)} 赤藤 広治^{*4)}

1. 緒 言

環境問題の一環としてリサイクル化が検討されリターナブル容器として歴史のあるガラスびんが注目されている。環境問題の先進国である欧州では、デンマークのように飲料容器はすべてガラスびんという国もある。これに対応して日本のガラスびんメーカーも、小型化、軽量化を検討しているが、金型に塗布する離型剤が技術発展の障害原因のひとつになっている。ガラスびんは図1に示すように、熔融ガラスを金型に挿入し、ブロー成形により製造されるが、この工程でのガラスと金型との焼き付き防止、すべり性改善のため、離型剤が塗布される。しかし、この離型剤はガラス表面に付着することによる歩留低下やガラス肉厚の不均一化、油分発煙等の環境悪化を招いている。業界では、無塗布化のため、メッキや溶射により皮膜を形成したもの、ガラスと反応しにくい耐熱合金を使用したもの等を検討してきたがいずれも成功していない。塗布のための操業中断なども金型温度安定化の大きな障害になっており、無塗布化は業界の永年の夢であった。

2. 開発の経緯

無塗布操業を可能にするには、ガラスのNaアタックによる金型の表面の荒れと物理的衝撃による金型損耗を克服する必要がある。また、要求される熱伝導率に対応できる合金設計ができること、機械加工性が良好なことなどが挙げられる。

* 新日本製鐵株式会社
先端技術研究所；1)主任研究員 2)研究員
機械・プラント事業部；3)掛長 4)一般
Development of No-Swabbing Mold for Glass-Forming;
Hirokazu Taniguchi, Michio Endo, Iisao Arikata, Koji Akafuji
(Nippon Steel Corporation)
1995年1月26日受理

図1 ガラスびん成形模式図。

Naアタックを防止し、耐摩耗性を向上するには、金型表面にセラミックス等の硬質層を形成すればいいことが考えられる。しかし、溶射やメッキにより後から付着させる方法では接合強度が不足する上、寿命に限界がある。著者らは、セラミックス皮膜を自己生成する金属を検討した結果、新商品であるCAF合金(Fe-Cu-Al系合金)による無塗布金型を開発した。

3. CAF合金の概要

CAF合金は、Fe-Cu-Alをベースとする金属で、当研究所において強度と電気伝導度、熱伝導度を合わせ持った材料を開発する目的で取り組んできた合金である。構成成分のAlは高温で拡散し、表面でアルミナとなって緻密な皮膜を形成する。このため、耐高温酸化性にすぐれ、1000℃大気雰囲気においても質量変化がほとんどない。金型ではこの表面のアルミナがNaアタックや摩耗から母材を防護する働きをする。また、金型ではそれぞれの熱伝導率に対応した合金設計をする必要があるが、CAF合金では、鉄と銅の組成比を変えることにより要求熱伝導率に対応できるようにした。その

表1 金型材料用 CAF 合金成分.

	Fe	Cu	Al	Cr	Ni
mass%	18-61	20-50	2-10	6-13	1-26

表2 CAF 合金特性値.

	硬度 Hv	熱膨張率	熱伝導率
物性値	130-310	$13.5-15.8 \times 10^{-6}/\text{deg}$	$17-62 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{k})$

成分と特性値を表1, 表2に示す.

組織の特徴

Fe と Cu は, 相互に固溶度がなく, CAF 合金の組織は図2に示すように2相合金となる. Al, Ni は, 両相にほとんど同濃度に固溶するが, Cr は鉄相に固溶する. 低 Ni 濃度では両相の界面は非常に鮮明であるが, Ni が増すに従って不明瞭になるとともに NiAl 系金属間化合物を形成するようになる. CAF 合金は低 Ni 濃度では非常に光沢のある金色を呈する. CAF 合金板材の外観写真を図3に示す.

図2 AS-CAST 断面組織.

図3 CAF 合金板材写真.

(1) 高温硬度

ガラス成形用金型の必要条件として作業温度での高硬度が望まれる. 図4に各温度における本合金と従来材である鑄鉄の硬度比較を示した. 室温での硬度は鑄鉄の1.5倍程度であ

図4 CAF 合金高温硬度.

図5 AES による各元素分布.

るが, 中温度域でも硬度の低下は緩やかで, このため, 600°Cでは, 鑄鉄に比較して2倍以上の硬度を示す. 特に金型合わせ面や摺動面は摩耗が激しい部分であり, この温度域での硬度の差は寿命に大きく影響を与える.

(2) 皮膜特性

皮膜は、700°C以上の大気中で形成されはじめ、その構造はアルミナ系であるが、低温では、 β アルミナや η アルミナが形成され、900°C以上の保持で α アルミナが形成される。熱処理後の試料において鉄相と銅相それぞれの表面からのオージェ電子解析による濃度プロファイルを図5に示す。各相共ほぼ同じ膜厚の酸化皮膜が形成されており、両相で耐高温酸化性を保持しているものと考えられる。この皮膜は安定で1000°C-100 h 大気雰囲気保持後においても厚さは0.3 μm 程度であり、色調についても初期の金色がくすんだ程度の変化しかない。

4. CAF 金型の使用実績

(1) 無塗布操業状況

従来ガラスびん製造過程では、10数分おきに離型剤を塗

図6 製品びん比較写真。
左：CAF 合金使用、右：従来製品。

図7 使用後金型断面比較。
左：CAF 合金、右：鑄鉄(FC20)。

布しているが、塗布直後は塗膜が不安定で製品採りができない上に、塗布時には成形を停止するため、金型温度が急激に低下し、温度が安定するまでの間不安定状況が続く。CAF 合金使用では、塗布を全く必要とせず、温度が一定となり、上記問題が発生しない。このため製品歩留も大きく改善された。ガラスびん表面性状は、従来法では離型剤の塗りムラが転写されるため粗面であるが、本金型使用では、無塗布のため表面性状が飛躍的に改善された。この比較を図6に示す。また、びんに付けられる各製造記号やバーコードも鮮明である。

(2) 損耗状態

従来鑄鉄金型の使用後の断面を図7に示す。表面が非常に荒れており、再研磨しないと使用できない状況である。荒れた部分では、Na が検出された。一方、CAF 合金では数日の連続使用後でも全く損傷がなく、安定した表面を保持している。

5. CAF 合金その他の特性

以上ガラスびん金型について概略を述べたが、その他の特性としては、電気伝導度6~13% IACS(*), 引張強度700~1200 MPa, 伸び2~20%, 等であり、組成により非常に広範囲な材料が設計できる。加工性も良好で低Ni成分では、図3に示したような板材への加工にとどまらず、箔加工、伸線加工も可能であり、各分野への対応が可能と考えられる。

6. ま と め

ガラスびん成形時の離型剤無塗布化を可能にし、高品質の製品を成形できる新しい合金であるCAF 合金を開発した。本技術の特徴はNa アタックおよび損耗を抑制するためアルミナ皮膜を自己生成する合金成分としたこと、金型設計に重要な熱伝導度を広範囲に選択できる成分系としたことである。今後この分野での適用品種拡大を図るとともに、他分野への展開を検討していく予定である。

7. 特 許

CAF 合金基本成分特許など31件。

(*)IACS ; 純銅の導電率を100%とした指標