

超高純度工程仕様 (Swagelok® SC-01 仕様)

仕様書 SCS-00001 改訂 D

適用範囲

この仕様書では、電解研磨を行っている超高純度 (UHP) 用ステンレス鋼製品、ならびに超高純度用プラスチック製品の製造においてスウェージロック社が用いているガイドラインについて記述しています。この仕様書は、必ず製品カタログ、技術資料、技術情報と併せてご使用ください。

設計

製品カタログなどに記載されている水分分析、炭化水素分析、残留イオン濃度分析には、以下の規格が適用されます。

ステンレス鋼製品

- ASTM F1397「Standard Test Method for Determination of Moisture Contribution by Gas Distribution System Components」に基づいた水分分析
- ASTM F1398「Standard Test Method for Determination of Total Hydrocarbon Contribution by Gas Distribution System Components」に基づいた炭化水素分析
- ASTM F1374「Standard Test Method for the Determination of Ionic/Organic Extractables of Internal Surfaces – IC/GC/FTIR for Gas Distribution Systems Components」に基づいた残留イオン濃度分析

プラスチック製品

プラスチック製品はすべて、SEMI F57「Provisional Specification for Polymer Components Used in Ultrapure Water and Liquid Chemical Distribution Systems」に基づいて設計されています。

材質に関するガイドライン

ステンレス鋼

ステンレス鋼は、耐食性と耐酸化性を有するため、ガス・システム用超高純度用製品の材料としてよく使用されています。特に、AISI タイプ 316L (UNS S31603) 低炭素ステンレス鋼は、溶接または応力除去後の粒界腐食に対する耐性を有するため、業界ではもっとも広く使用されています。なお、バルブ・シート、ダイヤフラム、ガスケット、O リングは、耐薬品性に関するお客様の多様なご要望にお応えできるよう、さまざまな材質をご用意しています。

- ステンレス鋼製バー・ストックは、以下の規格に準拠しています。
 - ASTM A479「Stainless and Heat-Resisting Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels」
 - ASTM A484「Specification for General Requirements for Stainless and Heat-Resisting Bars, Billets, and Forgings」
 - ASTM A276「Stainless and Heat-Resisting Bars and Shapes」
- ステンレス鋼材の一次処理は、アルゴンと酸素の混合ガスによる脱炭法 (AOD)、または真空誘導溶解法 (VIM) のいずれかを行います。接液・接ガス部コンポーネントの清浄度をさらに高めるため、二次処理として、真空アーク再溶解法 (VAR) を行う場合もあります。
- すべての超高純度用製品において、化学成分を常に一定にするため、スウェージロックでは、その中で特に重要な成分に対する要件を、より厳しく管理しています。(表 1 参照)
- ステンレス鋼製品の評価には、以下に示すものなどがあります。
 - 材料の適合性は、ASTM A262 Practice A「Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels」に基づいて評価します。
 - 化学成分は、ASTM A751「Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products」に基づいて評価します。
 - 表面の品質は、ASTM E214「Practice for Immersed Ultrasonic Testing by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves」に基づいた超音波テストまたはスウェージロックの仕様に基づいた渦流浸傷テストによって評価します。
 - 介在物は、ASTM E45「Standard Practice for Determining the Inclusion Content of Steel, Method A」Plate I-r によるレーティングに基づいて、JK テストを実施して検出します。

表 1：スウェージロックのステンレス鋼仕様
質量に対する割合 (%)

成分	Swagelok 316 AOD	Swagelok 316L AOD	Swagelok 316L VAR	Swagelok 316L VIM-VAR
C (炭素)	0.035 ~ 0.050	0.015 ~ 0.030	0.015 ~ 0.030	0.015 ~ 0.030
S (硫黄)	0.020 ~ 0.030	0.005 ~ 0.030	0.005 ~ 0.012	0.005 ~ 0.010
Mn (マンガン)	1.50 ~ 2.00	1.00 ~ 1.50	1.00 ~ 1.50	0.15 ~ 0.40

材質に関するガイドライン (続き)

プラスチック材

プラスチック材は、超高純度液体用のコンポーネント材質としてよく使用されています。スウェージロックでは、耐薬品性と純度に優れた、次世代 PTFE (ポリテトラフルオロエチレン) 材を使用しています。プラスチック材の化学成分は、以下の規格に基づいています。

- ASTM D3294 [Standard Specification for PTFE Resin Molded Sheet and Molded Basic Shapes]
- ASTM D4894 [Standard Specification for Polytetrafluoroethylene (PTFE) Granular Molding and Ram Extrusion Materials] for Type I, Grade 1 polytetrafluoroethylene

製造/表面仕上げ

製造過程において寸法および表面仕上げを厳密に管理しています。機械加工されたコンポーネントには、いずれも極めて精巧な表面仕上げを施し、スムーズかつ障害物を一掃した流路にし、溶接エンドを直角にすることで、たまり部分やパーティクル数を最小限に抑えています。

表面粗さおよび表面仕上げの基準は、以下の規格に基づいています。

- ステンレス鋼製品：SEMI F19 [Specification for the Surface Condition of the Wetted Surfaces of Stainless Steel Components] の基準、および SEMI F37 [Method for Determination of Surface Roughness Parameters for Gas Distribution System Components] の手順
- プラスチック製品：SEMI F57 [Provisional Specification for Polymer Components Used in Ultrapure Water and Liquid Chemical Distribution Systems]

R_a (粗さ測定) は、ASME B46.1 [Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)] により、評価範囲内の長さで中心線から算出した、高さの偏差の絶対値の算術平均と定められています。

- スウェージロックの超高純度用ステンレス鋼製品の接液・接ガス部表面は、 $R_a = 0.13 \mu\text{m}$ で仕上げられています。ただし、以下の製品は、 $R_a = 0.20 \mu\text{m}$ で仕上げられています。

- ベローズ・シール・バルブ (BN シリーズ、HB シリーズ)
- ダイアフラム・バルブ (DL シリーズ、DS シリーズ)

- スウェージロックの超高純度用プラスチック製品の接液・接ガス部表面は、SEMI F57 に基づき、最大 $R_a = 0.62 \mu\text{m}$ で機械加工されています。

スウェージロックの製品カタログに記載されている表面粗さの数値は、工程平均、または SEMI F37 に基づいた特定の生産工程における算術平均を示しています。

表面粗さおよび表面仕上げは、ASME B46.1 に準拠した適切な表面粗さ計を用いて評価します。測定は、継手あるいはバルブ・ボア上で、テーパ面、交差部分、溶接部分を除いた最長部分に対して行います。

電解研磨/不動態化処理 (ステンレス鋼のみ)

継手およびバルブ・ボディの接液・接ガス部表面は、表面状態を向上させ、酸化クロムによる耐食性層を形成するため、電解研磨を施しています。電解研磨後には必ず、浮遊鉄を取り除くため、表面の不動態化処理を行います。

- 電解研磨工程は、ASTM E1558 [Electrolytic Polishing of Metallographic Specimens] に基づき、専用のフィクスチャーを用いて処理します。
- 不動態化処理は、ASTM A380 [Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems] に基づいて行います。
- 電解研磨および不動態化処理の評価は、表2に基づいて行います。

表 2: 検証法および仕様

パラメーター	仕様	テスト方法
クロムと鉄 (Cr/Fe)	比率 ≥ 2.0	SEMI F60 に基づく化学分析用電子分光法 (ESCA)
酸化クロムと酸化鉄 (CrO/FeO)	比率 ≥ 2.0	
酸化膜の厚さ	$\geq 15\text{\AA}$ ^①	SEMI F72 に基づくオージェ電子分光法 (AES)
表面欠陥分析	5 サンプル内に 40 欠陥以下 ^②	SEMI F73 に基づく走査型電子顕微鏡 (SEM) 分析
外観	全部品とも、均一な粗さ、均一な光沢に仕上げられており、反射率の高い鏡面となっていること。 ^③	明るい補助光源を用いた、完成品の肉眼による目視検査

① 工程平均値

② HB、BN、DS、DL、LD シリーズのボディ部を除く

③ 特殊形状、または HB、BN、DS、DL、LD シリーズのボディ部を除く

工程仕様に関する重要な注意事項：

電解研磨された超高純度製品はすべて、前述の項目 (設計、材質に関するガイドライン、製造/表面仕上げ、電解研磨/不動態化処理) に基づいて処理されます。製品型番にコード「P1」が含まれる場合は、製品のクリーニング、組み立てとテスト、パッケージング要件に関する「特別なクリーニングおよびパッケージング (Swagelok SC-11 仕様)」が適用されます。製品型番にコード「P」が含まれる場合は、製品のクリーニング、組み立てとテスト、パッケージングの要件は、本仕様書のこれより後の部分に記載された方法が適用されます。

電気化学的な臨界孔食温度 (ステンレス鋼のみ)

局部腐食に対する耐食性を判断するため、ASTM G150「Standard Test Method for Electrochemical Critical Pitting Temperature of Stainless Steels」に基づいて、電気化学的な臨界孔食温度 (CPT) テストを行いました。CPT テストでは、設定電位における設定限界値を超えて、電流密度が急速に高くなる時点の温度を測定します。塩化ナトリウム溶液を使用し、不動化領域において電位は一定に保たれます。

表 3：臨界孔食温度

パラメーター	仕様	テスト方法
臨界孔食温度	> 13°C	ASTM G150

クリーニング／乾燥

超純水によるクリーニング・システムは、外部環境から隔離されているため、パーティクル・コンタミネーションが制限されています。製品は、一連の超音波クリーニング、数段階の超純水リンス・タンク工程を経て、乾燥チャンバーに移動します。超純水の特性は、以下のガイドラインに基づいています。

- ステンレス鋼製コンポーネント：SEMI E49.6「Guide for Subsystem Assembly and Testing Procedures — Stainless Steel Systems」
- プラスチック製コンポーネント：SEMI E49.7「Purity Guide for the Design and Manufacture of Ultrapure Water and Liquid Chemical Systems in Semiconductor Process Equipment」

表 4：超純水の特性

特性	仕様
抵抗負荷	$\geq 17.5 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ (25°C にて)
総有機性炭素 (TOC) 量	< 20 ppb
二酸化ケイ素	< 5 ppb
バクテリア	< 10 コロニー /100 mL
高温超純水の温度	60°C (最低)

組み立て／テスト

空気中のコンタミネーションから保護するため、部品は保護された状態で、クリーニング・システムから組み立てとテストを行うクリーンなエリアに直接送られます。

- クリーン・エリアは、ISO 14644-1「Cleanrooms and Associated Controlled Environments」に基づいてパーティクル・テストを行い、クラス分けされます。記載されているパーティクル・カウントは、大気中の 0.5 μm 以上のパーティクルの最大濃度限界 (パーティクル / m^3) を表しています。
- 表 5 は、ISO 14644-1 に基づいたスウェージロックの該当するクラスです。

表 5：クリーンルームおよびワーク・エリアの該当クラス

エリア	Federal Standard 209E	ISO 14644-1 (パーティクル / m^3)
ステンレス鋼製品		
クリーンルーム	クラス 100	クラス 5 (3 520)
ワーク・エリア、層流ベンチ、搬入室	クラス 10	クラス 4 (352)
プラスチック製品		
材料保管エリア、防塵衣更衣室、準備室、組み立てエリア	クラス 10 000	クラス 7 (352 000)

- 特定の製品の性能テスト要件および結果は、製品カタログに記載されています。

パッケージング／表示

スウェージロック製品は、出荷時の外部からのコンタミネーションを遮断するため、パッケージングされます。製品および製品を用いて組み立てる際のシステムのコンタミネーションを低減するため、製品表示およびトレーサビリティに関する情報は、製品パッケージを開封せずに確認できます。

パッケージングと製品表示手順は、以下の要件を満たしています。

- ステンレス鋼製品：SEMI E49.6「Guide for Subsystem Assembly and Testing Procedures — Stainless Steel Systems」
- プラスチック製コンポーネント：SEMI F57「Provisional Specification for Polymer Components Used in Ultrapure Water and Liquid Chemical Distribution Systems」

参考文献

ASME 規格

ASME B46.1, "Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay) "

ASTM 規格

ASTM A262, "Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels"

ASTM A276, "Stainless and Heat-Resisting Bars and Shapes"

ASTM A380, "Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems"

ASTM A479, "Stainless and Heat-Resisting Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels"

ASTM A484, "Specification for General Requirements for Stainless and Heat-Resisting Bars, Billets, and Forgings"

ASTM A751, "Test Methods, Practices, and Terminology for Chemical Analysis of Steel Products"

ASTM D3294, "Standard Specification for PTFE Resin Molded Sheet and Molded Basic Shapes"

ASTM D4894, "Standard Specification for Polytetrafluoroethylene (PTFE) Granular Molding and Ram Extrusion Materials" for Type I, Grade 1 Polytetrafluoroethylene

ASTM E45, "Standard Practice for Determining the Inclusion Content of Steel, Method A"

ASTM E214, "Practice for Immersed Ultrasonic Testing by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves"

ASTM E1558, "Electrolytic Polishing of Metallographic Specimens"

ASTM F1374, "Standard Test Method for the Determination of Ionic/Organic Extractables of Internal Surfaces — IC/GC/FTIR for Gas Distribution System Components"

ASTM F1397, "Standard Test Method for Determination of Moisture Contribution by Gas Distribution System Components"

ASTM F1398, "Standard Test Method for Determination of Total Hydrocarbon Contribution by Gas Distribution System Components"

ASTM G150, "Standard Test Method for Electrochemical Critical Pitting Temperature of Stainless Steels"

ISO 規格

ISO 14644-1, "Cleanrooms and Associated Controlled Environments"

SEMI 規格

SEMI E49.6, "Guide for Subsystem Assembly and Testing Procedures — Stainless Steel Systems"

SEMI E49.7, "Purity Guide for the Design and Manufacture of Ultrapure Water and Liquid Chemical Systems in Semiconductor Process Equipment"

SEMI E49.9, "Guide for Ultrahigh Purity Gas Distribution Systems in Semiconductor Manufacturing Equipment" (pending adoption of SEMI E49.8 revision)

SEMI F19, "Specification for the Surface Condition of the Wetted Surfaces of Stainless Steel Components"

SEMI F37, "Method for Determination of Surface Roughness Parameters for Gas Distribution System Components"

SEMI F57, "Provisional Specification for Polymer Components Used in Ultrapure Water and Liquid Chemical Distribution Systems"

SEMI F60, "Test Method for ESCA Evaluation of Surface Composition of Wetted Surfaces of Passivated 316L Stainless Steel Components"

SEMI F72, "Test Method for Auger Electron Spectroscopy (AES) Evaluation of Oxide Layer of Wetted Surfaces of Passivated 316L Stainless Steel Components"

SEMI F73, "Test Method for Scanning Electron Microscopy (SEM) Evaluation of Wetted Surface Condition of Stainless Steel Components"

この日本語仕様書は、英語版仕様書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、万が一相違が生じた場合には、英語版の内容が優先されますので、ご留意ください。