

(技術資料)

射出成形機シリンダ用高耐食・超耐摩耗性ライニング合金

A New Lining Alloy with Ultra-high Wear and High Corrosion Resistance for Injection Mold Cylinders



藤網宣之*
Nobuyuki Fujitsuna



南出俊幸**
Toshiyuki Minamide



保元康彦**
Yasuhiko Yasumoto



羽田晋介**
Shinsuke Hada

In order to extend the life of injection mold cylinders, the development of new lining alloys with both high wear resistance and high corrosion resistance are necessary. Kobe Steel developed a new lining alloy with hardness of HRC 70 for this purpose. The corrosion resistance of the new alloy is equivalent to existing alloys. This lining alloy will significantly extend the life of injection mold cylinders.

まえばき = エンジニアリングプラスチック (以下、エンブラと略す) は、OA 機器、家電、精密機械、自動車など様々な分野で使用され、用途は拡大し続けている。それにともない、エンブラに求められる特性も多岐にわたり、ガラス繊維などの強化材や炭酸カルシウムなどの増量剤が添加される場合が多く、耐熱性向上のため充填剤が 40% 以上添加されたものや、強化材が 50% 以上添加されたものなどが使用されている。

このようなプラスチックを成形する場合、強化材による摩耗、樹脂溶融時に分解生成した腐食性ガスによる腐食が同時に起こり、シリンダの損耗が従来と比較して激しくなっている。

当社では、これまでに種々の Ni 基ライニング用合金を開発し、提供している^{1)~3)}。昨今のエンブラの進歩に対応するため、当社最高級グレードの位置付けとなる C900

(Ni-Cr-Mo 合金 + セラミクス分散) をベースに、更なる高性能化を検討し、新合金を開発した。

本稿では、新たに開発した新合金の考え方および基本的特性を紹介する。

1. シリンダの損耗形態

シリンダの代表的な摩耗形態を図 1 に示す。ホッパー周辺と、先端のチェックリングとの摺動部で摩耗が顕著に起こる。腐食性の強い環境下では、計量部、圧縮部でも腐食による損耗が起こることが確認されている³⁾。

顕著な摩耗が起こるホッパー周辺部の摩耗は、ガラス繊維などの強化材による単純摩耗が主要因であり、図 2 に示すように、高硬度化により摩耗量低減が可能になると推察される。そこで、硬度の目標値を HRC68 ~ 70 に設定し、合金開発を行った。

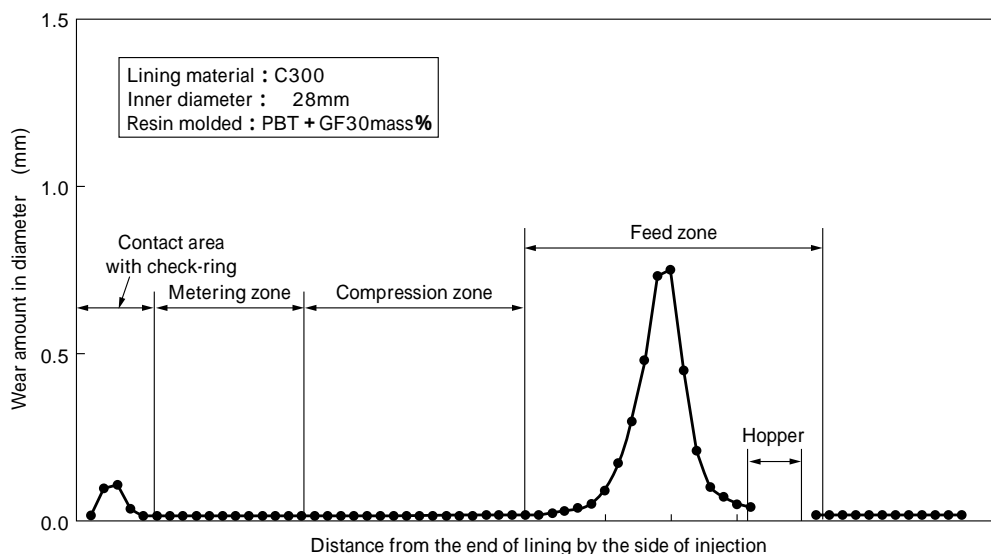


図 1 シリンダの内径摩耗プロファイル
Fig. 1 Wear profile on the inner diameter of cylinder

*鉄鋼部門 鋳鍛鋼事業部 技術部 **鉄鋼部門 鋳鍛鋼事業部 粉末製品センター

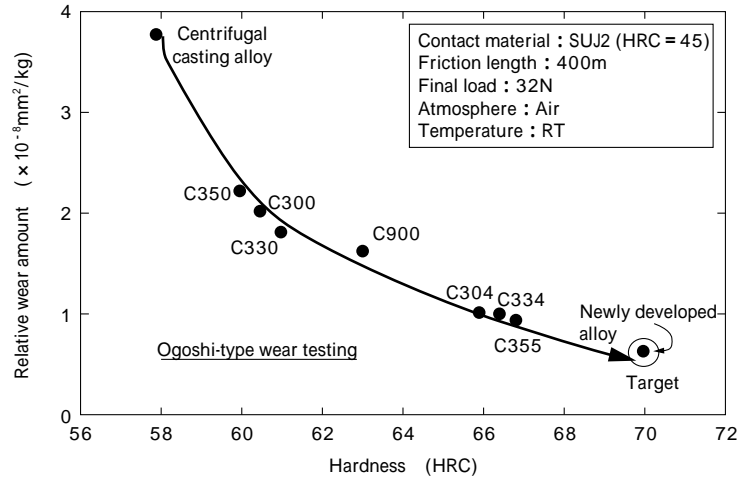


図2 ライニング合金硬さと摩耗量の関係
Fig. 2 Relation between hardness of lining alloy and wear amount

2. 高硬度化のための材料設計

当社では、高耐食・高耐摩耗性を有する C900 (Ni-Cr-Mo 合金 + セラミクス分散) を既に開発し、好評を得ている。この C900 をベース合金として、高硬度化を実現することにより、C900 の保有する高耐食性を維持したまま、耐摩耗性の改善が可能と推察した。そこで、Ni と性質が近似し、相互の固溶限が大きく、Ni 基合金の高温強度改善に大きく寄与する Co に着目した。

検証試験は、C900 の Ni を 20 ~ 80% Co 置換した合金を非消耗電極式プラズマアーク溶解で溶製し、ミクロ組織と硬度を調査した。

図 3 に、Co 置換率 (Co/(Co+Ni)) が 0 (C900 相当成分) と 0.8 の場合の組織を示す。エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) によると、C900 の Ni を Co と置換しても、すべての試料において晶析物は Ni, Co, Cr を含むモリブデンほう化物であり、変化は認められなかった。

Ni を Co に置換した場合の硬度変化を図 4 に示す。Ni を Co で置換し、Co 置換率が高くなるほど硬度が上昇し、Co 置換率が 0.8 で急激に硬度が高くなることが確認され

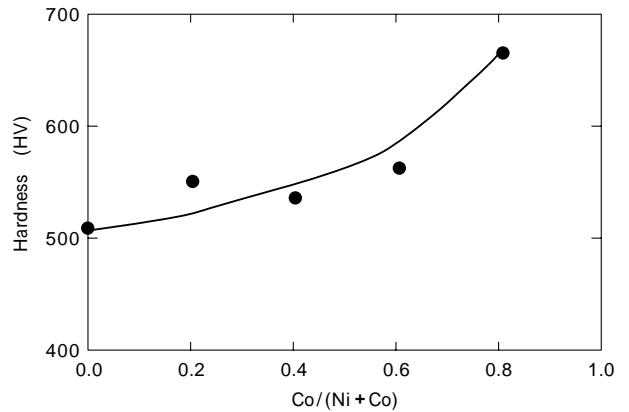


図4 硬さに及ぼす Co 添加量の影響
Fig. 4 Influence of Co addition on hardness

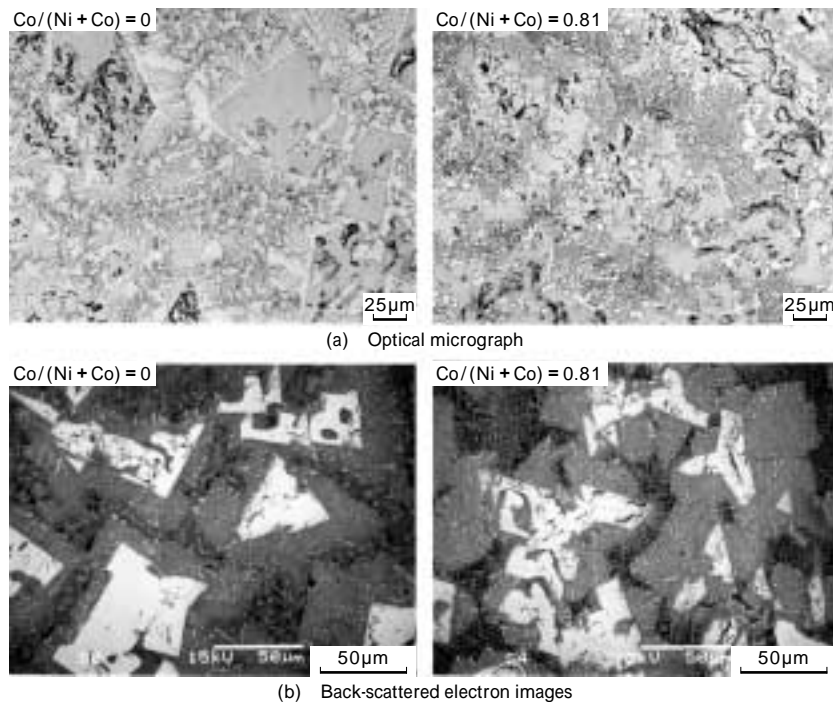


図3 ライニング合金鋳物のミクロ組織
Fig. 3 Microstructure of cast lining alloy

た。Co 置換率が 0.6 までの硬化は、Co 添加による固溶体硬化あるいは微細ほう化物析出量の変化によるものと推察される。一方、Co 置換率 0.8 における急激な硬化は、Ni-Co 二元系状態図から、Co 置換率が 0.8 を超えると面心立方構造（相）から、すべり系の少ない稠密六方構造（相）に変化することが関係していると推察される。

上記結果より、C900 の Ni を Co に置換することにより、高硬度化可能であることが明らかとなった。

3. シリンダ特性評価

鑄造材を用いた合金成分の検討結果をもとに、顕著な高硬度化が達成される Co 置換率 0.8 以上の Co 合金粉末を製造し、実機と同様のプロセスにより固化成形体を製造し、特性を評価した。

3.1 ミクロ組織と力学的特性

ベースとなる C900 と Co 置換率 100% の HIP 固化成形後のミクロ組織を、図 5 に示す。図より、試験材と同様に、粉末固化成形材においても Ni を Co に置換しても析

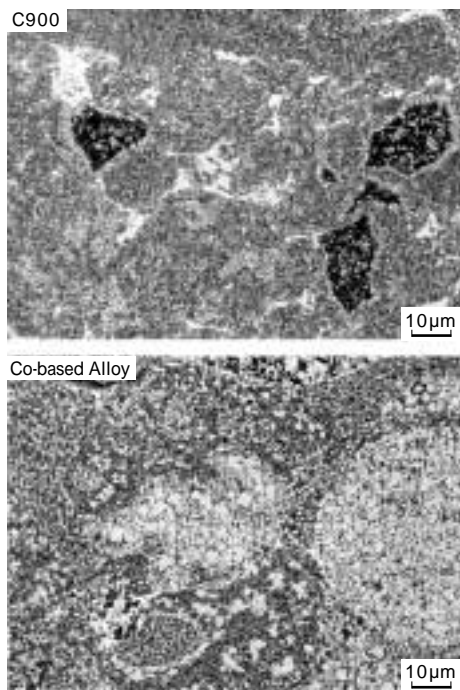


図 5 C900 および Co 置換 C900 のミクロ組織
Fig. 5 Microstructure of C900 and Co-substituted C900

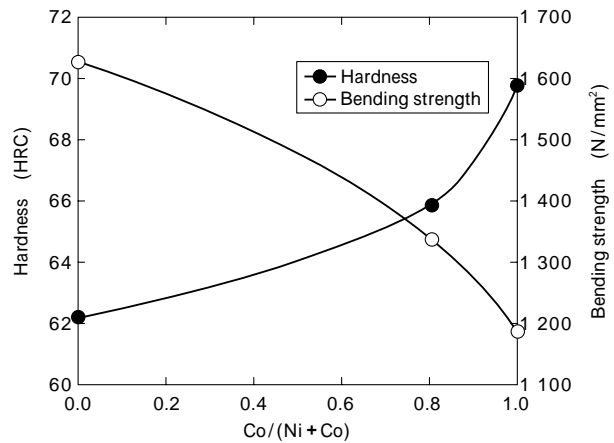


図 6 Co 添加の HIP ライニング材硬度および抗折力に及ぼす影響
Fig. 6 Influence of Co-addition on hardness and bending strength of HIPed lining alloy

出物に変化がないことが確認され、両材ともに、Ni あるいは Co と Cr が固溶したモリブデンほう化物であった。

硬度と抗折力の評価結果を図 6 に示す。ここで、本ライニング合金は多量のほう化物で硬化された材料であり、一般の鋼材や合金と比較すると靱性が低い。そこで、粉末ハイスや超硬合金と同様に、抗折力で靱性の評価を実施した。抗折力が高いほど高靱性であるといえる。

硬度は、C900 基本合金の HRC = 62.5 から、Co 置換率 0.8 で HRC = 66、100% Co 置換で HRC = 70 と高硬度化し、Co 基合金とすることにより目標硬度が達成された。また、高硬度化とともに耐摩耗性も改善され、図 2 に示すように、100% Co 置換合金の比摩耗量は 0.6×10^{-8} mm²/kg であり、ほかの既存合金よりも優れた耐摩耗性を有することが確認された。

一方、材料の靱性を表す抗折力は、Co 置換率とともに低下するが、実用レベルは確保されている。

3.2 腐食特性

3.2.1 樹脂から分解生成するガス成分

成形加工温度と樹脂の分解開始温度に近い PPS のようなエンブラでは、成形時に分解生成物が生じる。多くの樹脂には難燃剤や熱安定剤などの添加物が含まれ、それらから NO_x、SO_x、HF などの熱分解ガスが発生する。代表的樹脂から分解生成するガス成分を分析した結果を表 1 に示す。

表 1 樹脂加熱時に発生するガスの分析結果
Table 1 Analytical results of gases formed by polymer melting

	Heating temperature (°C)	Amount of formed gas (µg/g)						Remarks
		F ⁻	Cl ⁻	NH ₃	H ₂ S	SO ₂	Others	
ABS	245	25	40	-	-	-	-	Heat resistance
PA66	265	48	58	159	-	-	-	Hard to burn
PA6T	330	-	130	680	-	-	SO ₄ : 1, Br ⁻ : 1 400, HCl: 48	Hard to burn GF reinforcement
PBT	250	43	41	2	-	-	-	Reinforcement Hard to burn
PPS	330	11	30	7	-	-	-	For electronics Low warp
PPS	330	-	55	5	-	9	SO ₄ : 28, HCN: 9	For electronics
PSF	330	32	138	-	171	-	SO ₄ : 280, HCl: 98	GF reinforcement
LCP	320	5	9	1	-	-	HCl: 4	Dimension stability

:Detection of an ultra small amount (5 ppm or less)

表2 代表的ライニング合金の腐食特性
Table 2 Corrosion properties of typical lining alloy

Alloy	20% HCl	5% HF	15% H ₂ SO ₄	7% HBr	6% HNO ₃
Co-based C900	2.2	1.5	0.13	0.97	0.03
C900	1	1	1	1	1
C300	6.4	1.6	6.1	0.87	18

3.2.2 腐食試験結果

表1に示すガス成分の中で、ライニング合金の腐食に強く影響すると考えられるHCl, HF, H₂SO₄, HBr, HNO₃について、腐食試験を実施した。試験は、基本合金のC900, Co置換合金に加えて、比較のため、当社の汎用グレード品であるC300についても合わせて実施した。

試験結果を表2に示す。表2は、各合金の腐食減量を基本合金であるC900の腐食減量で規格化した値で示しており、値が小さいほど耐食性が優れている。

Co置換合金の耐食性は、基本合金のC900と比較し、HCl, HFについてはやや低下しているが、当社汎用グレード品であるC300よりも良好な耐食性を有しており、実用上問題ないと考えられる。

一方、HBrに対してはほぼ同等であり、H₂SO₄, HNO₃に対しては著しく優れた特性を示している。

上記の結果より、新合金は十分な耐食性を有していることが確認された。

むすび = HIP複合シリンダの寿命改善を目的とし、耐摩耗性に優れたライニング用合金として、HRC70クラスの新合金を開発した。

耐摩耗性と同時に、シリンダ・ライニング材に要求される耐食性についても、高耐食性を有するNi基合金(C900)と遜色のない特性を有していることが確認された。

新合金の採用により、多量のガラス繊維などの強化材を含有する樹脂の成形において、シリンダの長寿命化が期待される。

参考文献

- 1) 梅田孝一ほか：素形材, Vol.32, No.5 (1991) p.7.
- 2) 梅田孝一ほか：プラスチックエージ, Vol.38, No.9 (1992).
- 3) 羽田晋介ほか：成形加工, Vol.14, No.2 (2002) p.81.