

HAYNES® 25 合金

主な特徴

優れた高温強度および良好な耐酸化性

HAYNES® 25 合金 (UNS R30605) は、長時間の曝露に対して、1800°F (982°C) 以下の酸化環境に対する良好な耐性を伴った優れた高温強度と、優れた耐硫化性を併せ持つコバルト – ニッケル – クロム – タングステン合金です。この合金は、従来の技術によって加工および成形することができ、鑄造部品にも使用されています。他の魅力的な特徴としては、耐かじり性に優れていることがあります。

用途

HAYNES® 25 合金は、実用化された軍用および商業用のガスタービンエンジンの部品などの航空宇宙産業における多くの部品用途に適した特性を兼ね備えています。現代のエンジンでは、この合金に替わって HAYNES®188 合金、そして、ごく最近では改良された特性を有する 230®合金のような、より新しい材料が使用されています。25 合金の重要な用途の他の領域は軸受材料で、ボールおよびレースの両方に使用されています。

標準組成

重量 %

| | |
|----------|------------|
| コバルト:Co | 51 Balance |
| ニッケル:Ni | 10 |
| 鉄:Fe | 3 max. |
| クロム:Cr | 20 |
| モリブデン:Mo | 1 max. |
| タングステン:W | 15 |
| マンガン:Mn | 1.5 |
| ケイ素:Si | 0.4 max. |
| 炭素:C | 0.1 |

クリープおよびストレスラプチャー強度

HAYNES® 25 合金は、優れた高温強度を持つ固溶強化型材料です。この合金は、1200～1800°F (649～982°C) の温度で長期間使用する場合に特に有効です。この合金は、ニッケル基固溶強化型合金よりも強度があり、優れた加工特性を有するコバルト基材料の中でも最も強度があります。

溶体化処理した薄板*

| 温度 | | クリープ | 下記時間で所定のクリープを生じるおおよその初期応力: | | | | | |
|------|-----|------|----------------------------|-------|--------|-------|---------|-------|
| | | | 10 h | | 100 h | | 1,000 h | |
| °F | °C | % | ksi | MPa | ksi | MPa | ksi | MPa |
| 1200 | 649 | 0.5 | 62 | 427 | 47.5 | 328 | 33.5** | 231** |
| | | 1 | 71 | 490 | 54 | 372 | 39.0** | 269** |
| | | R | 82 | 565 | 69 | 476 | 57 | 393 |
| 1300 | 704 | 0.5 | 43 | 296 | 30.0** | 207** | 21.0** | 145** |
| | | 1 | 49.5 | 341 | 35 | 241 | 23.2** | 160** |
| | | R | 64 | 441 | 50 | 345 | 38 | 262 |
| 1400 | 760 | 0.5 | 28 | 193 | 19.5 | 134 | 14.8** | 102** |
| | | 1 | 32 | 221 | 21.5 | 148 | 16.2** | 112** |
| | | R | 47.0** | 324** | 36 | 248 | 26 | 179 |
| 1500 | 816 | 0.5 | 18.5 | 128 | 14 | 97 | 10.2** | 70** |
| | | 1 | 20.2 | 139 | 15.5 | 107 | 12.3** | 85** |
| | | R | 34.0** | 234** | 24.7 | 170 | 18.1 | 125 |
| 1600 | 871 | 0.5 | 13.7 | 94 | 9.9 | 68 | 6.9** | 48** |
| | | 1 | 15.2 | 105 | 12 | 83 | 8.9** | 61** |
| | | R | 24.0** | 165** | 17.5 | 121 | 12 | 83 |
| 1700 | 927 | 0.5 | 9.7 | 67 | 6.8 | 47 | 4.5** | 31** |
| | | 1 | 12 | 83 | 8.8 | 61 | 5.6 | 39 |
| | | R | 17.3** | 119** | 11.8 | 81 | 7.2 | 50 |

*限られたデータに基づいた値

**著しく外挿した値

R= ラプチャー(破断)

クリープおよびストレスラプチャー強度（続き）

| 温度 | | クリープ | 下記時間で所定のクリープを生じるおおよその初期応力: | | | | | |
|------|------|------|----------------------------|------|-------|-----|---------|-----|
| | | | 10 h | | 100 h | | 1,000 h | |
| °F | °C | % | ksi | Mpa | ksi | Mpa | ksi | Mpa |
| 1800 | 982 | 0.5 | 6.8 | 47 | 4.5 | 31 | 2.6 | 18 |
| | | 1 | 8.8 | 61 | 5.6 | 39 | 3 | 21 |
| | | R | 11.8** | 81** | 7.2 | 50 | 4 | 28 |
| 2000 | 1093 | 0.5 | 2.8 | 19 | 1.3 | 9 | - | - |
| | | 1 | 3.3 | 23 | 1.4 | 9.7 | - | - |
| | | R | 4.5 | 31 | 2 | 14 | - | - |

*限られたデータに基づいた値

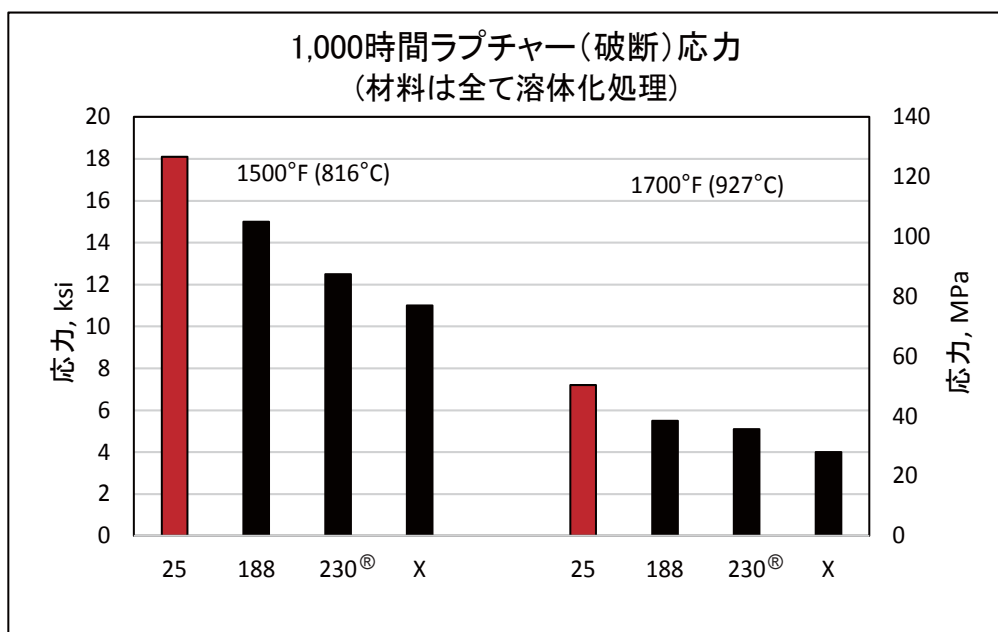
**著しく外挿した値

R= ラプチャー（破断）

溶体化処理した棒*

| 温度 | | 下記時間でラプチャー（破断）を生じるおおよその初期応力: | | | | | |
|------|-----|------------------------------|-----|-------|-----|---------|-----|
| | | 10 h | | 100 h | | 1,000 h | |
| °F | °C | ksi | MPa | ksi | MPa | ksi | MPa |
| 1350 | 732 | 42.5 | 293 | 36.5 | 252 | 30.3 | 209 |
| 1400 | 760 | 39.2 | 270 | 31.5 | 217 | 24.1 | 166 |
| 1500 | 816 | 30.0 | 207 | 22.0 | 152 | 17.0 | 117 |
| 1600 | 871 | 23.0 | 159 | 16.5 | 114 | 12.0 | 83 |
| 1700 | 927 | 17.0 | 117 | 12.0 | 83 | 8.4 | 58 |
| 1800 | 982 | 11.5 | 79 | 7.5 | 52 | 5.0 | 34 |

ラプチャー強度の比較、薄板



引張特性

溶体化処理した薄板*

| 試験温度 | | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|------|------|---------|-----|--------|-----|------|
| °F | °C | ksi | MPa | ksi | MPa | % |
| RT | RT | 69 | 476 | 144.5 | 996 | 54.7 |
| 1000 | 538 | 38.8 | 268 | 119 | 820 | 63.4 |
| 1200 | 649 | 37.2 | 256 | 119.3 | 823 | 54.2 |
| 1400 | 760 | 35.5 | 245 | 82.5 | 569 | 33.9 |
| 1600 | 871 | 33.5 | 231 | 46.3 | 319 | 97.8 |
| 1800 | 982 | 18.6 | 128 | 25.8 | 178 | 94.1 |
| 2000 | 1093 | 9.0 | 62 | 13.3 | 92 | 63.0 |

*限られたデータ

溶体化処理した厚板

| 試験温度 | | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|------|------|---------|-----|--------|------|-------|
| °F | °C | ksi | MPa | ksi | MPa | % |
| RT | RT | 68.7 | 474 | 145.1 | 1000 | 58.8 |
| 1000 | 538 | 38.4 | 265 | 122.1 | 842 | 71 |
| 1200 | 649 | 33.4 | 230 | 123.5 | 852 | 64.3 |
| 1400 | 760 | 34.4 | 237 | 86 | 593 | 45.7 |
| 1600 | 871 | 32 | 221 | 48.3 | 333 | 104.7 |
| 1800 | 982 | 18.7 | 129 | 27.3 | 188 | 113.7 |
| 2000 | 1093 | 9.3 | 64 | 14.5 | 100 | 97.5 |

熱間圧延および 2250°F (1232°C) で溶体化処理した棒*

| 試験温度 | | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|------|-----|---------|-----|--------|------|----|
| °F | °C | ksi | MPa | ksi | MPa | % |
| RT | RT | 73 | 505 | 147 | 1015 | 60 |
| 1000 | 538 | 43 | 295 | 113 | 780 | 63 |
| 1200 | 649 | 43 | 295 | 105 | 725 | 49 |
| 1400 | 760 | 41 | 285 | 90 | 620 | 29 |
| 1600 | 871 | 34 | 235 | 54 | 370 | 29 |
| 1800 | 982 | 19 | 130 | 28 | 195 | 41 |

*限られたデータ

RT = 室温

*棒に対する高温引張試験を、以前の標準であったひずみ速度で実施しました。これらの結果は降伏するまでのひずみ速度が 0.005 in/in/min で、降伏から破断に至るまでは試験片平行部に対するクロスヘッド速度を 0.5 in/min となるように試験して得られたものです。現在の標準では、降伏するまでは 0.005 in/in/min のひずみ速度を用い、降伏から破断に至るまでは、試験片平行部に対するクロスヘッド速度が 0.05 in/min となるようにします。

硬度および結晶粒サイズ

| 形態 | 硬度, HRBW | 典型的な ASTM 結晶粒度 |
|----|----------|----------------|
| 薄板 | 97 | 3.5 - 5.5 |
| 厚板 | 99 | 3.5 - 5 |
| 棒 | 98 | 3.5 - 5 |

試験した全ての試料は溶体化処理済み。

HRBW = ロックウェル硬さ”B”、タングステン球圧子

冷間加工特性

HAYNES® 25 合金は、冷間加工された状態で優れた強度と硬度の特性を有しています。これらの高い特性レベルは高温でも明らかであり、25 合金をボールベアリングやベアリングレースなどの用途に非常に適したものにしています。冷間加工された材料を時効処理することにより、硬度および強度を適度に上乗せして増加させることができます。

冷間加工した薄板の典型的な引張特性*

| 圧下率 | 試験温度 | | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|-----|------|-----|---------|-----|--------|------|----|
| | °F | °C | ksi | MPa | ksi | MPa | |
| 10 | 70 | 21 | 105 | 724 | 155 | 1069 | 41 |
| | 1000 | 538 | 78 | 538 | 114 | 786 | 48 |
| | 1200 | 649 | 80 | 552 | 115 | 793 | 37 |
| | 1400 | 760 | 67 | 462 | 87 | 600 | 8 |
| | 1600 | 871 | 47 | 324 | 62 | 427 | 13 |
| | 1800 | 982 | 27 | 186 | 39 | 269 | 15 |
| 15 | 70 | 21 | 124 | 855 | 166 | 1145 | 30 |
| | 1000 | 538 | 107 | 738 | 134 | 924 | 29 |
| | 1200 | 649 | 111 | 765 | 129 | 889 | 15 |
| | 1400 | 760 | 86 | 593 | 104 | 717 | 5 |
| | 1600 | 871 | 52 | 359 | 70 | 483 | 9 |
| | 1800 | 982 | 30 | 207 | 40 | 276 | 5 |
| 20 | 70 | 21 | 141 | 972 | 183 | 1262 | 19 |
| | 1000 | 538 | 133 | 917 | 156 | 1076 | 18 |
| | 1200 | 649 | 120 | 827 | 137 | 945 | 2 |
| | 1400 | 760 | 96 | 662 | 107 | 738 | 3 |
| | 1800 | 982 | 30 | 207 | 41 | 283 | 4 |

*冷間圧延した 0.050-inch (1.3 mm) 厚さの薄板に対する限られたデータ

冷間加工特性(続き)

冷間加工および時効処理した薄板の典型的な引張特性*

| 条件 | 試験温度 | | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|---------------|------|-----|---------|------|--------|------|----|
| | °F | °C | ksi | MPa | ksi | MPa | |
| 圧化率15% + 時効 A | 70 | 21 | 136 | 938 | 168 | 1158 | 31 |
| | 1200 | 649 | 104 | 717 | 128 | 883 | 23 |
| 圧化率20% + 時効 A | 70 | 21 | 152 | 1048 | 181 | 1248 | 17 |
| | 1000 | 538 | 129 | 889 | 151 | 1041 | 19 |
| | 1200 | 649 | 128 | 883 | 144 | 993 | 8 |
| | 1400 | 760 | 97 | 669 | 108 | 745 | 2 |
| | 1600 | 871 | 59 | 407 | 74 | 510 | 6 |
| | 1800 | 982 | 33 | 228 | 43 | 296 | 5 |
| 圧化率20% + 時効 B | 70 | 21 | 162 | 1117 | 191 | 1317 | 16 |
| | 600 | 316 | 132 | 910 | 165 | 1138 | 28 |
| | 1000 | 538 | 124 | 855 | 149 | 1027 | 23 |
| | 1200 | 649 | 119 | 820 | 140 | 965 | 13 |
| | 1400 | 760 | 92 | 634 | 116 | 800 | 7 |
| | 1600 | 871 | 50 | 345 | 71 | 490 | 9 |
| | 1800 | 982 | 31 | 214 | 42 | 290 | 12 |

*冷間圧延した 0.050-inch (1.3 mm) 厚さの薄板に対する限られたデータ

時効 A = 700°F(371°C)/1 時間

時効 B = 1100°F (593°C)/2 時間

冷間加工および時効処理した薄板の 70°F (21°C) における典型的な硬度*

| 圧下率 | 記載されたレベルの冷間加工、および引き続いて時効処理した後の ロックウェル硬さ C | | |
|-----|--|---------------|----------------|
| | 時効無し | 900°F (482°C) | 1100°F (593°C) |
| % | | 5 h | 5 h |
| 0 | 24 | 25 | 25 |
| 5 | 31 | 33 | 31 |
| 10 | 37 | 39 | 39 |
| 15 | 40 | 44 | 43 |
| 20 | 44 | 44 | 47 |

*冷間圧延した 0.070 inch (1.8 mm) 厚さの薄板に対する限られたデータ

衝撃強度

厚板の衝撃強度特性

| 試験温度 | | 典型的なシャルピー Vノッチ衝撃強さ | |
|------|------|--------------------|-----|
| °F | °C | ft.-lbs. | J |
| -321 | -196 | 109 | 148 |
| -216 | -138 | 134 | 182 |
| -108 | -78 | 156 | 212 |
| -20 | -29 | 179 | 243 |
| RT | RT | 193 | 262 |
| 500 | 260 | 219 | 297 |
| 1000 | 538 | 201 | 273 |
| 1200 | 649 | 170 | 230 |
| 1400 | 760 | 143 | 194 |
| 1600 | 871 | 120 | 163 |
| 1800 | 982 | 106 | 144 |

熱安定性

HAYNES® 25 合金は、中間温度で長時間曝露されると、HASTELLOY® X 合金や 625 合金のような他の固溶強化型超合金とほぼ同じように、室温延性が低下します。この挙動は、有害相が析出した結果として生じます。25 合金の場合、問題となる相は Co₂W ラーベス相です。HAYNES® 188 合金は、この点に関しては 25 合金よりも著しく優れています；しかしながら、熱安定性が重要な用途に対しては、230® 合金がもっと良い選択肢です。

熱曝露後の薄板の室温特性*

| 曝露温度 | | 曝露時間 | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|-------|-----|------|---------|-----|--------|-----|------|
| °F | °C | h | ksi | MPa | ksi | MPa | % |
| 熱曝露無し | | 0 | 66.8 | 461 | 135 | 931 | 48.7 |
| 1200 | 649 | 500 | 70.3 | 485 | 123.6 | 852 | 39.2 |
| | | 1000 | 92.3 | 636 | 140 | 965 | 24.8 |
| | | 2500 | 95.1 | 656 | 130.7 | 901 | 12 |
| 1400 | 760 | 100 | 68.9 | 475 | 115.3 | 795 | 18.1 |
| 1600 | 871 | 100 | 72.1 | 497 | 113.6 | 783 | 9.1 |
| | | 500 | 77.3 | 533 | 126.1 | 869 | 3.5 |
| | | 1000 | 81.7 | 563 | 142 | 979 | 5 |

*複数の薄板ロットの試験結果を複合

物理的特性

| 物理的特性 | 英国単位 | | メートル単位 | |
|-------|-------------|---|-------------|--|
| 密度 | RT | 0.327 lb/in ³ | RT | 9.07 g/cm ³ |
| 溶融温度 | 2425-2570°F | - | 1329-1410°C | - |
| 電気抵抗 | RT | 34.9 μ ohm-in | RT | 88.6 μ ohm-cm |
| | 200°F | 35.9 μ ohm-in | 100°C | 91.8 μ ohm-cm |
| | 400°F | 37.6 μ ohm-in | 200°C | 95.6 μ ohm-cm |
| | 600°F | 38.5 μ ohm-in | 300 °C | 97.6 μ ohm-cm |
| | 800°F | 39.1 μ ohm-in | 400 °C | 98.5 μ ohm-cm |
| | 1000°F | 40.4 μ ohm-in | 500 °C | 100.8 μ ohm-cm |
| | 1200°F | 41.8 μ ohm-in | 600 °C | 104.3 μ ohm-cm |
| | 1400°F | 42.3 μ ohm-in | 700 °C | 106.6 μ ohm-cm |
| | 1600°F | 40.6 μ ohm-in | 800 °C | 107.8 μ ohm-cm |
| | 1800°F | 37.7 μ ohm-in | 900 °C | 101.1 μ ohm-cm |
| | - | - | 1000 °C | 95.0 μ ohm-cm |
| 熱拡散率 | 70°F | 4.4 x 10 ⁻³ in ² /sec | RT | 28.3 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 125°F | 4.6 x 10 ⁻³ in ² /sec | 100°C | 30.1 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 200°F | 4.8 x 10 ⁻³ in ² /sec | 200°C | 32.7 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 400°F | 5.5 x 10 ⁻³ in ² /sec | 300°C | 35.6 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 600°F | 6.0 x 10 ⁻³ in ² /sec | 400°C | 41.2 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 800°F | 6.5 x 10 ⁻³ in ² /sec | 500°C | 43.5 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 1000°F | 6.9 x 10 ⁻³ in ² /sec | 600°C | 45.5 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 1200°F | 7.3 x 10 ⁻³ in ² /sec | 700°C | 47.6 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 1400°F | 7.6 x 10 ⁻³ in ² /sec | 800°C | 49.6 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 1600°F | 7.7 x 10 ⁻³ in ² /sec | 900°C | 48.7 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 1800°F | 7.9 x 10 ⁻³ in ² /sec | 1000°C | 51.6 x 10 ⁻³ cm ² /sec |
| | 2000°F | 8.3 x 10 ⁻³ in ² /sec | - | - |
| | | | | |
| 熱伝導率 | 70°F | 72 Btu-in/ft ² -h-°F | 25°C | 10.5 W/m-°C |
| | 125°F | 77 Btu-in/ft ² -h-°F | 100°C | 12.0 W/m-°C |
| | 200°F | 83 Btu-in/ft ² -h-°F | 200°C | 14.0 W/m-°C |
| | 400°F | 99 Btu-in/ft ² -h-°F | 300°C | 15.9 W/m-°C |
| | 600°F | 114 Btu-in/ft ² -h-°F | 400°C | 17.7 W/m-°C |
| | 800°F | 127 Btu-in/ft ² -h-°F | 500°C | 19.5 W/m-°C |
| | 1000°F | 140 Btu-in/ft ² -h-°F | 600°C | 21.2 W/m-°C |
| | 1200°F | 152 Btu-in/ft ² -h-°F | 700°C | 22.9 W/m-°C |
| | 1400°F | 165 Btu-in/ft ² -h-°F | 800°C | 24.5 W/m-°C |
| | 1600°F | 178 Btu-in/ft ² -h-°F | 900°C | 26.0 W/m-°C |
| | 1800°F | 191 Btu-in/ft ² -h-°F | 1000°C | 27.5 W/m-°C |
| | 2000°F | 201 Btu-in/ft ² -h-°F | - | - |
| | | | | |

RT= 室温

物理的特性(続き)

| 物理的特性 | 英国単位 | | メートル単位 | |
|---------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|
| 比熱 | 70°F | 0.096 Btu/lb.-°F | 25°C | 403 J/kg-°C |
| | 125 °F | 0.098 Btu/lb.-°F | 100 °C | 424 J/kg-°C |
| | 200 °F | 0.101 Btu/lb.-°F | 200 °C | 445 J/kg-°C |
| | 400 °F | 0.106 Btu/lb.-°F | 300 °C | 455 J/kg-°C |
| | 600°F | 0.111 Btu/lb.-°F | 400 °C | 462 J/kg-°C |
| | 800 °F | 0.116 Btu/lb.-°F | 500 °C | 495 J/kg-°C |
| | 1000 °F | 0.119 Btu/lb.-°F | 600 °C | 508 J/kg-°C |
| | 1200 °F | 0.123 Btu/lb.-°F | 700 °C | 582 J/kg-°C |
| | 1400 °F | 0.128 Btu/lb.-°F | 800 °C | 592 J/kg-°C |
| | 1600 °F | 0.137 Btu/lb.-°F | 900 °C | 596 J/kg-°C |
| | 1800 °F | 0.143 Btu/lb.-°F | 1000 °C | 598 J/kg-°C |
| | 2000 °F | 0.142 Btu/lb.-°F | - | - |
| 平均熱膨張係数 | 70 - 200 °F | 7.1 µin/in.-°F | 25 - 100 °C | 12.8 µm/m-°C |
| | 70 - 400 °F | 7.3 µin/in.-°F | 25 - 200 °C | 13.1 µm/m-°C |
| | 70 - 600 °F | 7.5 µin/in.-°F | 25 - 300 °C | 13.3 µm/m-°C |
| | 70 - 800 °F | 7.7 µin/in.-°F | 25 - 400 °C | 13.7 µm/m-°C |
| | 70 - 1000 °F | 7.9 µin/in.-°F | 25 - 500 °C | 14.0 µm/m-°C |
| | 70 - 1200 °F | 8.2 µin/in.-°F | 25 - 600 °C | 14.6 µm/m-°C |
| | 70 - 1400 °F | 8.6 µin/in.-°F | 25 - 700 °C | 15.1 µm/m-°C |
| | 70 - 1600 °F | 8.9 µin/in.-°F | 25 - 800 °C | 15.8 µm/m-°C |
| | 70 - 1800 °F | 9.2 µin/in.-°F | 25 - 900 °C | 16.2 µm/m-°C |
| | 70 - 2000 °F | 9.5 µin/in.-°F | 25 - 1000 °C | 16.7 µm/m-°C |
| 動弾性係数 | RT | 32.6 x 10 ⁶ psi | RT | 225 GPa |
| | 200°F | 32.3 x 10 ⁶ psi | 100°C | 222 GPa |
| | 400°F | 31.0 x 10 ⁶ psi | 200°C | 214 GPa |
| | 600°F | 29.4 x 10 ⁶ psi | 300°C | 204 GPa |
| | 800°F | 28.3 x 10 ⁶ psi | 400°C | 197 GPa |
| | 1000°F | 26.9 x 10 ⁶ psi | 500°C | 188 GPa |
| | 1200°F | 25.8 x 10 ⁶ psi | 600°C | 181 GPa |
| | 1400°F | 24.3 x 10 ⁶ psi | 700°C | 174 GPa |
| | 1600°F | 22.8 x 10 ⁶ psi | 800°C | 163 GPa |
| | 1800°F | 21.4 x 10 ⁶ psi | 900°C | 154 GPa |
| | - | - | 1000°C | 146 GPa |

RT= 室温

耐摩耗性

HAYNES® 25 合金は、金属のかじりやキャビテーションに対して優れた耐性を示します。以下に示す金属と金属のかじり試験の結果は、標準的な同一組成材による室温ピン・オン・ディスク試験で得られたものです。摩耗の深さは、加えられた負荷の関数として与えられます。キャビテーション試験は、ASTM G 32 に従って、16°Cの水で、周波数20kHz、振幅0.05mmで行いました。摩耗試験の結果、25合金は、多くの材料に対して耐かじり性と耐キャビテーション性に優れており、この合金を上回るのは ULTIMET® 合金と HAYNES® 6B 合金のみです。これらの材料は両方とも、優れた耐摩耗性を有するように特別に設計されています。

| 合金 | 耐かじり性 – 様々な負荷に対する損傷の程度 | | | | | |
|----------|------------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| | 3,000 lbs. (1,365 kg) | | 6,000 lbs. (2,725 kg) | | 9,000 lbs. (4,090 kg) | |
| | mils | µm | mils | µm | mils | µm |
| 6B | 0.02 | 0.6 | 0.03 | 0.7 | 0.02 | 0.5 |
| ULTIMET® | 0.11 | 2.9 | 0.11 | 2.7 | 0.08 | 2 |
| 25 | 0.23 | 5.9 | 0.17 | 4.2 | 0.17 | 4.2 |
| 188 | 1.54 | 39.2 | 3.83 | 97.3 | 3.65 | 92.6 |
| HR-160® | 1.73 | 43.9 | 4.33 | 109.9 | 3.81 | 96.8 |
| 214® | 2.32 | 59 | 3.96 | 100.5 | 5.55 | 141 |
| 556® | 3.72 | 94.4 | 5.02 | 127.6 | 5.48 | 139.3 |
| 230® | 4.44 | 112.7 | 7.71 | 195.8 | 8.48 | 215.5 |
| HR-120® | 6.15 | 156.2 | 7.05 | 179 | 10.01 | 254.2 |

| 合金 | キャビテーション – 平均浸食深さ | | | | | | | |
|----------|-------------------|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 24 h | | 48 h | | 72 h | | 96 h | |
| | mils | µm | mils | µm | mils | µm | mils | µm |
| ULTIMET® | 0.3 | 6.8 | 0.9 | 22.9 | 1.6 | 40.2 | 2.3 | 57.4 |
| 6B | 0.3 | 7.7 | 0.9 | 22.3 | 1.4 | 34.8 | 1.9 | 48 |
| 25 | 1 | 24.4 | 2.1 | 53.6 | 3.4 | 85.6 | 4.5 | 115.1 |
| 625 | 3.1 | 80 | 7 | 176.6 | 10.2 | 259.2 | 試験せず | 試験せず |
| 556® | 3.3 | 83.8 | 6.9 | 175.8 | 9.6 | 244.3 | 11.4 | 289.8 |
| 230® | 3.8 | 97.6 | 7.5 | 190.1 | 9.9 | 251.8 | 11.9 | 301.7 |

ASTM G32に従って、16°Cの水で、周波数20 kHz、振幅0.05 mm の条件で試験。

高温硬度

次に示すのは、真空炉での標準高温硬さ試験で得られた結果です。値は、最初に測定した DPH (ビッカース) 単位で示しており、ロックウェル C/BW スケールへの換算値はカッコ内に示しています。

| 条件 | ダイヤモンド四角錐によるビッカース硬さ(ロックウェル C/BW 硬さ) | | | | |
|---------|-------------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | 70°F (21°C) | 800°F (427°C) | 1000°F (538°C) | 1200°F (649°C) | 1400°F (760°C) |
| 溶体化処理 | 251(22 HRC) | 171(87 HRC) | 160(82 HRBW) | 150(80 HRBW) | 134(74 HRBW) |
| 圧下率 15% | 348(35 HRC) | 254(23 HRC) | 234(97 HRBW) | 218(95 HRBW) | - |
| 圧下率 20% | 401(41 HRC) | 318(32 HRC) | 284(27 HRC) | 268(25 HRC) | - |
| 圧下率 25% | 482(48 HRC) | 318(32 HRC) | 200(30 HRC) | 286(28 HRC) | - |

HRC = ロックウェル硬さ “C”

HRBW = ロックウェル硬さ “B”、タングステン球圧子

耐水溶液腐食性

| 合金 | 年当たりの平均腐食速度 | | | | | |
|-----------|-------------|-------------|---|-------------|---------------------------|-------------|
| | 1% HCl (沸騰) | | 10% H ₂ SO ₄ (沸騰) | | 65% HNO ₃ (沸騰) | |
| | mils | mm | mils | mm | mils | mm |
| ULTIMET® | <1 | <0.03 | 99 | 2.51 | 6 | 0.15 |
| C-22® | 3 | 0.08 | 12 | 0.3 | 134 | 3.4 |
| 25 | 226 | 5.74 | 131 | 3.33 | 31 | 0.79 |
| Type 316L | 524 | 13.31 | 1868 | 47.45 | 9 | 0.23 |

HAYNES® 25 合金は、腐食性の水性媒体に対して耐性があるようには設計されていません。比較のために、代表的な平均腐食データを示します。水溶液環境で耐食性が要求される用途に対しては、ULTIMET® 合金と HASTELLOY® 耐食合金を考慮する必要があります。

耐酸化性

HAYNES® 25 合金は、空気および燃焼ガスの両方の酸化環境に対して良好な耐性があり、1800°F(982°C)以下の温度での長期連続曝露に対して使用できます。短時間の曝露に対しては、より高い温度で 25 合金を使用することができます。耐酸化性が重視される用途に対しは、通常、230® 合金あるいは HAYNES® 188 合金のような、より新しい、より能力の高い材料が必要になります。これは、1800°F(982°C)以上の温度で特に重要です。



1. メタルロス = $(A-B)/2$
2. 平均内部酸化深さ = C
3. 最大内部酸化深さ = D
4. 平均酸化層厚さ = $((A-B)/2) + C$
5. 最大酸化層厚さ = $((A-B)/2) + D$

1800°F(982°C)で1000時間曝露した時のバーナーリグ耐酸化性の比較

| 合金 | メタルロス | | 平均酸化層厚さ | | 最大酸化層厚さ | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| | mils | μm | mils | μm | mils | μm |
| 188 | 1.1 | 28 | 3.2 | 81 | 3.9 | 99 |
| 230® | 2.8 | 71 | 5.6 | 142 | 6.4 | 163 |
| 617 | 2.4 | 61 | 5.7 | 145 | 6.9 | 175 |
| 625 | 3.7 | 94 | 6 | 152 | 6.6 | 168 |
| X | 4.3 | 109 | 7.3 | 185 | 8 | 203 |
| 25 | 7.8 | 198 | 9.8 | 249 | 10.3 | 262 |
| 310SS | 16 | 406 | 18.3 | 465 | 19.5 | 495 |
| 800H | 22.9 | 582 | 内部酸化が板厚を貫通 | | | |

耐酸化性(続き)

酸化試験パラメータ

バーナーリグ酸化試験は、3/8" x 2.5" x 特定厚さ (9mm x 64 mm x 特定厚さ)の試料を回転式の保持具に取付け、No.2 燃料油を空気と燃料の比率が約50:1の条件で燃焼させたときにできる燃焼ガス中に曝露して実施しました。(燃焼ガスの流速は約0.3マッハ数でした。) 試料は30分毎に自動的にガス流から取り出し、ファンで外気温度近くまで冷却した後、燃焼ガス流中に戻しました。

空気流中での耐酸化性の比較*

| 合金 | 1800°F (982°C) | | | | 2000°F (1093°C) | | | | 2100°F (1149°C) | | | |
|-------|----------------|-----|---------|----|-----------------|-----|---------|-----|-----------------|-----|---------|-----|
| | 平均酸化層厚さ** | | 平均メタルロス | | 平均酸化層厚さ** | | 平均メタルロス | | 平均酸化層厚さ** | | 平均メタルロス | |
| | mils | µm | mils | µm | mils | µm | mils | µm | mils | µm | mils | µm |
| 188 | 1.1 | 28 | 0.1 | 3 | 3.7 | 94 | 0.5 | 13 | 10.7 | 272 | 8.6 | 218 |
| 230® | 1.5 | 38 | 0.2 | 5 | 3.3 | 84 | 0.5 | 13 | 4.4 | 112 | 1.2 | 30 |
| 25 | 2 | 51 | 0.3 | 8 | 10.2 | 259 | 9.2 | 234 | 10.7 | 272 | 8.2 | 208 |
| X | 1.5 | 38 | 0.2 | 5 | 4.4 | 112 | 1.3 | 33 | 6.1 | 115 | 3.6 | 91 |
| 625 | 1.9 | 48 | 0.4 | 10 | 7.8 | 198 | 3.5 | 89 | 20.2 | 513 | 18.3 | 465 |
| 617 | 2 | 51 | 0.3 | 8 | 3.8 | 97 | 0.6 | 15 | 5.2 | 132 | 1 | 25 |
| 800HT | 4.1 | 104 | 0.5 | 13 | 11.6 | 295 | 7.6 | 193 | 15 | 381 | 11 | 279 |

*試料を通過する空気流の速度は、7.0 ft/min (213.4 cm/min)。1週間に1回のサイクルで試料を室温まで冷却。

**メタルロス + 平均内部酸化層厚さ

2000°F (1093°C) で 500時間曝露した時のバーナーリグ耐酸化性の比較

| 合金 | 片面当たりの平均メタルロス | | 最大酸化層厚さ ⁻ | |
|------|---------------|-------|----------------------|-------|
| | mils | µm | mils | µm |
| 214® | 1.2 | 30.5 | 1.8 | 45.7 |
| 230® | 7.1 | 180.3 | 11.8 | 299.7 |
| 188 | 10.9 | 276.9 | 14.1 | 358.1 |
| X | 11.6 | 294.6 | 15.1 | 383.5 |
| 25 | > 25* | >635* | - | |

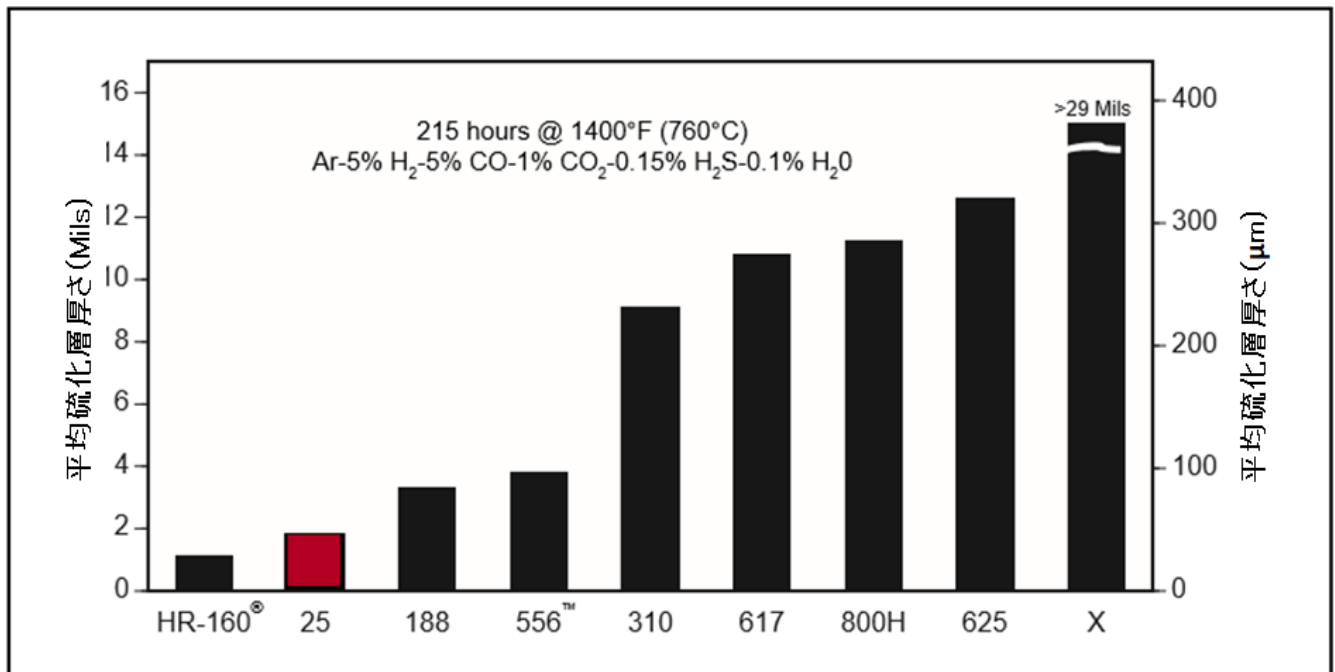
* 165時間で 25 mils (635 µm よりも大きい)

耐硫化性

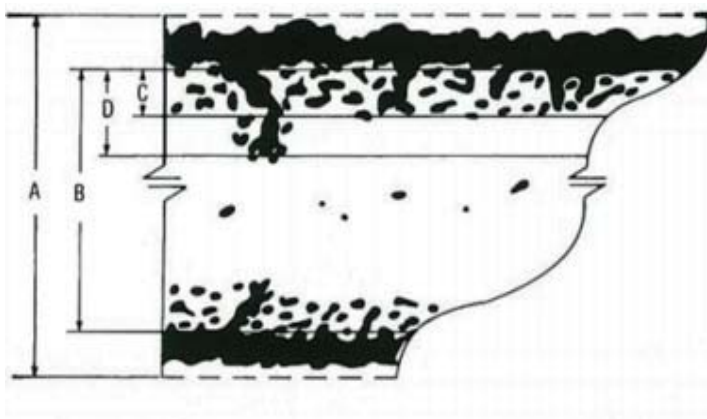
1400°F (760°C)での耐硫化性

HAYNES® 25 合金は、さまざまな産業用途で遭遇するガス状の硫化環境に対して非常に良好な耐性があります。試験は、アルゴン中に 5%H₂、5%CO、1%CO₂、および 0.15%H₂S を含む混合ガス中で、1400°F (760°C)で行いました。試験片は、215時間曝露されました。この試験は、平衡硫黄分圧が10⁻⁶~10⁻⁷atmaで、酸素分圧が保護クロム酸化スケールを生成するのに必要な値よりも低い条件での厳しい試験です。

耐硫化性(続き)



環境試験の評価に使用した金属組織学的手法の模式図



1. メタルロス = $(A - B)/2$
2. 平均内部浸食深さ = C
3. 最大内部浸食深さ = D
4. 平均金属硫化層厚さ = $((A - B)/2) + C$
5. 最大金属硫化層厚さ = $((A - B)/2) + D$

加工

HAYNES® 25合金は、良好な成形性と溶接性を有しています。この合金は、部材全体が2200°F (1204°C)に達するのに十分な時間この温度で保持されるならば、鍛造、あるいは熱間加工することができます。この合金は良好な延性を有しており、冷間加工でも成形することができます。しかしながら、この合金は非常に急速に加工硬化するので、複雑な部品成形作業に対しては頻繁な中間アニールが必要となります。最良の特性バランスを回復させるためには、熱間または冷間加工した部品は全てアニールし、急冷する必要があります。この合金は、ガスタングステンアーク溶接 (GTAW)、ガスマタルアーク溶接 (GMAW)、シールドメタルアーク溶接、電子ビーム溶接および抵抗溶接など、手動および自動溶接の両方で溶接することができます。この合金は、良好な溶接拘束特性を有しています。

加工（続き）

熱処理

HAYNES® 25合金は、指定されなければ、溶体化処理した状態で提供されます。この合金は、特性を最適化するために、通常、2150～2250°F（1177～1232℃）で断面厚さに応じた時間保持し、急速空冷または水冷して最終溶体化処理します。加工中のアニーリングはもっと低い温度で行うことができますが、溶体化処理温度よりも低い温度でのアニーリングは、25合金中に合金特性に影響する可能性がある炭化物を析出させるため、最適な特性と組織にするためには、最後に溶体化処理する必要があります。

機械加工

機械加工に関する情報は、“溶接及び加工”パンフレットの機械加工のセクションをご覧ください。

室温特性に対する冷間圧延の影響*

| 圧下率 | 圧延後の アニール | 0.2% 耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び | HRC |
|-----|-------------------------|---------|------|--------|------|------|-----|
| | | ksi | MPa | ksi | MPa | | |
| % | | | | | | % | - |
| 0 | 無し | 68.4 | 470 | 144 | 995 | 58.5 | 24 |
| 10 | | 123.6 | 850 | 181.9 | 1255 | 37.1 | 36 |
| 15 | | 148.5 | 1025 | 178.2 | 1230 | 27.7 | 40 |
| 20 | | 150.9 | 1040 | 193.5 | 1335 | 18.2 | 42 |
| 25 | | 183.9 | 1270 | 232.5 | 1605 | 14.6 | 44 |
| 10 | 1950°F (1066°C)で 5分間 | 97.9 | 675 | 163 | 1125 | 39.3 | 32 |
| 15 | | 91.2 | 630 | 167.1 | 1150 | 43.8 | 30 |
| 20 | | 96.5 | 665 | 170.7 | 1175 | 40.8 | 32 |
| 25 | | 88.9 | 615 | 169.5 | 1170 | 44.3 | 32 |
| 10 | 2050°F (1121°C)で 5分間 | 74 | 510 | 156.6 | 1080 | 53.4 | 27 |
| 15 | | 78.6 | 540 | 161.2 | 1110 | 51.9 | 28 |
| 20 | | 82 | 565 | 164.8 | 1135 | 47.6 | 31 |
| 25 | | 82.9 | 570 | 165.6 | 1140 | 48 | 30 |
| 10 | 2150°F (1117°C)で 5分間 | 66.9 | 460 | 148.1 | 1020 | 62.6 | 21 |
| 15 | | 73.6 | 505 | 156.1 | 1075 | 55.4 | 26 |
| 20 | | 72.1 | 495 | 154 | 1060 | 59.3 | 26 |
| 25 | | 68.5 | 470 | 149.3 | 1030 | 61.7 | 25 |

*厚さ 0.110 inch (2.8 mm) の薄板を冷間圧延した結果に基づく。

2回の繰り返し試験結果。

HRC = ロックウェル硬さ “C”。

溶接

HAYNES® 25 合金は、ガスタングステンアーク(TIG)、ガスメタルアーク(MIG)、シールドメタルアーク(SMAW)、電子ビーム溶接および抵抗溶接によって容易に溶接できます。溶接特性は、HAYNES® 188 合金に似ています。サブマージアーク溶接は、このプロセスが母材への入熱量が高く、溶接部の冷却が遅いという特徴を有しているため、お薦めできません。これらの要因は、溶接による拘束を増加させ、割れを促進する可能性があります。

母材の準備

溶接の前に、接合面および隣接する領域を完全に清浄にする必要があります。グリース、オイル、クレヨン、硫黄化合物、およびその他の異物はすべて除去しなければなりません。接合部が銅または銅含有材料と接触するのを避けなければなりません。溶接時に合金が溶体化処理されていることが好ましいですが、必ずしも必要ではありません。

溶加材の選定

25 合金の接合には、同一組成の溶加材を推奨します。シールドメタルアーク溶接には、HAYNES® 25 合金溶接棒(AMS 5797)を推奨します。25合金とニッケル基、コバルト基、あるいは鉄基材料との異種金属接合に対しては、個々のケースに応じて、25 合金(AMS 5796)、230-W® 溶加ワイヤ(AMS 5839)、HAYNES® 556® 合金(AMS 5831)、HASTELLOY® S 合金(AMS 5838)、または、HASTELLOY® W 合金(AMS 5786)の溶接製品をご提案します。更なる情報が必要な場合は、“溶接および加工”のパンフレットをご覧になるか、ウェブサイトの“Haynes Welding SmartGuide”をご利用ください。

予熱、パス間温度、および溶接後の熱処理

予熱は必要ありません。予熱は、通常、室温(典型的な作業環境条件)として指定されています。パス間温度は、200°F(93°C)以下に維持しなければなりません。汚染物を取り込むことがないのであれば、必要に応じて、溶接パス間に補助冷却手段を使用することができます。25 合金に対しては、溶接後の熱処理は、通常、必要ありません。更なる情報が必要な場合は、“溶接および加工”のパンフレットをご覧ください。

溶接部の引張特性 – 室温

| 形態 | 0.2%耐力 | | 極限引張強さ | | 伸び |
|---------------|--------|-----|--------|------|------|
| | ksi | MPa | ksi | MPa | |
| 薄板 | 69 | 476 | 144.5 | 996 | 54.7 |
| 厚板 | 68.7 | 474 | 145.1 | 1000 | 58.8 |
| 溶接部の横方向, GTAW | 72.4 | 499 | 134.2 | 925 | 36.5 |
| 全溶接金属, SMAW | 88.6 | 611 | 141 | 972 | 31.5 |

適合規格および基準

規格

| HAYNES® 25 合金 (UNS R30605) | |
|-------------------------------|--------------------------|
| 薄板、厚板および帯板 | AMS 5537 |
| ビレット、ロッドおよび棒 | AMS 5759 MIL-C-24252D |
| 被覆アーク溶接棒 | AMS 5797 |
| 裸溶接棒およびワイヤ | AMS 5796 |
| 継目なしパイプおよびチューブ | - |
| 溶接パイプおよびチューブ | - |
| 継手類 | - |
| 鍛造材 | AMS 5759 |
| DIN | - |
| その他 | NACA MR0175/ISO 15156 |

基準

| HAYNES® 25 合金 (R30605) | |
|---------------------------|-------|
| MMPDS | 6.4.1 |

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妥当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てはなりません。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。