

プレス金型用コーティング皮膜の複合処理における界面解析

Analysis of interfacial property on multiple coating treatments for press forming dies

西野 創一郎¹⁾ 井上 薫¹⁾ 武田 全康²⁾

Soichiro NISINO Kaoru INOUE Masayasu TAKEDA

¹⁾茨城大学大学院 ²⁾原子力機構

(要約 2 ~ 3 行)

コーティング処理法である高温処理の CVD 処理の TiC 皮膜, TRD 処理の VC 皮膜, 低温処理の PVD 処理の TiC 皮膜の反射ビーム幅, コーティング皮膜の散乱長密度, 皮膜の膜厚などを検討した。

キーワード: コーティング皮膜, CVD 処理, TRD 処理, PVD 処理, 反射強度, 散乱長密度

1. 目的

自動車車体には軽量化と衝突安全性のため高張力鋼板が適用している。高張力鋼板をプレス成形する際、金型には大きな負荷がかかる。この負荷は高面圧が発生しやすいしごき部などにさらに大きな負荷がかかるので金型損傷の懸念がされている。このために金型にはコーティング処理が施されている。また、プレス成形時に金型に局所的な高面圧が発生して焼付きやかじりの不具合が発生してしまう。これらの問題を解決するために金型にコーティング処理が施されている。コーティング処理には高温処理と低温処理があり、現場では高温処理の皮膜が良いと言われているが、プレス成形の条件や成形品の形状で金型が変わってしまい、コーティング処理や皮膜の耐久性の統一的な報告がない。

かかる観点から金型用コーティング皮膜を高面圧負荷と摺動負荷に分けて、負荷を再現できる実験金型を製作して様々な膜種の実験を行い検討した。金型に一般的に用いられている CVD 処理の TiC 皮膜と TRD 処理の VC 皮膜を検討して、皮膜の摺動損傷の観察や損傷部を微小蛍光 X 線で定量的に検討して、皮膜と摩擦係数の追従性を明らかにした。今までの研究で高面圧と摺動損傷は光学顕微鏡などのマイクロレベルでの損傷は明らかにしたが、原子レベルでの実験は行っていない。また、中性子を用いてコーティング皮膜の統一的な報告がない。

私達は中性子反射率計 (SUIREN) を使用して、ピークプロファイルで得られるビーム幅や反射強度、散乱長密度を求めてコーティング皮膜の損傷を定量的に評価する事を試みた。

2. 方法

供試材には、プレス金型材に一般的に用いられている SKD11 材を使用した。その表面にコーティング処理を施した。施した処理法は高温処理である CVD 処理の TiC 皮膜, TRD 処理の VC 皮膜, 低温処理である PVD 処理の TiC 皮膜である。表 1 に皮膜の特性を示す。

Table1 Base metal and coatings for slide test

Base Metal	SKD11		
	Method	TD	PVD
Coating	TiC	VC	TiC
Thickness(μm)	14	9	3
Surface Roughness(Ra)	0.120	0.087	0.031
Elastic Modulus(GPa)	357	347	343
Base Metal Hardness(Hv)	740	730	680
Coating Hardness(Hv)	3071	2071	2090

3. 研究成果

中性子を試料に当てて反射した中性子を検出器が得たビーム幅が試料により、ビーム幅が異なる事が判明した。CVD 処理の TiC 皮膜は 4.74 mm，TRD 処理の VC 皮膜は 4.198 mm，PVD 処理の TiC 皮膜は 4.311 mm となった。下図にそれぞれのピークプロファイルを示す。

図 1 に CVD 処理の TiC 皮膜，図 2 に TRD 処理の VC 皮膜，図 3 に PVD 処理の TiC 皮膜を示す。

試料の反射ビーム幅より高処理である CVD 処理と TRD 処理ではピークプロファイルが広がっている。PVD 処理の TiC 皮膜は高温処理よりピークプロファイルが小さく，TRD 処理の VC 皮膜より小さいのでより理想的なピークファイルが得られた。反射ビーム幅が異なった理由として試料表面にあたっている入射ビームが表面が粗いので反射ビームが変化している。又は入射ビームが試料の上下に散乱している。測定しているコーティング皮膜が入射ビームを吸収しているなどの可能性が考えられる。

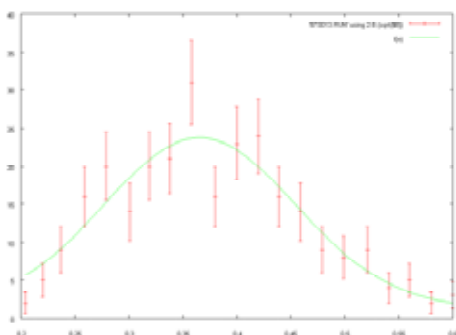


図 1 CVD-TiC

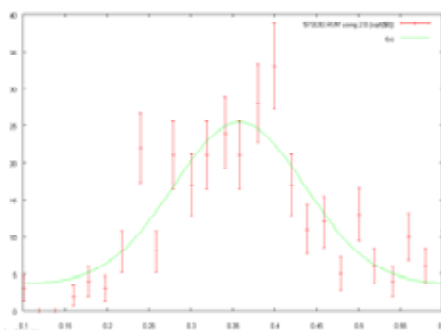


図 2 TRD-VC

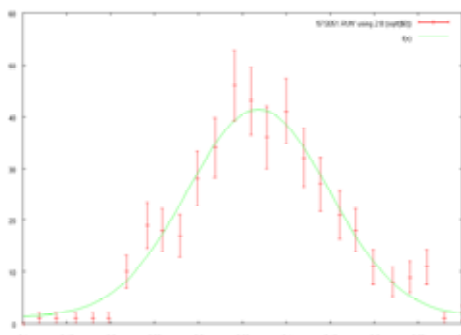
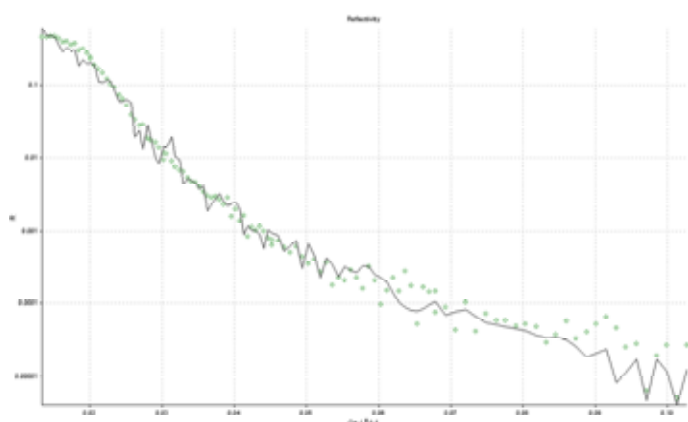
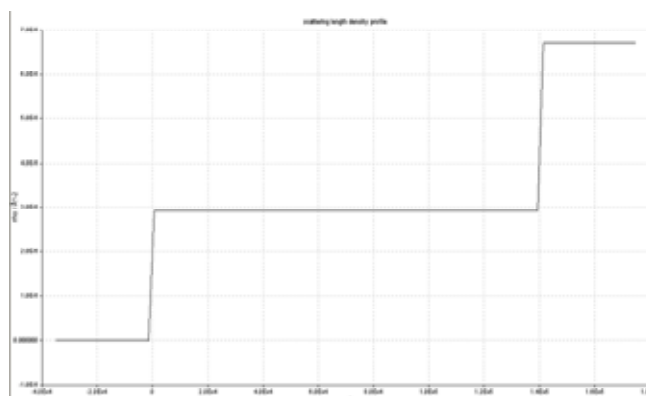


図 3 PVD-TiC

図 4 の (a) と (b) に反射率強度と膜厚の結果を示す。反射率の測定結果は，CVD 処理の TiC 皮膜では，解析した線は実験値と異なり，途中で徐々に下降しているのが皮膜の吸収もしくは中性子が散乱していると考えられる。また途中で鉄の臨界角度 0.359 (deg) が確認できた。図 5 の (a) と (b) に TRD 処理の VC 皮膜の結果を示す。反射率強度を解析した結果，こちらは途中で一度落ちてまた上昇する特異な現象が出た。これも CVD 処理の TiC 皮膜と同様に吸収もしくは中性子の散乱が考えられる。鉄の臨界角度で解析の線が落ちており，違った結果が得られた。図 6 の (a) と (b) に PVD 処理の TiC 皮膜の結果を示す。PVD 処理では鉄の臨界角度が確認できなかった。また，CVD 処理と TRD 処理と違い，鉄の臨界角度の後は滑らかな線で減少していった。



(a) 反射率強度



(b) 膜厚

図 4 CVD 処理の TiC 皮膜

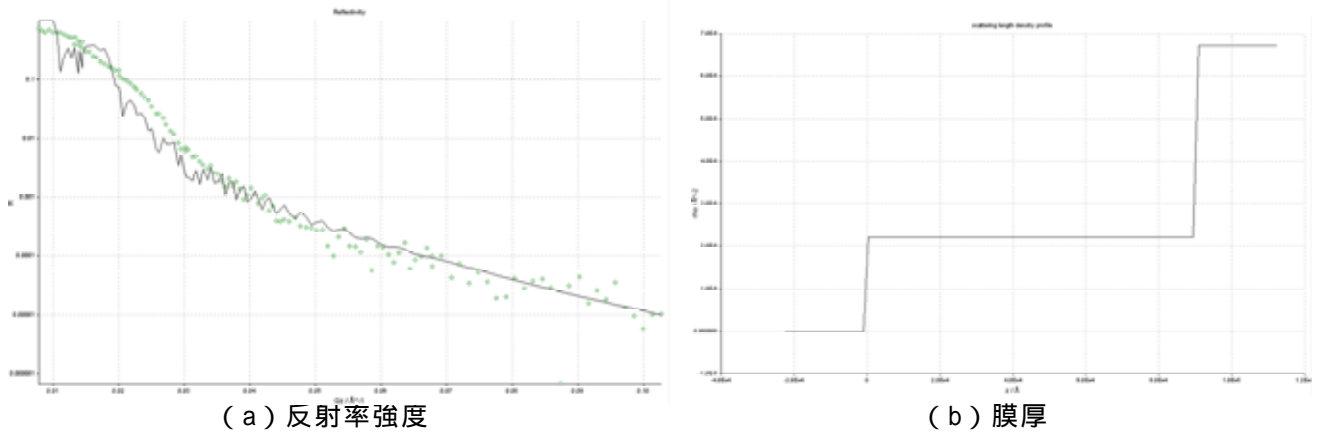


図 5 TRD 処理の VC 皮膜

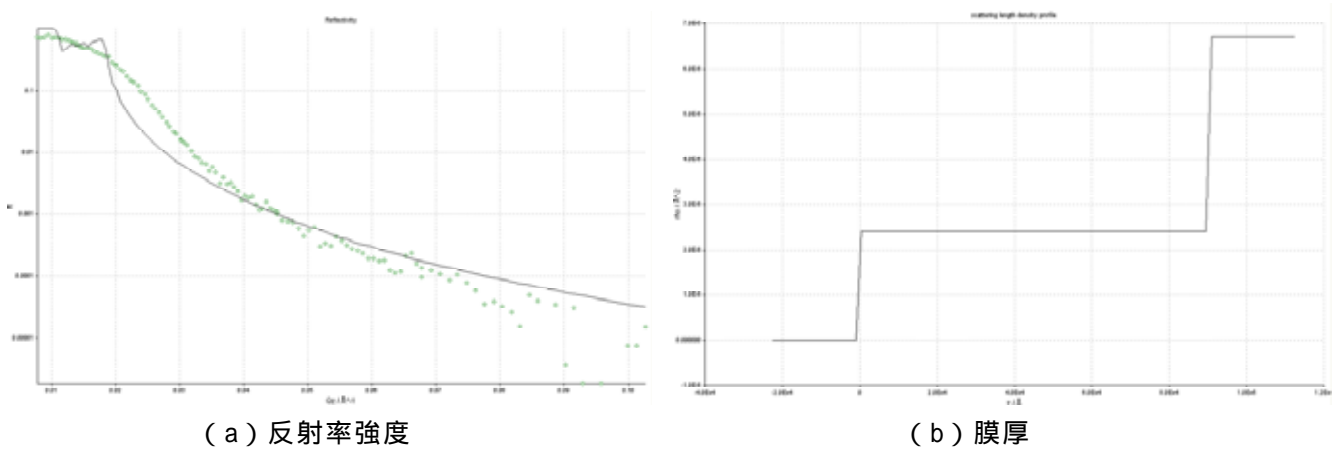


図 6 PVD 処理の TiC 皮膜

4. 結論・考察

(1) 各皮膜の反射ビーム幅は異なり、高温処理である CVD 処理と TRD 処理は幅が広く、低温処理の PVD 処理はビーム幅が狭かった。これは、入射ビームが試料の上下に散乱しているか、皮膜が入射ビームを吸収している可能性がある。

(2) 反射率強度の測定結果は、高温処理では鉄の臨界角度 0.359 (deg) が確認できたが、低温処理では確認できなかった。また、途中で反射率強度が落ちているのは、皮膜の吸収もしくは中性子の散乱、反射ビームを正確に拾えなかった事が考えられる。