

ゴルフクラブフェース用，高剛性チタン合金「SP-700HM」

High-Rigid Titanium Alloy “SP-700HM” for Golf Club Face Use

1. はじめに

JFE スチールが1990年に開発した高強度・高加工性チタン合金「SP-700」¹⁻³⁾は、汎用チタン合金であるTi-6Al-4Vと比べ、優れた超塑性成形性(図1)、疲労強度(図2)から航空機の機体部品や自動車用高性能エンジン部品に用いられている。さらに、昨今のチタン製ゴルフクラブブームでは、フェース材料として最適な軽量・低ヤング率・高耐久性という特性を兼ね備えていることから、代表的材料として認められ、広く用いられてきた。

しかしながら、ルール改正によりフェースのスプリング効果(spring-like effect)を利用したゴルフクラブが規制されるようになり、ドライバークラブのフェース材料には、軽量かつ高剛性であることが求められようになった。このような材料を用いることで、反発係数規制をクリアしつつ、ヘッドの重心を後方に位置させた慣性モーメントの大きい、

より打ちやすいゴルフクラブを設計することができるためである。そこで、JFE スチールでは、汎用型のSP-700の優れた特性はそのままに、剛性の高いゴルフクラブヘッドが製造できる新しい材料SP-700HMを開発したので、報告する。

2. SP-700HM の特性

2.1 引張特性・物理的特性

SP-700HMでは、化学成分は汎用型のSP-700と同じTi-4.5Al-3V-2Fe-2Moとしながら、圧延によって形成される加工集合組織を制御し、フェースの剛性を高めることを目指した。これは、フェースの剛性が板厚の3乗と縦弾性係数(ヤング率)に比例することに着目したものである。表1にSP-700HMとSP-700の室温引張特性例を示す。

SP-700では、引張特性およびヤング率とも最終圧延方向(L方向)とそれに直交する方向(T方向)がほぼ等しい値を示しているのに対し、SP-700HMでは主圧延方向(L方向)に対し、L方向に直交する方向(T方向)の強度、ヤング率がともに大きな値を示している。0.2%耐力、引張強さはそれぞれ7%、9.5%増大するとともに、最大の目的であるヤング率は、L方向で約6%低下しているものの、T方向ではそれを大きく上回る18%増大している。延性には、両材料間、L、T方向間で、大きな差は認められない。

2.2 集合組織

SP-700HMのT方向の強度とヤング率の上昇は、集合組織によるものと考えられることから、SP-700HMおよびSP-700の(0002) α 極点図を測定した。図3にその結果を示す。SP-700HMでは、HCP構造である α 相のC軸が圧延方向と板面に直交する面内で、鉛直方向から70°傾いた方向に配位していることが分かる。一方、SP-700では、(0002) α

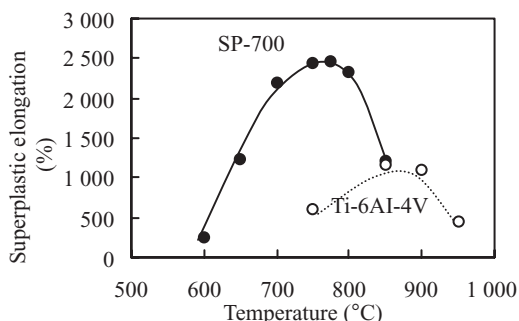


図1 SP-700とTi-6Al-4V合金の超塑性伸びの比較
Fig.1 Superplastic elongation of SP-700 and Ti-6Al-4V

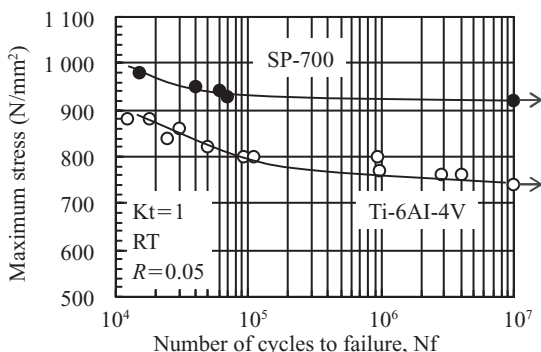


図2 SP-700とTi-6Al-4Vの疲労寿命特性
Fig.2 Fatigue strength of SP-700 and Ti-6Al-4V

表1 SP-700HMおよびSP-700の室温引張特性
Table 1 Tensile properties of SP-700 and SP-700HM

Material	Direction	UTS (N/mm ²)	0.2%PS (N/mm ²)	EI (%)	Young's Modulus
SP-700HM	L	965	886	13	109
	T	1 175	1 143	15	137
SP-700	L	1 093	1 029	16	115
	T	1 097	1 059	16	118

L : Longitudinal T : Transverse UTS : Ultimate Tensile Strength
0.2%PS : 0.2% Proof Stress EI : Elongation

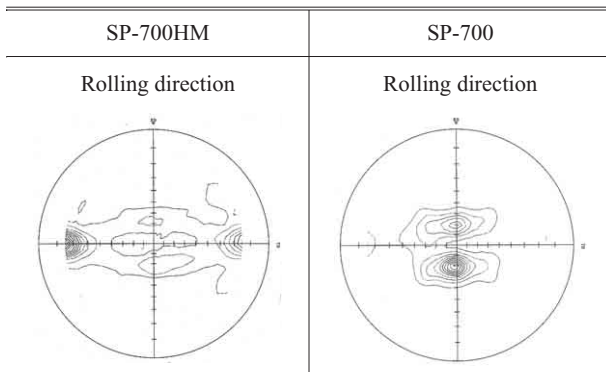


図3 SP-700HM と SP-700 の (0002) α 極点図の比較
Fig.3 (0002) α pole figure of SP-700HM and SP-700

が板面に垂直方向に配位しており、引張強さやヤング率がほぼ等方的な性質を示すことと対応している。

3. コンピュータ・シミュレーション

SP-700HM をゴルフクラブフェース材料に用いた場合の効果を、有限要素法解析コードである ANSYS を用いてコンピュータ・シミュレーションにより評価した。解析を行ったのは、SP-700HM のヤング率が高い方向 (T 方向) をフェース水平方向に平行に配置した場合、それを鉛直方向に配置した場合、比較として SP-700 の主圧延方向をフェース水平方向に平行に配置した場合の 3 ケースとした。

シミュレーションは、引張試験法により求めた L, T, 45° の 3 方向の縦弾性係数およびポアソン比を使用して行った。五角形で近似したゴルフクラブフェースの中心に 1 N の定加重を付荷した際の変位を計算し、その逆数をフェースの剛性とした。結果を表 2 に示す。SP-700 の場合に比べ、SP-700HM の主圧延方向をフェースの水平方向に平行に配置した場合、フェース剛性が約 12% 増大することが分かる。また、SP-700HM の主圧延方向をフェース鉛直方向に配置すると、フェース剛性は約 8% 増大する。

4. 応用例

SP-700HM をフェース材料として用いたところ、板厚 2.95 mm で The Royal and Ancient Golf Club of St Andrews,

表 2 SP-700HM を使用したフェースの剛性計算結果
Table 2 Face stiffness of SP-700HM by computer simulation

Material	Direction	Stiffness
SP-700HM	L	1.12
	T	1.08
SP-700	L	1



写真 1 SP-700HM を用いたゴルフクラブ例 (ヨネックス(株) 殿ご提供)

Photo 1 Golf club face application of SP-700HM (Courtesy of YONEX Co., Ltd.)

United States Golf Association のルールを満足することができる⁴⁾。同一形状を有するクラブのフェース材料に β 型チタン合金を用いた場合に必要なフェース板厚 3.15 mm に比べ約 0.2 mm 薄肉化することが可能であり、これはフェース部重量 5~6g の軽量化に相当する。その結果、重心高さ・重心深さの設計自由度が格段に高まり、高弾道、低スピンの打球により、飛距離の大きい、打ちやすいゴルフクラブヘッドを可能にする。

写真 1 は、SP-700HM をフェース材料に用いたゴルフクラブ例 (ヨネックス(株)殿ご提供) である。

5. おわりに

本報告では、高弾性ゴルフクラブフェースを可能にする SP-700HM の特性と、それを有するゴルフクラブのフェース剛性例を紹介した。本材料により、化学組成や扱いやすさを変えることなく、フェース板厚を薄くしたまま剛性を増大することが可能になる。ゴルフクラブヘッドの反発規制に適用しうる軽量新材料としての用途拡大が期待されるだけでなく、その優れた疲労強度、集合組織制御による強化、剛性の異方性を生かした用途を切り拓いていくものと期待される。

参考文献

- 1) Ouchi, C. et al., NKK Technical Review. 1992, no. 65, p. 61.
- 2) Ishikawa, M. et al., Titanium '92 Science and technology. 1993, vol. 1, p. 141.
- 3) JFE Technical Report. 2005, no. 5, p. 74.
- 4) YONEX Co., Ltd. 私信

〈問い合わせ先〉

JFE スチール 厚板営業部チタン室
TEL : 03-3597-3364 FAX : 03-3597-3533
ホームページ : <http://www.jfe-steel.co.jp/products/titanium/index.html>