

製品テストレポート

Swagelok Company
29500 Solon Road
Solon, OH 44139 U.S.A.

PTR-1208
Rev. F
January 2013
Page 1 of 5

試験名

ステンレス鋼チューブを取り付けた、316 ステンレス鋼製 Swagelok® ミディアム・プレッシャー・チューブ継手の回転曲げ試験

試験対象製品

特定のステンレス鋼チューブを取り付けた、以下に記載するステンレス鋼製 Swagelok ミディアム・プレッシャー・チューブ継手。各チューブ・サイズに対して、12 以上のサンプル数を使用した。

型番	チューブ・サイズ(外径 × 肉厚)、タイプ	チューブの硬度
インチ・サイズ		
SS-4FK0-1-4	1/4 インチ × 2.41 mm、焼きなまし	HRB 80
SS-4FK0-1-4	1/4 インチ × 1.65 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 25
SS-6FK0-1-4	3/8 インチ × 3.40 mm、焼きなまし	HRB 84
SS-6FK0-1-4	3/8 インチ × 2.11 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 22
SS-8FK0-1-4	1/2 インチ × 4.78 mm、焼きなまし	HRB 89
SS-8FK0-1-4	1/2 インチ × 2.77 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 23
SS-12FK0-1-16	3/4 インチ × 4.19 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 26
ミリ・サイズ		
SS-6MFK0-1-4	6 mm × 2.2 mm、焼きなまし	HRB 85
SS-6MFK0-1-4	6 mm × 1.5 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 23
SS-10MFK0-1-4	10 mm × 3.5 mm、焼きなまし	HRB 88
SS-10MFK0-1-4	10 mm × 2.2 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 28
SS-12MFK0-1-4	12 mm × 4.5 mm、焼きなまし	HRB 90
SS-12MFK0-1-4	12 mm × 2.8 mm、冷間引抜 1/8 ハード	HRC 25

試験目的

実験室条件下にて、さまざまなレベルの繰返し曲げ応力をチューブに加えた場合の Swagelok ミディアム・プレッシャー・チューブ継手の疲労耐性を調べること。

試験条件

試験に用いるサンプルの構成として、チューブ 1 本につき、チューブ継手 1 個を使用し、Swagelok ミディアム・プレッシャー・チューブ継手の取り付け方法に従い、取り付けを行った。試験は室温にて行った。

試験方法

回転曲げ振動試験は、SAE-ARP1185 に基づいている。ハイドロリック・オイルを用いてチューブの最高使用圧力まで加圧し、継手の接続部分に繰返し曲げ応力をかける。継手に漏れが生じた場合、チューブに破壊が生じた場合、あるいは回転サイクル数が 1,000 万回を超えた時点で試験を終了した。

ASME Pressure Vessel and Piping, volume 62 (ASME PVP-62) は、最大振幅 0.2 $\mu\text{m}/\text{mm}$ のたわみの繰り返し応力を与える振動が、頻発する配管システムの故障の原因であると報告している。ステンレス鋼製の場合、0.2 $\mu\text{m}/\text{mm}$ の応力レベルは、繰り返し応力 19.2 MPa に換算される。また ASME PVP-62 には、現場での配管システム測定データによると、1,000 万サイクルを超えた場合、無限のライフ・サイクルを持つとも言えることも記載されている。

ASME BPV Code, Section III NC-3673 には、さまざまなタイプの継手の応力集中係数が記載されている。例えば、突き合わせ溶接は $i = 1.0$ 、差し込み溶接は $i = 1.3 \sim 1.9$ 、ろう接継手は $i = 2.1$ 、パイプ継手は $i = 2.3$ である。応力強度ライン [$i = 1.0, 1.3, 2.3$ (グラフ上に記載)] は、炭素軟鋼製継手の疲労曲げ試験に基づいており、これにより、他の継手タイプとの目視比較が可能になる。応力強度ラインは次の公式 (ASME BPV Code, Section III, NC-3673 に記載) によって定義される。

$$i \times S = 1,688 \times N^{-0.2}$$

ここで、

S = 故障が発生する時点における曲げ応力の振幅 (MPa)

N = 故障が発生するまでのサイクル数

i = 応力集中係数

以下の手順で試験を行った。

1. 各サンプルを、回転曲げ試験台にセットした。(図 1 を参照)

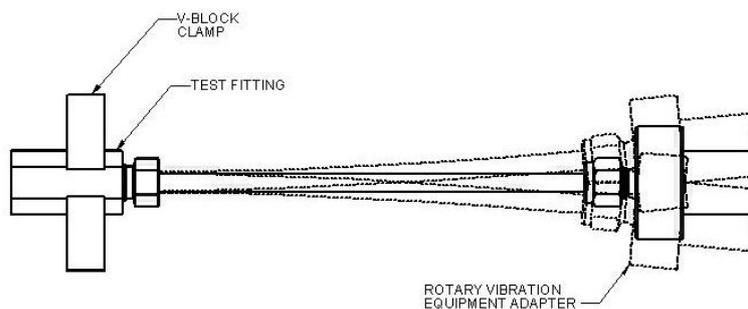


図 1

2. 各サンプルに、ジンバルによって回転オフセットを生じさせ、曲げ応力をかけた。曲げ応力値は、応力値/サイクル数 (S/N) グラフ作成のため選定した。これらの応力値は、高加速寿命試験手順に従っているが、特定の用途を示唆するものではない。

製品テスト・レポート

Swagelok Company
29500 Solon Road
Solon, OH 44139 U.S.A.

PTR-1208
Rev. F
January 2013
Page 3 of 5

3. チューブへの繰り返し曲げ応力は、実際に計測したチューブの曲げ応力(最大曲げ幅の 1/2)から算出した。

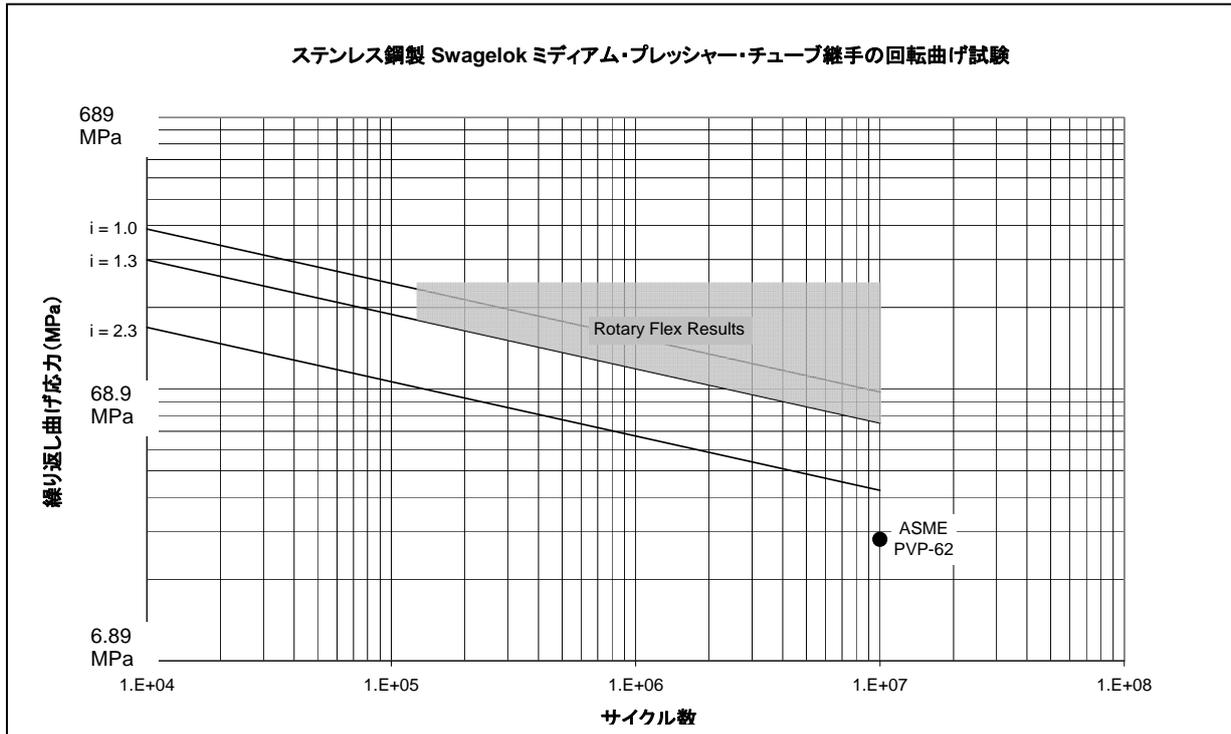
表 1	
繰り返し曲げ応力 (公称値) ^① (MPa)	サンプル数
158.4	41
124.0	52
89.5	47
68.9	41
TOTAL	181

① 応力:ゼロ点から最大まで

- 1/2 インチ以下のサイズ(ミリ・サイズも含む)のサンプルを、ハイドロリック・オイルを用いて 68.9 MPa まで加圧した。3/4 インチ・サイズのサンプルは、ハイドロリック・オイルを用いて 44.7 MPa まで加圧した。
- 継手に漏れが生じた場合、チューブに破壊が生じた場合、あるいは回転サイクル数が 1,000 万回を超えた時点で試験を終了した。継手に漏れが生じた場合、あるいはチューブに疲労破壊が生じた場合には、インライン型圧カトランスデューサーがそれを検知し、試験を停止した。
- データを元に、曲げ応力値/サイクル数(S/N)グラフを作成、結果を前述の ASME に基づくデータと比較した。
- 試験実施中漏れを検出せず、また与えられた曲げ応力に対する継手部の応力集中係数を $i = 1.3$ と想定して予想サイクル数の基準に適合、もしくはそれ以上の水準に達した場合、サンプルが回転曲げ試験に合格したと判断した。

試験結果

- 試験を通して、継手の漏れは検出されなかった。チューブに破壊が生じた場合、あるいは回転サイクル数が 1,000 万回を超えた時点で試験を終了することになっていたが、そのような状態には陥らなかった。
- 次の S/N グラフの影の部分に、ステンレス鋼製 Swagelok ミディアム・プレッシャー・チューブ継手に対する回転曲げ試験結果が含まれていた。この影の部分は、回転サイクル数が 1,000 万回の時点で途切れているが、これは漏れが発生しなくても、回転サイクル数が 1,000 万回に達した時点で、試験方法に従って試験を終了したためである。
- 繰り返し応力 19.9 MPa と回転サイクル数 1,000 万回が交差する点が、ASME PVP-62 が求めているポイントである。
- 316 ステンレス鋼製 Swagelok ミディアム・プレッシャー・チューブ継手は、ASME PVP-62 の推奨上限を大幅に上回る繰り返し応力に対しても、チューブの早期破損を防ぎ、漏れの無い状態を保った。継手は、サイクル数 1,000 万回時点で、ASME BPV Code Section III, NC-3673 に定義された応力集中係数 $i = 1.3$ を上回る値においても耐性を示したため、回転曲げ試験に合格と判断した。



これらのテストは、製品の推奨される使用条件を超えて行われたものです。製品カタログなどに記載されている仕様を超えて使用しないでください。

特定の用途を想定した試験ではないため、実際に使用される条件下での結果については保証いたしません。これらの選定条件や試験結果は、スウェージロック社が表明および保証を行うためのものではありません。また、実験室で行った試験のため、実際の使用条件を再現しているものではありません。試験結果は、統計学的に有意性のあるものとして提供するものではありません。圧力、温度などの技術情報につきましては、製品カタログをご参照ください。

安全な製品の選定について

安全にトラブルなく機能するよう、システム全体の設計を考慮して、製品をご選定ください。機能、材質の適合性、数値データなどを考慮し製品を選定すること、また、適切な取り付け、操作およびメンテナンスを行うのは、システム設計者およびユーザーの責任ですので、十分にご注意ください。

参考文献

SAE-ARP-1185, *Flexure Testing of Hydraulic Tubing Joints and Fittings*, SAE International, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096



製品テスト・レポート

Swagelok Company
29500 Solon Road
Solon, OH 44139 U.S.A.

PTR-1208
Rev. F
January 2013
Page 5 of 5

ASME *Pressure Vessel and Piping (PVP)*, Vol. 62, 1982, and ASME *Boiler and Pressure Vessel (BPV) Code, Section III*, 2007, ASME International, Three Park Avenue, New York, NY 10016-5990, www.asme.org

この日本語版製品テスト・レポートは、英語版製品テスト・レポートの内容を忠実に反映することを目的に、製作いたしました。日本語版の内容に英語版との相違が生じないよう、細心の注意を払っておりますが、万が一相違が生じてしまった場合には、英語版の内容が優先されますので、ご注意ください。