

# HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金

## 主な特徴

### 軽量、高強度

HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金(UNS R56320)は、軽量で強度が高い合金です。この合金は高い比強度を有しており、重量を軽減できるという設計上の大きな利点を提供します。Ti-3Al-2.5V 合金は、21-6-9 ステンレス鋼よりも重量が約43%軽いです。外径:1 in (25.4 mm) x 肉厚:0.035 in (0.89 mm) のチューブに対する長さ:1フィート当たりの代表的な重量の比較は、以下の通りです:

21-6-9	0.36 lb (0.16 kg)
Ti-3Al-2.5V	0.21 lb (0.09 kg)

### チューブ用合金として開発

特定の航空機/航空宇宙業務のためのチタン合金の初期試験では、性能特性を改善し、より高い強度レベルを得るために、商業的に純粋なチタンを選択された元素と合金化しました。特定の合金化添加剤、特にアルミニウムは、合金が完全にβ相に転移する温度を上昇させます。温度スケール上のこの点は、β転移温度として知られています。一方、バナジウムの添加は、α相からβ相への転移温度を低下させます。

チタン-6% アルミニウム-4% バナジウム (Ti-6Al-4V)は、焼きなました状態で良好な比強度と鍛造時の割れに対する耐性、良好な溶接性を併せ持っており、より高い強度を得るための熱処理が可能です。ことから、理想的な航空機/航空宇宙用合金として選ばれました。

しかし、Ti-6Al-4V 合金は良好な冷間成形特性を有していなかったため、3% アルミニウムおよび2.5% バナジウムのチタン合金 (Ti-3Al-2.5V) がチューブおよび箔用途のために開発されました。この合金は、商業的に純粋なチタンとTi-6Al-4Vとの中間的な強度を有します。この合金は、純チタンよりも30~50%高い強度特性を有しますが、より重要なことは、シームレスチューブを製造するのに必要な優れた冷間加工性を有していることです。

### 成形が容易

HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金のシームレスチューブは、ステンレス鋼に使用されるのと同じタイプの従来の管曲げ装置で容易に冷間成形することができます。チューブは、チューブの呼び外径の3~5倍の中心半径で、適切な曲げ型に沿って180度曲げることができます。比較的薄い肉厚のチューブは、チューブ充填材または他の内径制約手段を使用して曲げる必要があります。

### 良好な溶接性

HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金チューブは、不活性ガスシールドによる標準のガスタングステンアーク溶接、およびガスパーズチャンバを内蔵した自動溶接ツールを使用して容易に溶接することができます。

Ti-3Al-2.5V チューブを溶接する場合の機械の設定は、ステンレスチューブの溶接と同じです。

## 主な特徴(続き)

### 用途

HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金のシームレスチューブは、航空機の油圧システムおよび燃料システム向けに開発されました。その性能は、ハイテク軍用機および宇宙船ならびに民間航空機において証明されています。HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金の他の用途は、自転車のフレーム用チューブです。この製品には、高強度と軽量の特性が理想的です。

### 厳格な品質管理

Haynes International, Inc.では、最新の品質管理装置を使用しています。チューブのロットに対しては100%、目視、寸法、および超音波検査を実施します。また、サンプルは金属学的に検査されるだけでなく、適用規格で要求される化学組成および機械的特性への適合性についても試験されます。

### 熱処理

HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金のシームレスチューブは、通常、焼きなまし状態または冷間加工後に応力除去した状態のいずれかで供給されます。最終用途に対して必要な再結晶化あるいは応力緩和の程度に応じて、通常、700F~1450F(371°C~788°C)の温度範囲で熱処理されます。

熱処理は、垂直の真空焼鈍炉で行います。垂直焼鈍は、水平焼鈍に対して二つの利点があります。チューブを垂直に垂らすことで、炉の熱を均一に受けるように各々のチューブを配置することができます。また、垂直状態で焼鈍されたチューブは、真直ぐで丸いままである傾向があります。

# 標準組成

## 重量%

チタン:Ti	94 Balance
アルミニウム:Al	3
バナジウム:V	2.5
鉄:Fe	0.25 max.
炭素:C	0.05 max.
水素:H	**
酸素:O	0.12 max.
窒素:N	0.02 max.

\*\* 規格により変化

## 物理的特性

物理的特性	メートル単位		英国単位	
密度	RT	4.48 g/cm <sup>3</sup>	RT	0.162 lb/in <sup>3</sup>
融解温度	Approx. 1705 °C	-	Approx. 3100 °F	-

\*RT= 室温

## 機械的特性

状態	規格	0.2% 耐力		極限引張強度		伸び*	
		MPa	ksi	MPa	ksi	%	-
焼きなまし	AMS 4943	517	75	621	90	15	-
CWSR	AMS 4944/4945	724	105	862	125	8	管壁&ヘド-厚さ 0.016 in.
CWSR	AMS 4944/4945	724	105	862	125	10	管壁厚さ 0.016 in. より大
CWSR	DAN 2700.9	655	95	690-920	100.0-133.0	14	直径:1/4 in.
		730	106	870-1030	126.0-149.0	14	直径:3/8 in.
		730	106	870-1030	126.0-149.0	16	直径:1/2~1 in.

\*AMS 4944 および AMS 4945に対しては長さ:2in (50.8 mm)、DAN 2700.9 に対しては長さ:1.969 in (50.0 mm) の伸び。

## 一般的なチューブサイズ

下の表に記載されているのは、主要な航空機会社向けに製造している幾つかの一般的なサイズです。ここに記載されている以外のサイズは、必要な数量によっては製造することができます。

外径		肉厚		外径		肉厚	
in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
1/4	6.4	0.016	0.41	3/4	19.1	0.02	0.51
		0.02	0.51			0.028	0.71
		0.028	0.71			-	-
		-	-			0.035	0.89
		-	-			0.039	0.99
		-	-			0.054	1.37
3/8	9.5	0.019	0.48	7/8	22.2	0.081	2.06
		0.022	0.56			0.028	0.53
		0.028	0.71			0.032	0.71
		0.035	0.89			0.035	0.89
		0.042	1.07			0.049	1.24
		-	-			0.061	1.55
1/2	12.7	0.023	0.58	1	25.4	0.021	0.53
		0.026	0.66			0.028	0.71
		0.028	0.71			0.035	0.89
		0.036	0.91			0.051	1.3
		0.056	1.42			0.07	1.78
		-	-			0.073	1.85
5/8	15.9	0.023	0.58	1 1/4	31.8	0.028	0.71
		0.028	0.71			0.032	0.81
		0.032	0.81			0.035	0.89
		0.035	0.89			0.04	1.02
		0.044	1.12			0.065	1.65
		0.049	1.24			0.087	2.21
-	-	-	-	1 1/2	38.1	0.035	0.89
		-	-	-	-	0.054	1.37

# 寸法公差

## 市販品 外径/厚さ (ASTM B-338)

呼び外径		直径公差		真円度	肉厚公差
mm	in	mm	in	-	-
$d < 25.4$	$d < 1$	0.102	$\pm 0.004$	公差は直径公差に含まれる	公称肉厚の $\pm 10\%$
$25.4 \leq d < 38.1$	$1 \leq d < 1.5$	0.127	$\pm 0.005$		
$38.1 \leq d < 50.8$	$1.5 \leq d < 2$	0.152	$\pm 0.006$		
$50.8 \leq d < 63.5$	$2 \leq d < 2.5$	0.178	$\pm 0.007$		
$63.5 \leq d < 88.9$	$2.5 \leq d < 3.5$	0.254	$\pm 0.010$		

## 航空宇宙用 外径/肉厚(AMS)

呼び外径、in.	直径公差、in.	真円度	肉厚公差
$0.093 < d \leq 0.188$	+0.002/-0.000	公差は直径公差に含まれる	呼び外径が1.500 in. (38.1 mm)以下のチューブに対しては、公称肉厚の+ 10%、- 5% 呼び外径が 1.500 in (38.1 mm)を超えるチューブに対しては、公称肉厚の $\pm 10\%$
$0.188 < d \leq 0.500$	+0.003/-0.000		
$0.500 < d \leq 1.000$	+0.004/-0.000		
$1.000 < d \leq 1.500$	+0.004/-0.001		
$1.500 < d \leq 2.000$	+0.005/-0.001		
呼び直径、mm	直径公差、mm		
$2.3 < d \leq 4.70$	+0.05/-0.00		
$4.7 < d \leq 12.50$	+0.08/-0.00		
$12.5 < d \leq 25.00$	+0.10/-0.00		
$25.0 < d \leq 37.50$	+0.10/-0.02		
$37.5 < d \leq 50.0$	+0.12/-0.02		

# 寸法公差(続き)

## 航空宇宙用 外径/内径 (AMS/DAN)

呼び外径、in.	直径公差、in.	真円度	肉厚公差
0.093 < d ≤ 0.187	+0.002/-0.000	公差は、直径公差に含まれる	呼び外径が1.500 in.(38.1mm)以下の全てのチューブは、肉厚が公称値の95%以上であること
0.187 < d ≤ 0.499	+0.003/-0.000		
0.499 < d ≤ 0.749	+0.004/-0.000		
0.749 < d ≤ 0.999	+0.004/-0.001		
0.999 < d ≤ 1.499	+0.004/-0.002		
1.499 < d ≤ 1.999	+0.005/-0.002		
<b>呼び外径、mm</b>	<b>直径公差、mm</b>		
2.36 < d ≤ 4.75	+0.05/-0.00		
4.75 < d ≤ 12.67	+0.08/-0.00		
12.67 < d ≤ 19.02	+0.10/-0.00		
19.02 < d ≤ 25.37	+0.10/-0.025		
25.37 < d ≤ 38.07	+0.10/-0.05		
38.07 < d ≤ 50.77	+0.13/-0.05		
<b>呼び内径、in.</b>	<b>直径公差、in.</b>		
d ≤ 0.338	+0.0015/-0.0015		
0.338 < d ≤ 0.499	+0.002/-0.002		
0.499 < d ≤ 0.637	+0.0025/-0.0025		
0.637 < d ≤ 0.900	+0.003/-0.003		
0.900 < d	+0.004/-0.004		
<b>呼び内径、mm</b>	<b>直径公差、mm</b>		
d ≤ 8.59	+0.038/-0.038		
8.59 < d ≤ 11.40	+0.05/-0.05		
11.40 < d ≤ 17.09	+0.064/-0.064		
17.09 < d ≤ 22.86	+0.08/-0.08		
22.86 < d	+0.10/-0.10		

内径 = 呼び外径 - 公称肉厚 x 2

# 適合規格

## 規格

HAYNES® Ti-3AL-2.5V 合金 (R56320)	
薄板、厚板および帯板	-
ドリット、ロッド/棒	-
被覆電極	-
裸溶接棒	AMS 4943 AMS 4944 AMS 4945 SB 338/B 338Gr9
継目なし パイプ&チューブ	-
溶接パイプ&チューブ	-
継手類	-
鍛造材	-
DIN	-
TÜV	-
その他	-

### 免責事項:

Haynes International, Inc. は、本パンフレットに記載されているデータの精度・正確性を保証するために適切な努力を払っておりますが、データの精度、正確性、あるいは信頼性について、いかなる表明も保証もいたしません。すべてのデータは、一般的な情報のみであり、設計上のアドバイスを提供するものではありません。ここに開示されている合金特性は、主に Haynes International, Inc. によって行われた作業に基づいており、場合によっては公開文献の情報によって補足されているため、そのような試験の結果のみを示すものであり、保証最大値または最小値と考えるべきではありません。実際の使用条件で特定の合金を試験して特定の目的に対する適合性を判断するのはユーザーの責任です。

特定の製品に含まれる特定の元素濃度とその潜在的な健康への影響については、Haynes International, Inc. が提供する安全データシートを参照してください。特記のない限り、すべての商標は Haynes International, Inc. が所有しています。

Haynes International - HAYNES® Ti-3Al-2.5V 合金