

圧着ハンドブック
(産業向け)
注文番号 64016-0065

目次

セクション

- 1 圧着技術の紹介
- 2 目的と適用範囲
- 3 定義と用語
- 4 関連用具
- 5 端子の概要
 - 5.1. 圧着端子の特徴
 - 5.2. バレルセレーション／デンプル
 - 5.3. バレルの形状
 - 5.4. スリーブ
- 6 作業手順
 - 6.1. 電線の準備
 - 6.2. プレス機のセットアップと操作
 - 6.3. 圧着ハンドツールのセットアップと操作
 - 6.4. エア式圧着ツールのセットアップと操作
 - 6.5. 圧着ダイ
- 7 高品質の圧着
 - 7.1. オープンバレル圧着の目視点検
 - 7.2. クローズドバレル圧着の目視点検
- 8 正しい圧着の重要性
 - 8.1. 条件
 - 8.2. テスト
 - 8.3. 最終引っ張り値
 - 8.4. 電気抵抗
 - 8.5. 圧着部
- 9 その他

セクション 1

圧着技術の紹介

圧着技術は、はんだを使用した末端加工に代わる方法として開発されたもので、比較的 low コストで端子と電線を実際に接続できます。圧着加工の方法は、用途や量に応じて異なり、ハンドヘルド装置から全自動システムまでの幅広い選択肢があります。

加工方法には、基本的なハンドツール、プレスおよびダイセット、ストリッパークリンパー、全自動電線加工システムなどがあります。ただし、どの方法を使用する場合でも、高品質の圧着状態を実現するためには、各ツールのセットアップが非常に重要な役割を果たします。

現在、多くの OEM 企業では、統計的工程管理を使用して、圧着加工の品質改善に取り組んでいます。圧着加工は複雑なプロセスであるため、高い品質を安定的に確保するには、圧着技術に内在する変動性と相関性について理解する必要があります。

圧着加工や圧着加工に影響を及ぼす可能性のある要因について十分に理解していないと、期待通りの結果が得られないことがあります。圧着加工における3つの重要な要素は、端子、電線、およびツーリングです。

端子

ほとんどの用途において、コネクタメーカーが1種類の電線サイズ、1種類の撚り線、1種類の絶縁被覆部直径 (ULタイプ) および MIL 規格に対応するように端子を設計したのでは、経済的に実用性がありません。ほとんどの端子は、対応する電線サイズ、撚り線、絶縁被覆部直径に一定の幅があり、対応範囲内であれば、許容レベルの品質を満たすことができるように設計されています。

電線

同じ電線サイズでも、心線の撚りと絶縁被覆部にはさまざまな種類があります。例えば、19撚り線の 18 AWG には、16撚り線の 18 AWG よりも 18 % 以上多い材料が含まれています。18 AWG 電線の絶縁被覆部直径は、1.78mm (0.070") から 4.57mm (0.180") を超える種類まで多岐にわたります。心線には、銅、錫めっき、オーバーコート、トップコードなどの種類があります。絶縁被覆部の材質、厚さ、およびデュロメーター硬度は用途に応じて異なります。

ツーリング

圧着端子の取り付けでは、どんな種類のツーリングが必要ですか。取り付けでは、手作業による電線のはぎ取りが必要ですか。それとも、数量が多いため、自動ワイヤーストリッパが必要ですか。取り付けおよび数量を考慮した場合、ハンドツール、プレスおよびダイ、自動電線加工機のうち、どれが必要ですか。ハンドツール、半自動プレスおよびダイ、全自動電線加工機のいずれを使用した場合でも、必ず圧着にはそれぞれレベルの異なるバラツキが伴います。端子、電線、およびアプリケーションツーリングのすべてが、圧着完了時の品質に影響を及ぼします。

セクション 2

目的と適用範囲

目的

本書には、圧着加工を正しく理解し、良好な圧着加工を実現するための一般的なガイドラインと手順が記載されています。セクション3の用語集には、一般的な用語と定義が記載されています。セクション4には、正確な測定と圧着状態の良否判定に必要なツールが記載されています。

オープンバレルの場合、ツーリングのセットアップが圧着完了時の品質に重大な影響を及ぼします。注意の必要な箇所は、クリンプハイト、心線ブラシ、ベルマウス、カットオフタブ長さ、ストリップ長さ、被覆部の位置などです。これらの特性に1つでもバラツキがあると、引っ張り強度が低下する可能性があります。これらの特性はすべて相互に影響し合っているため、バラツキの許容範囲を簡単に確定することはできません。

例えば、ベルマウスを変更しようとしてトラック調整を行うと、カットオフタブ長さや被覆部の位置も変化します。また、ストリップ長さや電線位置は心線ブラシと被覆部の位置に影響を及ぼします。被覆部クリンプハイトを調整すると、心線クリンプハイトの測定値にわずかな変化が生じる可能性があります。最適なセットアップを実現するために、セットアップ担当者は複数箇所の調整が必要になることがあります。

セットアップを行うときの作業順序次第で、最適なセットアップを実現するまでに必要な作業の繰り返しを減らせる可能性があります。

本書は、内容の一部または全部をISO要件準拠のための手順ガイドとして使用できるように構成されています。

適用範囲

本書は、モレックス製ツーリングを使用して、モレックス製のオープンバレル圧着端子およびクローズドバレル圧着端子を圧着するお客様向けに発行されています。

本書の内容は、他のコネクタメーカーや個々の企業のガイドラインおよび手順とは多少異なることがあります。

本書には、許容範囲の圧着に求められる事項について、基本的な説明が記載されています。本書は個別の製品および／またはツーリング仕様に代わるものではありません。

個々の端子またはアプリケーションには、特別な要件が設定されていることがあります。ツーリングの制限により、最適な要件を満たすように特性を調整できないこともあります。

セクション 3

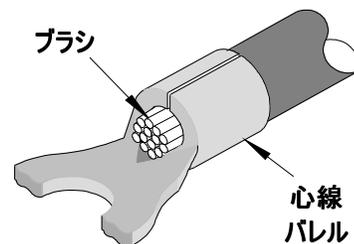
定義と用語

- **AWG**
American Wire Gauge (米国電線規格) の略。この規格は、単一の丸形および非鋼の単線電線の直径を規定する多くの規格の中で、米国で最も認知度の高い規格です。撚り線は、心線のみ (電流容量) の総断面積と、対応する単線の断面積の比較に基づいて規定されています。
- **バレル**
端子または接点の後端部。心線、被覆部またはその両方に圧着されます。心線を收容するように設計されている場合、ワイヤーバレルと呼ばれます。被覆部を支持する、またはつかむように設計されている場合、被覆バレルと呼ばれます。
- **ベルマウス**
被覆圧着部に最も近いワイヤーバレルの未加工部。実際の圧着によって生じるもので、漏斗的な役割を果たし、バレルの鋭利な端部により電線が損傷する可能性を低減します。
- **曲げテスト**
被覆圧着部のテスト方法として、電線を数回曲げて、被覆部と心線の動きを評価する方法があります。一般的に、被覆圧着部はすべての方向で60~90度の曲げに数回耐える必要があります。小さいサイズの電線でテストを行う場合には、被覆圧着部の裏側の電線が切れないように注意してください。
- **突き合わせスリーブ**
2本の導線を重ねずに端同士突き合わせて接合する接続子。
- **面取り**
電線をバレルに挿入しやすくするために、端子のバレル入口の内側端部に角度を付けること。
- **サーキュラーミル (CM)**
電線サイズの表示に使用される面積の単位。導線の総断面積を示します。1サーキュラーミルは直径1ミル (0.001インチ) の導線の断面積に相当します。

- **CMA**
Circular Mil Area (サーキュラーミルエリア) の略。

- **接触面**
2つの導線同士、または1つの導線と1つのコネクタが接触する面。この面を通じて電流が流れます。

- **心線ブラシ**
心線ブラシとは、端子の接点側でワイヤーバレルから突き出た束状の心線を指します。心線ブラシがあることにより、心線圧着部の全長にわたって機械的圧縮が発生していることを確認できます。心線ブラシは、接触面に到達しない範囲にとどめる必要があります。



- **心線圧着**
電線の心線を囲んでいる端子の金属的な圧縮を指します。この接続により、低抵抗および高電流容量の電気経路が生成されます。

- **心線クリンプハイト (オープンバレルクリンプ)**
心線クリンプハイトとは、形成された圧着部の上面部から下側湾曲部までの高さです。この測定には、突出部を含めてはいけません。クリンプハイト測定は、破壊を伴わずに簡単に実施することができ、端子が電線の心線に金属的に正しく圧縮されていることを確認できるため、工程管理での使用に適しています。クリンプハイト規定値は、電線の撚りおよびコーティング、端子材質、めっき全般における電氣的性能と機械的性能のバランスを考慮して設定されるのが一般的です。クリンプハイトを個々の撚りおよび端子めっきに応じて最適化することも可能ですが、通常は1つのクリンプハイト規定値が設定されます。

* 個々の端子の仕様要件を調べてください。

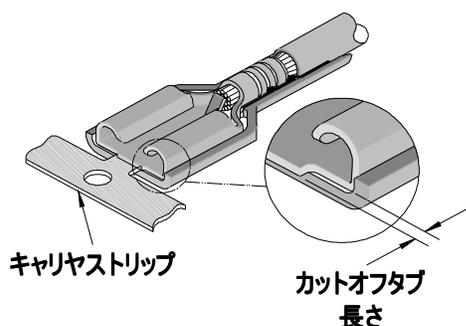
- **圧着**
コネクタまたはバレルを物理的に圧縮 (成形) してケーブルに密着させ、電氣的に接続する行為。張力緩和のために、圧着後の端子の被覆部を別途圧着することがあります。

■ **CSA**

Canadian Standards Association (カナダ規格協会) の略。CSAは独立のカナダ試験機関で、UL (Underwriters Laboratories Inc.: アンダーライターズ・ラボラトリーズ・インク) と似た機関です。

■ **カットオフタブ長さ**

端子がキャリアストリップから離れた後に、端子の端から突き出している部分の長さを示します。一般的に、カットオフタブはハウジングスリーブからの突き出し量が 0.254 mm (0.010”) 以内である必要があります。カットオフタブが長すぎると、ハウジングの外側に端子が露出したり、電気的スペースの要件を満たせなくなることがあります。ほとんどの場合、材料の厚さに合わせてカットオフタブが同一面になるようにツールをセットアップします。



■ **絶縁耐力テスト**

定格値よりも高い電圧を一定時間印加して行うテストで、通常条件での絶縁材およびスペーシングの破損に対する耐性を確認するために行われます。このテストを行うと、圧着作業により端子の絶縁被覆に穴あきや破損が発生しなかったかを確認できます。

■ **突き出し (フラッシュ)**

このようなわずかな張り出しは、パンチとアンビルツールとの隙間から生じるもので、ワイヤーバレルの下側に発生します。アンビルが摩耗している場合や端子を圧着しすぎた場合、突き出し量が多くなります。パンチとアンビルの位置合わせが正しくない場合、不均等な突き出しが発生することがあります。

■ **フェール**

圧着コネクタを遮蔽ケーブルまたは同軸ケーブルに接合するときに使用される短いチューブ。圧着端子の被覆グリップスリーブとして使用されます。

■ **フラッシュ**

ワイヤーバレルでの絶縁材または金属の異常なはみ出し。フラッシュが確認される場合、圧着ツールに位置合わせ不良または摩耗があるため、その圧着ツールを使用してはいけません。

■ **拡管形**

電線を簡単に素早く挿入できるように、挿入口が開いている圧着端子または接合バレル。

■ **気密シール**

軟質金属を高い接触圧力で使用する密着システムで、接続時に金属が膨径し、その結果形成される接合により接触面への汚染ガスの侵入が防止されます。

■ **ゲージ**

測定器具の1つで、「良好」および「不良」ピンまたは形状を使用して、特定項目が許容範囲内かどうかを判定します。

■ **ハーネス**

電子装置または電気装置の回路ネットワークを形成するために1つにまとめた電線またはケーブルの集合体。通常、1つのハーネスは複数のケーブルを適切な長さに切断して、終端処理を施し、1つにまとめたもので、この状態で装置に組み付けられます。

■ **被覆圧着部 (ストレインリリーフ)**

心線および被覆の両方を取り巻く圧着部。この圧着により、被覆部の後退による心線の露出を防止でき、振動への耐性も向上します。

■ **被覆部クrimpハイト**

被覆部の厚さ、材質、硬さにはさまざまな種類があるため、モレックスでは、被覆部クrimpハイトを指定しません。ほとんどの端子は、複数の種類の電線に対応するように設計されています。端子の対応範囲内でも、被覆グリップが電線の全周を囲めない場合や電線の直径を完全には囲めない場合があります。このような状況でも、ほとんどの場合、許容範囲内の被覆圧着が得られます。

- ✓ 大型の被覆グリップは、電線の 88%以上を確実につかむ必要があります。
- ✓ 大型に含まれない小さい被覆グリップは、電線の 50%以上を確実につかみ、電線の頂部をしっかり保持する必要があります。

被覆部の状態を判定するには、電線を端子後部と同一面で切断します。最適な取り付け設定が得られたら、被覆部クリンプハイトを文書に記録しておくことが重要です。これにより、セットアップ手順の一環として、オペレーターは被覆部クリンプハイトを点検できます。

■ **ロケーター**

端子、スリーブ、または接点を圧着ダイに位置決めするための装置。

■ **MCM (またはkcmil)**

サーキュラーミルを基準にした面積の単位で、1000 サーキュラーミルに相当します。電線サイズが 4/0 AWG よりも大きい場合に、AWG の代わりに使用されるのが一般的です。

■ **メガ (mega、M)**

100 万を表す接頭辞。例: 1 メガボルト = 100 万ボルト

■ **マイクロ (micro、μ)**

100 万分の 1 を表す接頭辞。例: 1 マイクロボルト = 100 万分の 1 ボルト

■ **ミルスペック (MIL規格)**

米国軍用規格。米国政府の (通常は米軍向け) の要件に基づき、製品の品質基準として使用される規格。例えば、MIL-T-7928は端子、ラグ、スリーブ、導線、圧着タイプなどに適用されます。

■ **機械的強度**

接続部の強度を保証する目的、または気密シールの実現のために必要な電線および端子の圧搾量を示す目的で使用されます。電線を圧着するときには、電線がコネクタから抜けない程度の力を加えますが、電線が端子内ではつぶれることのないように力を加減することが重要です。力を加えすぎると、断線する可能性があります。心線に切り傷または切り落としがあると、接続状態が弱まります。

■ **ネスト**

圧着ダイの一部で、圧着中にバレルを支持または成形する部分。

■ **PSI、psi**

Pound-Force per Square Inch (重量ポンド毎平方インチ) の略で、圧力の単位 (非SI単位)。主に空気など気体の圧力を表すときに使用されます (75 psiなど)。

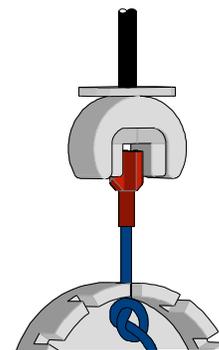
■ **重量ポンド (lbf)**

力の単位。1 lbfは地表で質量1 lbの物体にかかる重力、またはその物体 (静止) が支持台に及ぼす力 (質量1 lbの物体がワイヤーに吊されている場合、そのワイヤーに約1 lbfの力 (下方向) が作用する) に相当します。

■ **引っ張り強度テスト**

引っ張り強度テストは、破壊を伴わずに、圧着加工の機械的特性を簡単に評価することができる方法です。

引っ張り強度テストの結果が許容範囲から外れている場合、工程に問題があることを示しています。はぎ取り作業での心線の切断または切り傷、ペルマウスまたは心線ブラシの不足、クリンプハイト不良、ツーリングの不良などは、引っ張り強度の低下の原因になります。電線の特長や撚り、端子設計 (材料の厚さとセレーション設計) も引っ張り強度テストの結果に影響を及ぼす可能性があります。



引っ張り強度テストの結果が許容範囲内である場合、圧着時に適切な圧着力が加えられていることを表しています。圧着加工時には、十分な力を加えることで、はぎ取り後の心線に形成される非導電性の酸化膜を破り、端子グリップ内側の錫めっきをはがす必要があります。この状態は、金属同士の良好な接続を実現するために必要です。この状態にならないと、抵抗が増加します。圧着端子を圧着しすぎると、導体部の断面積が小さくなり、抵抗が増加します。

■ **セレーション**

端子の表面にある鋸歯状の溝。これにより、導線を確実につかむことができます。接触面が増えることにもなります。

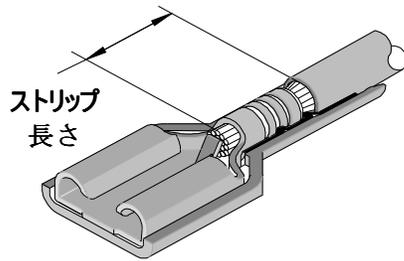
■ **無はんだ**

はんだ不使用を意味しますが、モレックスの文書では、特に圧着ツールを使用した接合を意味します。

- **スリーブ**
2つ以上の導体を接合するときに使用する接続子。

- **ストリップ長さ**
ストリップ長さは、被覆をはぎ取った後に露出した心線部分の長さを測定して特定します。被覆位置を中央に配置したとき、ストリップ長さにより心線ブラシ長さが決定されます。

* 個々の端子の仕様要件を調べてください。



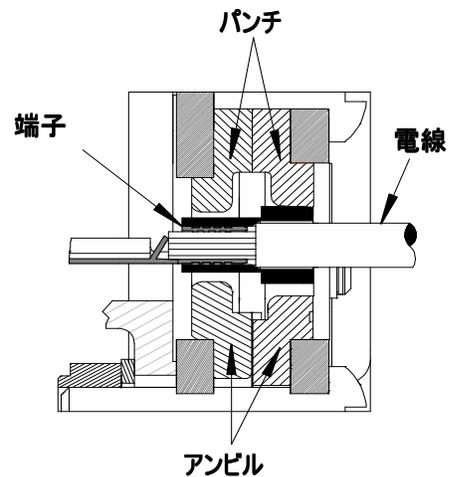
- **タブ**
電気部品の平らで長方形のメーラ（おす）接続タブ。フィメーラ（めす）クイックディスコネクトに対応するために、さまざまなサイズがあります。

- **引っ張りテスト**
圧着された電線の機械的強度を特定するための引っ張りテスト。電線サイズごとに特定の最小値が設定されています。セクション 8 を参照してください。

- **端子**
電線またはケーブルの端部に終端処理として取り付け、電気的な接続ができるようにする金具。接点の同義語です。主なタイプは、オープンパレルとクローズドパレルの 2 種類です。端子は次の部位から構成されています。

<u>被覆パレル</u>	電線の被覆を圧着または支持して確実につかむ部分。
<u>ワイヤーパレル</u>	裸線を圧着する部分。
<u>接触面</u>	相手側部品と接続するときに接触する部分。

- **端子位置**
端子位置は、成形パンチおよびアンビル、キャリヤストリップカットオフツールに対する端子のアライメントによってセットされます。心線、カットオフタブ長さ、端子突き出しはツールのセットアップによって決まります。



- **UL**
Underwriters' Laboratories, Inc. (アンダーライターズ・ラボラトリーズ・インク) の略。1894 年に設立された機関で、デラウェアの法律で非営利組織として認可されています。UL は材料、機器、製品、装置、工法およびシステムを、生命および財産に及ぼす危険性という観点で調査するために研究施設を設立、維持および運営しています。

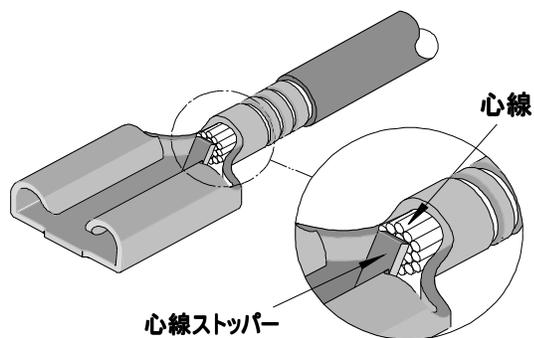
- **電圧降下テスト**
構成部品または導体とそのゼロ以外の電気抵抗に電流が流れることにより構成部品または導体の端子間に発生する電圧を調べるテスト。このテストでは、圧着部の電氣的完全性が検査されます。

- **電線**
電流への抵抗が小さい導線を内部に 1 つにまとめて、適切な絶縁体を被覆として組み合わせたもの。電線には単線と撚り線があります。単線は単心の導線で、撚り線は複数の単線を束ねてよりあわせ、1 つの導線の役割を果たすようにしたものです。

- **電線サイズ**
電線にはさまざまなサイズ（太さ）があり、流すことのできる電流の量が異なるため、用途に応じて使い分けられます。サイズ（AWG）は 8、10 などのように数字で示され、その後に米国電線規格を表す AWG の文字が続きます。

■ **心線ストッパー**

端子のワイヤーバレルの端にあるストッパー。このストッパーの働きにより、心線がバレルを完全に通り抜けてしまうことを防止でき、心線が接点の機能を妨げるという事態を回避できます。

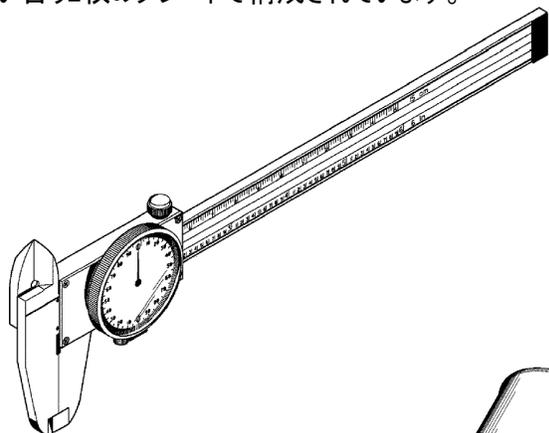


セクション 4

関連用具

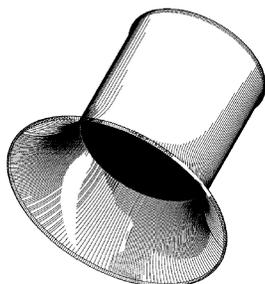
- **キャリパ**

2点間の直線距離の測定に使用されるゲージで、向かい合う2枚のブレードで構成されています。



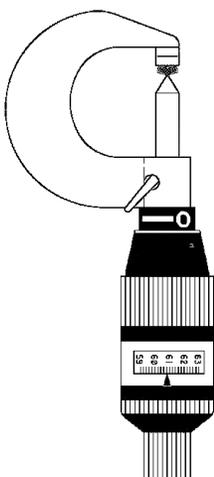
- **アイルーペ**

拡大鏡で、通常は10倍以上の倍率です。アイルーペは圧着加工部の目視検査に役立ちます。



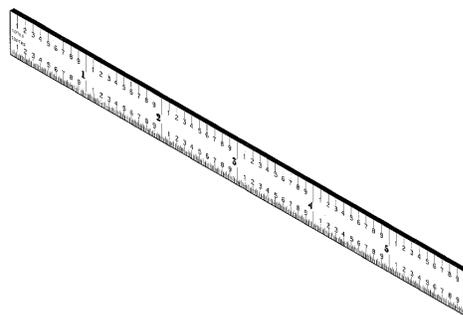
- **クランプマイクロメータ**

クランプハイトの測定専用として設計されたマイクロメータです。ベルマウスの影響を受けないように、圧着部の中心で測定を行います。クランプマイクロメータには、圧着部の上部を支える薄いブレードと、下部の湾曲面に接触する尖端部があります。



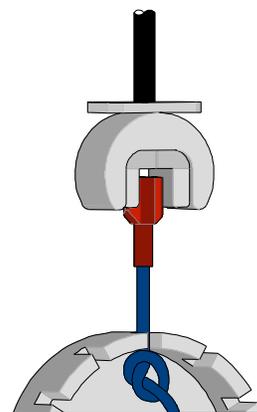
- **定規 (ポケットスケール)**

ベルマウス、カットオフタブ、心線ブラシ、ストリップ長さ、および電線位置の測定に使用されます。最小目盛りが0.50 mm (0.020") の製品が推奨されます。



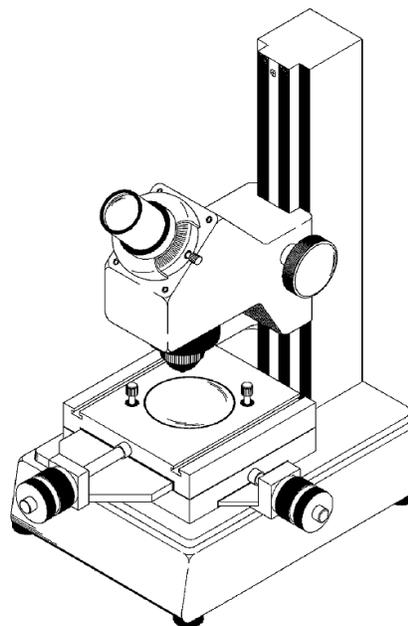
- **プルテスター**

圧着加工部の機械的強度を検証するときに使用される機器。ほとんどの引っ張り強度テストでは、電線を固定して一定速度で引っ張り、ロードセルで力を測定する機器が使用されます。プルテスターは、電線に固定式ウエイトを1分以上吊すだけで使用できるため簡単です。



- **ツールメーカーマイクロスコープ**

ベルマウス、カットオフタブ、心線ブラシ、電線位置、ストリップ長さの詳細な目視検査および統計的測定に使用されます。



セクション 5

端子の概要

5.1 圧着端子の特徴

基材の特性を評価する必要があります。材質（金属）には銅と真鍮があり、製品に応じて異なります。

- モレックスのベースメタルは、製品仕様に従って購入、検査および受け渡しが行われます。
- これらの端子のほとんどは、ULのガイドラインが適用されています。UL (Underwriters Laboratories) とは、コネクター試験に対して一定の基準を設定している米国の民間機関の1つです。
- 一部の端子には、米国政府によって規定されたMil-T-7928というガイドラインが適用されています。

下の表には、電線引き抜き力に関するULおよび米軍仕様 (MIL-T-7928) の基準値が電線サイズごとに示されています。引っ張り強度の単位はlbf (重量ポンド) です。表には、端子を破壊または心線から分離するために必要な引っ張り力のうち、規定範囲内の最小値が示されています。

色	電線サイズ (AWG)	*UL - 486 A	*UL - 486 C	*UL - 310	*ミリタリークラス 2
黄	26	3	該当なし	該当なし	7
黄	24	5	該当なし	該当なし	10
赤	22	8	8	8	15
赤	20	13	10	13	19
赤	18	20	10	20	38
青	16	30	15	30	50
青	14	50	25	50	70
黄	12	70	35	70	110
黄	10	80	40	80	150
赤	8	90	45	該当なし	225
青	6	100	50	該当なし	300

*UL - 486 A - 端子 (銅製導線のみ)

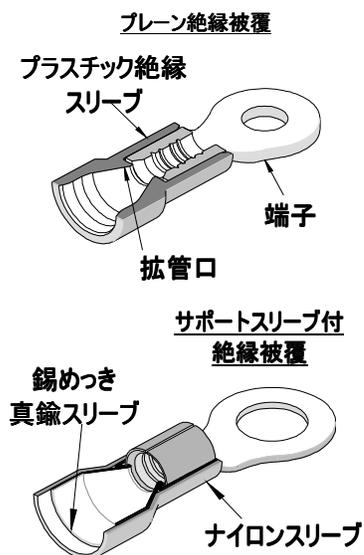
*UL - 486 C - 突き合わせスリーブ、パラレルスリーブ、クローズドエンドコネクター、ワイヤーナット

*UL - 310 - クイックディスコネクト、フラッグおよびカプラー

*ミリタリークラス 2 - 米軍認定端子 (記載品のみ)

5.2 バレルセレーション/ディンプル

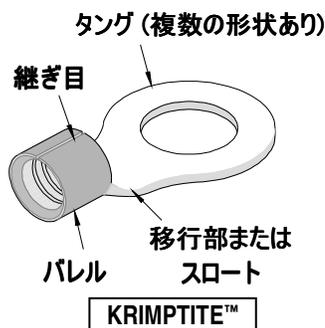
1. 高品質の圧着端子は、プレス時にバレルの内側にセレーションまたはディンプルが設けられます。
2. 圧着が行われ、金属端子バレルが大きく変形すると、バレル内部の錫めっきがセレーション部分ではがれて、心線と端子バレルが素地の銅同士で接触します。これにより、導電性が大きく向上します。
3. 適切な設計では、セレーション (またはディンプル) には角度付きの溝があり、圧着時に電線に食い込んで、圧着部の機械的強度を大幅に高めます。
4. 高品質の圧着端子には、優れた圧着を保証する仕組みがバレルに組み込まれています。
5. 非絶縁端子は電線挿入口が面取りされており、個々の素線が金属の端にぶつからないようになっています。
6. 絶縁端子の場合、絶縁部に拡管口が設けられています。この部分がガイドの役割を果たすため、電線をバレルにスムーズに挿入できます。
7. 絶縁体付きバレルには、2つの種類があります。両方とも拡管口を備えています。



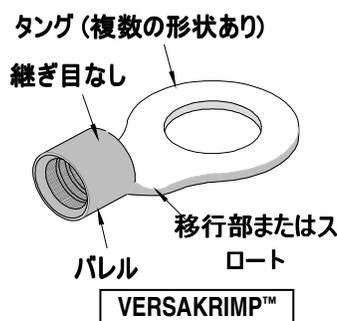
5.3 バレルの形状

バレルは端子の一部で、電線に圧着される部分です。モレックスでは、以下のようにさまざまな形状のバレルを用意しています。

1. Krimptite™はモレックス製バレルの基本的な形状です。非絶縁タイプで、一体構造です。この端子は経済的に最も優れ、特殊な機能を必要としない場合には、最も多くの用途に対応します。対応電線サイズは10～26 AWG (0.10～6.60mm²) です。



2. Versakrimp™の特徴は、継ぎ目がろう付け (溶接) で接合されている点を除き、Krimptite™と同じです。バレルの継ぎ目がろう付けされているため、この端子は応力がかかった場合や電線が引っ張られた場合でも開きません。これにより、どの方向から圧着してもバレルが開かず、高い引っ張り強度が発揮します。この端子は圧着が難しい単線および燃り線の電線に理想的です。対応電線サイズは4/0～22 AWG (0.10～117.00mm²) です。



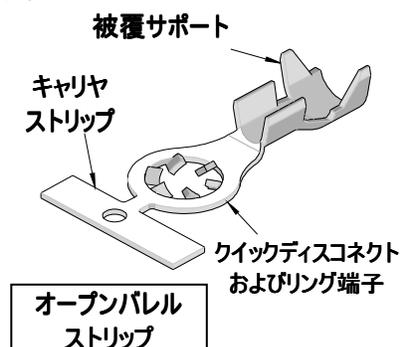
3. Insulkrimp™にはPVC (ポリ塩化ビニル) 製の硬質絶縁スリーブがあり、電線サイズ10～22 AWGに対応するKrimptiteのバレル面またはVersakrimpのバレルろう付け部を保護する仕組みになっています。対応電線サイズは4/0～22 AWG (0.10～117.00mm²) です。



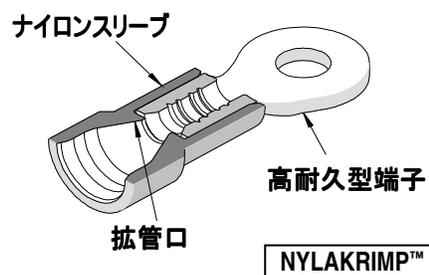
4. Avikrimp™には色分けされたスリーブがあり、被覆グリップと絶縁体の役割を果たします。絶縁体はナイロン製で、補助の錫めっき真鍮スリーブが追加されています。この真鍮サポートスリーブを電線被覆に圧着させると、張力が緩和されるため、電線の振動、緩み、擦り切れ、断線の防止につながります。対応電線サイズは10～26 AWG (0.10～6.60mm²) です。



5. オープンバレル製品は、大量の加工が要求される製造工程で使用されます。オープンバレルは圧着が簡単で、加工に必要な時間を短縮できます。自動電線加工装置を使用するときには、オープンバレルの方が好まれます。



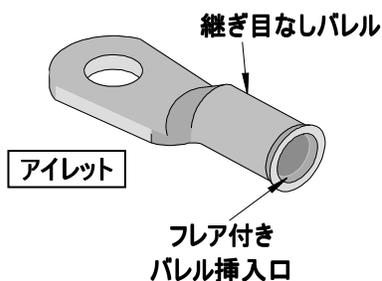
6. Nylakrimp™は大型電線専用です。色分けされたバレルには、耐久性に優れた硬質ナイロン絶縁スリーブ (色分けあり) が装着されています。拡管口が設けられているため、心線の折れ曲がり防止ができます。対応電線サイズは4/0～8 AWG (8.50～117.00mm²) です。



7. Nylakrimp™は防水機能の必要な用途向けです。色分けされたバレルには、耐久性に優れた硬質ナイロン絶縁スリーブ (色分けあり) が装着されています。拡管口が設けられているため、心線の折れ曲がり防止ができます。対応電線サイズは10～22 AWG (0.10～6.60mm²) です。

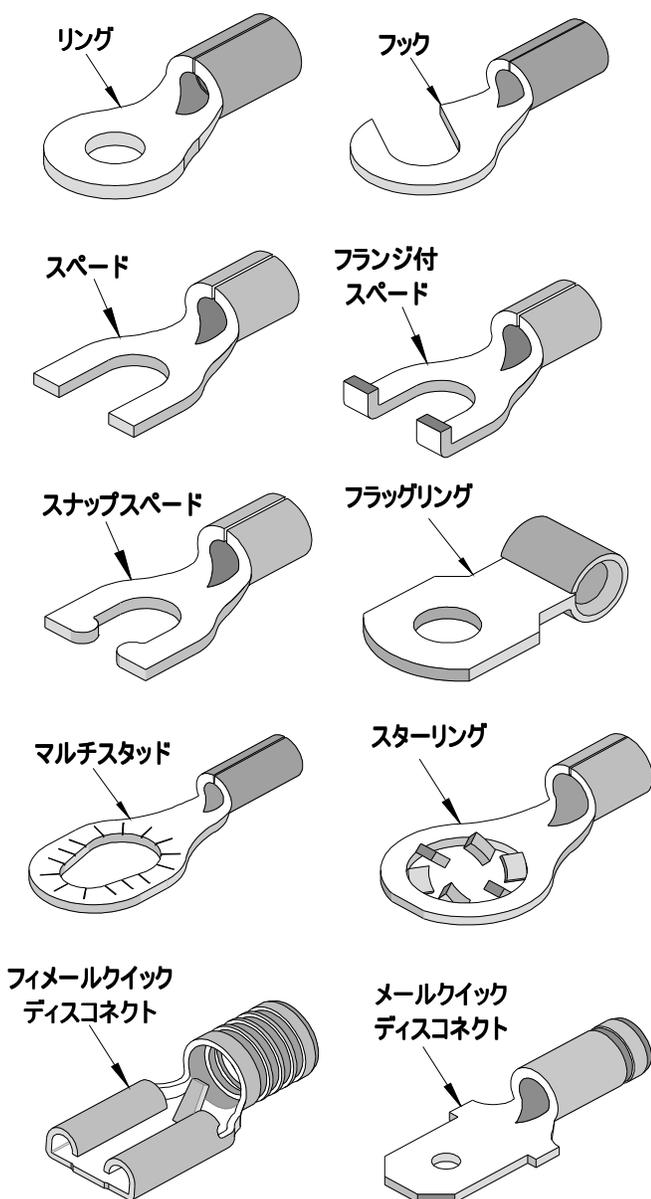


8. アイレットはCDA-110 (電解精銅) から深絞りされた後に錫めっきが施され、防食性が向上しているため、標準圧縮端子の代わりに使用できます。この端子のバレルには継ぎ目がなく、挿入口にフレアが付いています。対応電線サイズは8~500 MCMです。



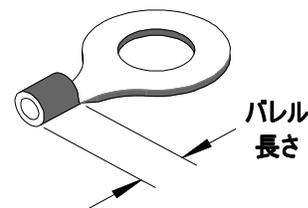
■ **タングの形状**

「タング」とは端子の先端で、相手側部品 (スイッチ、スタッド、変圧器など) に接続される部分です。タングにはさまざまな形状があります。以下は代表的な形状です。



■ **バレル長さ**

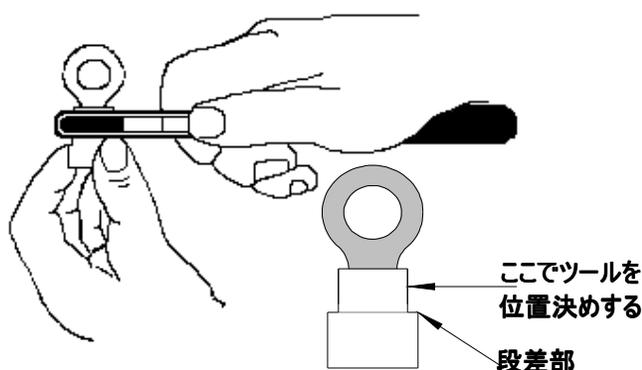
電線サイズ26~16 AWGの場合、金属バレルの長さには、6.35 mm (.25”) および4.36 mm (11/64”) という2つの業界標準値があります。4.36 mmはOEM標準バレル長さです。6.35 mmは保守および補修部品市場で一般的に使用されています。



長いバレルが使用されるのは、面積が広い方がユーザーが端子を圧着しやすいためです。これらのバレル長さは、絶縁部に段差の付いた端子を使用する場合や端子ロケータ付きの精密ラチェットを使用する場合にはさほど重要ではありません。OEMツーリングは、短い方のバレル長さのみを想定して設計されているのが一般的です。

■ **ツール位置決め用の段差付き絶縁部**

成形された端子の絶縁部の段差は圧着ツールの位置決めで使用されます。ツールを段差部にあてた状態で、すぐ上の部分を圧着します。これにより、圧着ツールの幅全体がバレルに確実に当たります。この段差は、ロケータのない非ラチェット式メンテナンスツールを使用する場合には、非常に重要です。



■ **被覆バレルの色**

被覆バレルの色 (赤、青、黄) は、対応する電線の太さを示すために使用されています。これらの色は業界標準の色分けに準拠しており、本書に繰り返し記載されています。下の表を参照してください。

色	電線の太さ (AWG)
黄	24-26
赤	18-22
青	14-16
黄	10-12
赤	8
青	6
黄	4

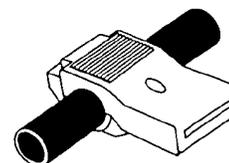
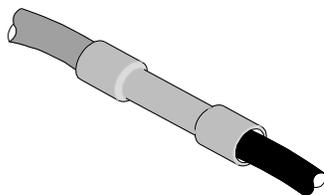
同じ色でも、バレルの種類に応じて、微妙に色合いが異なります。材質 (PVCとナイロン) でも色が異なります。例えば、14~16 AWGの電線サイズ (青) の場合、PVC製バレルは濃い青になります。一方、ナイロン製バレルは明るい半透明の青です。明るい方の青の端子を使用する場合、ワイヤーバレルの圧着に加えて、補助スリーブも圧着します。色合いの違いは絶縁被覆の品質とは全く関係がありません。

5.4 スリーブ

モレックスでは、ほぼすべての配線用途に対応できるように、さまざまな標準スリーブや特殊スリーブを用意しています。

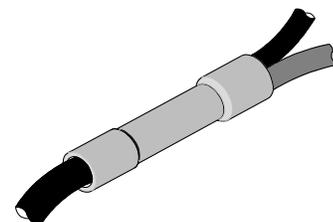
■ **突き合わせスリーブ**

このコネクタでは、被覆をはぎ取った電線が両端から挿入されて、各端部が中央で突き合わせられます。その状態で各端部を圧着することにより、電線同士が確実に接続されます。



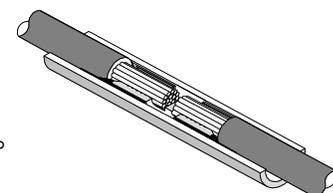
■ **分岐接続用スリーブ**

分岐接続用スリーブは、2本の電線をスリーブの一方から挿入し、もう一方から別の1本の電線を挿入する必要があるときに使用されます。



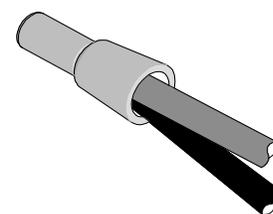
■ **Avikrimp®スリーブ**

金属スリーブとナイロン製絶縁被覆が追加されているため、強い振動が予想される場所や張力緩和が特に必要な用途に使用されます。



■ **ナイロン被覆付きクローズドエンドコネクタ**

さまざまな状況で、2本以上の電線をピグテール接続する場合に使用されます。



■ **拡管形突き合わせスリーブ**

以前は、機械で終端処理した突き合わせスリーブの圧着は、自動装置では大変難しく、ほとんど不可能でした。現在は、拡管形突き合わせスリーブの開発により、圧着プレスで圧着される端部をスリーブに簡単に素早く挿入できます。

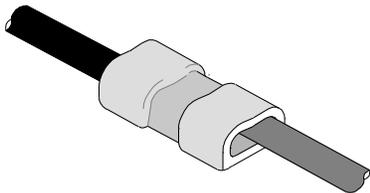


■ **Perma-Seal™スリーブ**

Perma-Sealの頑丈なスリーブは摩耗や切削に対して高い耐性を発揮します。この保護性能により、張力緩和はもとより、過酷な条件下でも優れた絶縁性および密閉性を発揮します。

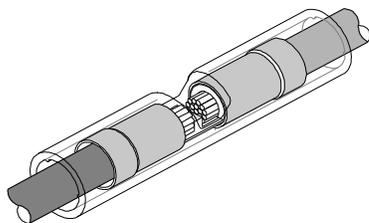
■ **パラレルスリーブ**

このコネクタでは、被覆をはぎ取った電線がスリーブ内で互い違いに配置されます。これらの電線は中央部の1回の圧着で固定されます。



■ **窓付き突き合わせスリーブ**

このコネクタは過酷な環境での使用に耐える製品として米軍認定 (Mil-T-7928/5) を受けています。窓から内部が見えるため、電線の挿入状態と圧着ツールの位置合わせが正しいことを確認できます。ナイロン製絶縁被覆付きで、優れた張力緩和を実現する被覆グリップを備えています。

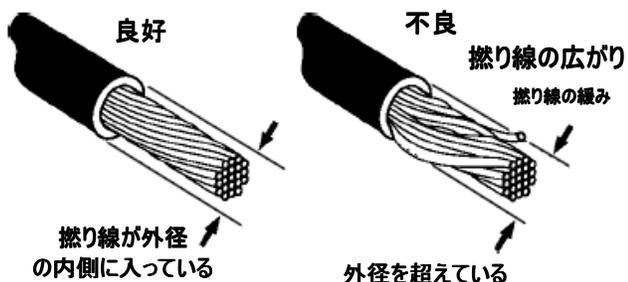


セクション6

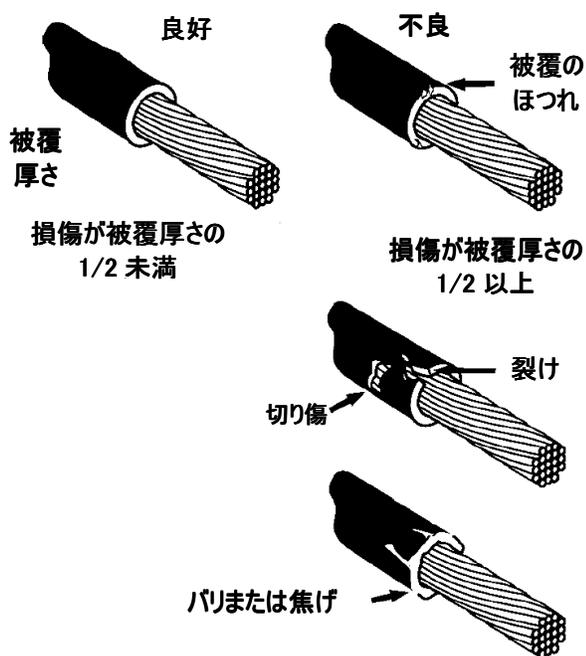
作業手順

6.1 電線の準備

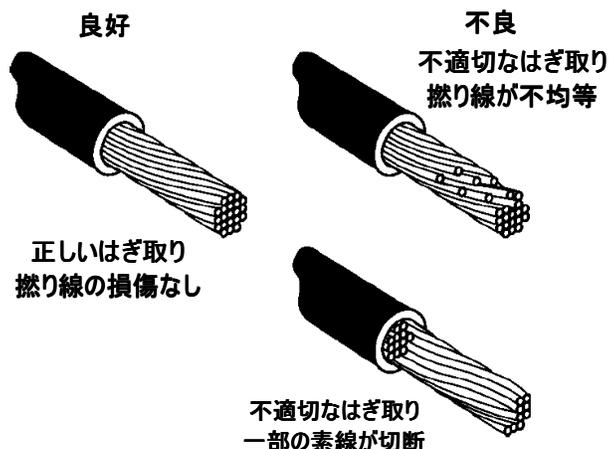
撚り線の撚りに電線被覆の外径を超える緩みまたは広がりがないか確認します。緩みや広がりが被覆の外径を超えている場合、撚り線をねじって、被覆内部にあったときと同じ太さにします。ねじった後、撚り線が被覆外径の範囲内に入っていることを確認します。



被覆の切断面がきれいであることを確認します。被覆が損傷している電線は使用しないでください。



心線の一部にストリッパーツールまたは機械による切り傷または切り落としがないか確認します。心線に切り傷がある場合、電線をその位置で切断し、被覆のはぎ取りをやり直してから圧着します。これにより、流れる電流量の低下を避けることができます。



6.2 プレス機のセットアップと操作

1. ツーリングが清潔な状態で、摩耗がないことを確認します。必要に応じて、ツーリングを清掃します。摩耗しているツーリングは交換します。
2. プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。
3. 適切なツーリングをプレス機に取り付けます。
4. ツーリングに端子を装てんして、最初の端子をアンビルの上に位置決めします。
5. プレス機を手動でサイクルさせて、支障なく1サイクルが完了することを確認します。サイクル中に支障が生じた場合、ツーリングを取り外し、プレスシャットハイトを点検します。ステップ3に移ります。
6. ツーリングの位置合わせを確認します。アンビルツーリングでつけられた圧着部底部の圧痕を確認します。突き出しが均等で、圧着成形部が中心に位置していることを確認します。適切な状態でない場合、ツーリングの位置を合わせて、ステップ5に移ります。
7. 端子フィードにより次の端子がアンビルの中央に位置決めされることを確認します。正しく位置決めされない場合、端子フィードとフィードフィンガーを調整して、ステップ5に移ります。
8. セットアップ時に取り外したすべての安全装置を元通りに取り付けます。**(各プレス機およびツーリングのマニュアルに記載されている安全要件をすべて守ってください)**。
9. 電源を入れて、サンプル端子を圧着します。
10. カットオフタブ長さおよびベルマウスの状態を判定します。調整が必要な場合、プレス機の電源を切り離し、



ガード装置を取り外します。トラック位置を調整します。プレス機を手動でサイクルさせて、フィードフィンガのフィード位置を確認し、ステップ7に移ります。

11. 心線ブラシの状態を判定します。調整が必要な場合、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。自動電線加工装置ではプレス位置を、ベンチプレスでは心線ストッパーを調整します。ステップ8に移ります。
12. 被覆位置を判定します。必要に応じて、ストリップ長さを調整し、新しいサンプルを圧着して、ステップ11に移ります。
13. 被覆部クリンプ高さを調整して、被覆圧着部が電線被覆と接触しないようにします。
14. サンプル端子を圧着します。
15. 心線クリンプ高さ (該当する場合) を測定し、規定値と比較します。必要に応じて、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。心線クリンプ高さを調整し、ガードを取り付け、電源を接続して、ステップ14に移ります。
16. 引っ張り強度テストを行います。
17. 被覆圧着を調整します。
18. サンプル端子を圧着します。
19. 被覆圧着を判定します。必要に応じて、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。被覆部クリンプ高さを調整し、ガードを取り付け、電源を接続して、ステップ18に移ります。
20. クリンプ高さを測定し、規定値と比較します。必要に応じて、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。心線クリンプ高さを調整し、ガードを取り付け、電源を接続して、ステップ18に移ります。
21. 測定値を文書に記録します。

6.3 圧着ハンドツールのセットアップと操作

1. ハンドツールが、圧着ハンドツール仕様シートに記載されている端子および電線サイズの圧着に対応していることを確認します。

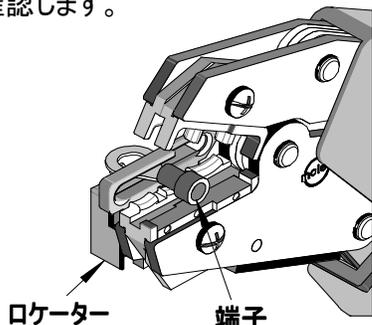
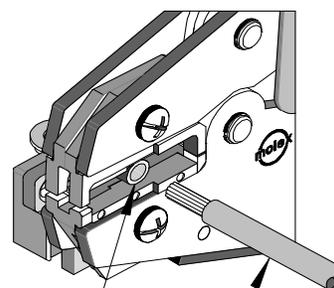


図 1

2. 電線の被覆をはぎ取り、心線に切り傷または切り落としがないことを確認します (「電線の準備」を参照)。
3. 端子をツールにセットします。適切な色の圧着ネストを選択します。
4. ロケーターを使用する場合、ロケーターを持ち上げ、端子を適切なネストに挿入し、バレルをロケーターバーにあてます。ロケーターブレッドを解除して、端子を所定の位置に保持します (図1参照)。端子がツール内で真っ直ぐに固定されるように、ロケーターを上下に調整します。スリーブを使用する場合、ロケーターを取り外す必要があります。
5. 電線を挿入します。図2を参照してください。



端子
電線
図 2

6. ハンドルを強く握ります。すべての量産型ハンドツールには、フルサイクルラチェット機構が搭載されています。
7. 圧着位置が正しいか点検します。圧着ハンドツール仕様シートを参照して、使用している心線クリンプ高さが正しいことを確認します。

6.4 エア式圧着ツールのセットアップと操作

1. エア式圧着ツールが、エア式圧着ツール仕様シートに記載されている端子および電線サイズの圧着に対応していることを確認します。
2. 電線の被覆をはぎ取り、心線に切り傷または切り落としがないことを確認します (「電線の準備」を参照)。
3. 電線を端子に差し込みます。適切な色の圧着ネストを選択します。

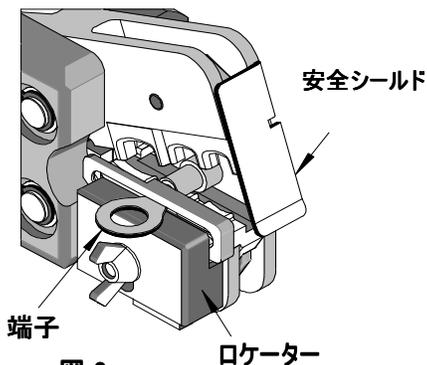
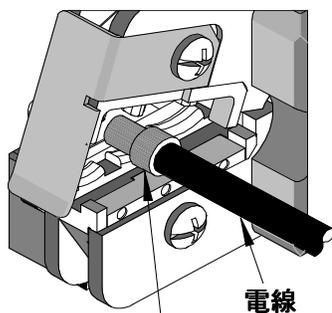


図 3

4. ロケターを使用する場合、ロケターを持ち上げ、端子を電線とともに適切なネストに挿入し、バレルをロケターバーにあてます。ロケターブレードを解除して、端子を所定の位置に保持します。図3を参照してください。端子がツール内で真っ直ぐに固定されるように、ロケターを上下に調整します。スリーブを使用する場合、ロケターを取り外す必要があります。
5. 電線を押して、端子内に完全に入っていることを確認します。ツールをサイクルさせます。図4を参照してください。



端子 電線 図4

6. 圧着位置が正しいか点検します。エア式圧着ツール仕様シートを参照して、使用している心線クリンプハイトが正しいことを確認します。

注意:

付属の安全シールドを所定の位置にセットしていない場合、絶対にこのツールを使用しないでください。絶対にツールネストに指を入れないでください。

注記:ロケターなしで圧着する場合、必ずバレルの継ぎ目がツール内で上または下を向いていることを確認してください。この状態で圧着すると、高い引っ張り強度が得られます。

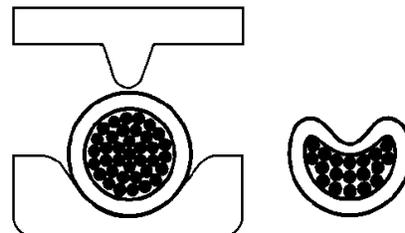
6.5 圧着ダイ

モレックスの製品ラインナップには、さまざまな端子に対応できるように7タイプのダイが用意されています。

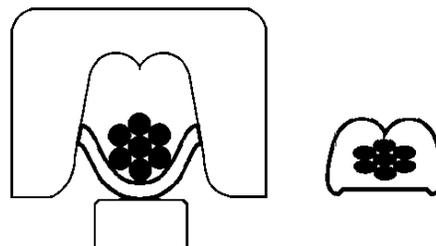
- ツーピース型インデントクリンプ – VersaKrimp™対応
- ツーピース型コンファインドクリンプ – Krimptite™およびVersaKrimp™対応
- ツーピース型コンファインドクリンプ – InsulKrimp™およびAviKrimp™対応
- ツーピース型Fクリンプ – Krimptite™およびVersaKrimp™対応
- フォーピース型Fクランプ – VibraKrimp™対応

- フォーピース型コンファインドクリンプ – InsulKrimp™およびAviKrimp™対応
- ボトムインデントクリンプ – 8および6 AWG VersaKrimp™対応

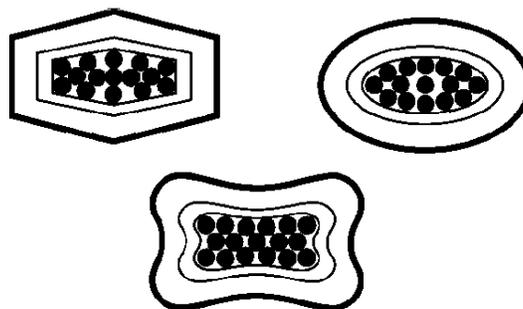
- インデントクリンプは、バレル変形用のインデントラムと保持ネストで構成されています。この形状は、設計が簡単で製造費を低く抑えられると同時に、幅広い電線サイズに対応できるという利点があります。



- Fクリンプは、バレルを閉じて、心線を中心に閉じ込める場合に使用されます。総合的な品質に優れています。



- コンファインドクリンプでは、最高品質の全面圧着が得られます。このタイプのダイには、六角形、だ円形、4辺のへこんだ角丸四角形の形状があります。これら3種類の圧着は、撚り線が均等に圧縮され、外見が一樣になるという利点があります。



モレックスでは、全自動電線加工機、半自動機および手動電線圧着ツールを豊富なラインナップで取り揃えています。各システムは、サポート機器の使用により、お客様のニーズに合わせてカスタマイズできます。また、ARTOS、KOMAXなどのメーカーの提供する電線加工機向けに適応させることもできます。本書には、手動ツールおよび半自動機の基本事項が記載されています。

セクション 7

高品質の圧着

品質は何らかの基準に基づいて測定する必要があります。圧着端子の品質に関するテスト基準は、4つの主要機関によって規定されています。規定している機関は以下のとおりです。

- UL (アンダーライターズ・ラボラトリーズ)
- CSA (カナダ規格協会)
- NEMA (米国電機製造業者協会)
- 米国連邦仕様 - Mil-T-7928

上記の規格では、以下のような項目が規定されています。

- 銅または真鍮の品質仕様
- 錫めっきの仕様、タイプおよび厚さ
- 端部の滑らかさとバリ除去
- 金属部と絶縁被覆のはめ合い固さ

さらに、圧着完了後、圧着部に対して行うべき一連のテストがあります。

- 引っ張りテスト
- 絶縁耐力テスト
- 塩水噴霧テスト
- 振動テスト
- 加熱テスト

圧着の品質試験として最も幅広く採用されている実地テストは、引っ張り強度テスト (引っ張りテスト) です。

最も幅広く採用されている値は、ULと米国軍用規格の引っ張り強度値です。詳細はセクション8を参照してください。米国軍用規格の引っ張り強度はUL規定値を上回っています。

7.1 オープンバレル圧着の目視点検

■ 被覆の損傷

1. 必要十分な程度に被覆を圧着します (電線を所定の位置に保持すると、少しへこみが生じることがあります)。被覆に食い込みすぎると、電線内部が損傷することがあります。
2. 圧着でバレルが被覆に食い込みすぎていることを確認します。



■ 被覆サポート圧着



1. 被覆バレルタブが曲がっていないことを確認します。
2. タブを正しく成形します。
3. いずれかのタブが曲がっている場合、被覆圧着での強度が不足するため、ひずみを十分に軽減できなくなります。

■ 心線の視認

1. 心線と被覆の両方が窓から見えることを確認します。
2. 被覆のみが見える場合、ワイヤーバレルで被覆も圧着している可能性があります。
3. 心線のみが見える場合、被覆が正しく圧着されるとみなすことはできません。



4. 被覆サポート圧着がない場合、心線圧着部の後方に見える心線の長さが被覆直径未満であることを確認します。見えている心線の長さが被覆直径を超えていると、端子は短絡の原因になる可能性があります。

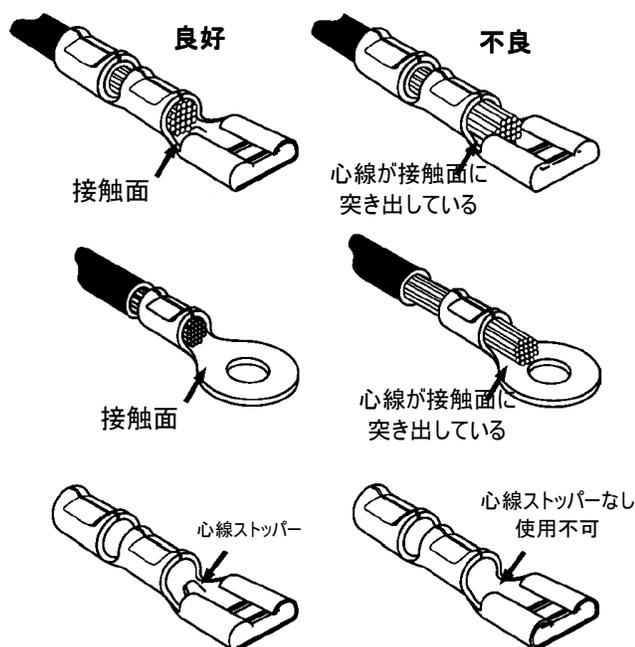


■ **適度のベルマウスの形成**



1. ワイヤーバレルに適度のベルマウスが形成されていることを確認します。
2. ベルマウスがない場合、ワイヤーバレルの鋭利な端部で心線が切れたり、切り傷が入ることがあります。

■ **接触面への心線の突き出し**



1. 心線がラグまたは端子の接触面に突き出していないことを確認します。
2. 心線が接触面に突き出している場合、端子を接続したときに干渉します。

■ **心線のはみ出し (心線の折り返し)**

1. 心線全体が正しく燃られた状態で、被覆はぎ取り前の燃り線の太さと同じであることを確認します。
2. 燃り線が正しく燃られていない場合、または一部がはみ出している場合、心線の量が減るため、電流量および機械的強度の両面で問題が発生する可能性があります。

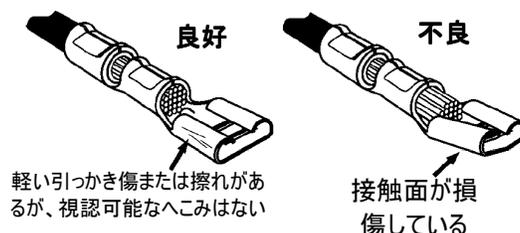


■ **心線端面の位置**

1. 心線の突き出しがバレルの端部から1 mm (1/32") 以内であることを確認します。心線の端面がバレル端部に到達していない場合、圧着が正しく完了しているか確認できません。



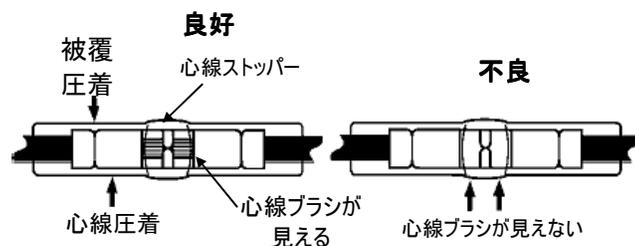
■ **接触面の損傷**



1. 接触面に損傷またはつぶれがないことを確認します。
2. へこみまたはつぶれ (軽い引っかき傷や擦れは許容可能) がある場合、端子と相手側部品を正しく接続することができません。

7.2 **クローズドバレル圧着の目視点検**

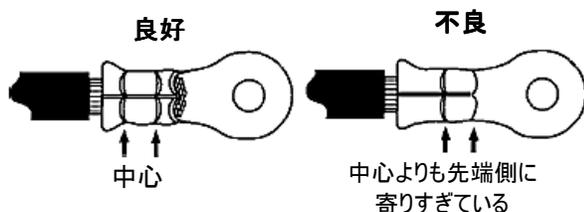
■ **心線の視認**



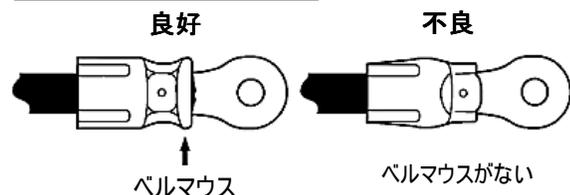
1. 心線が点検窓から見えることを確認します。心線が目視で確認できれば、正しく圧着されています。上記の突き合わせコネクタを参照してください。

■ **中心位置での圧着**

- すべての圧着端子で、心線圧着はワイヤーバレルの中心で行われる必要があります。中心を圧着することにより、バレルの全長に均等に圧力が加わります。



■ **適度のベルマウスの形成**



- ワイヤーバレルに適度のベルマウスが形成されていることを確認します。

■ **接触面への心線の突き出し**



- 心線がラグまたは端子のタング部分に突き出していないことを確認します。
- 心線が接触面に突き出している場合、端子を接続したときに干渉します。

■ **心線端面の位置**



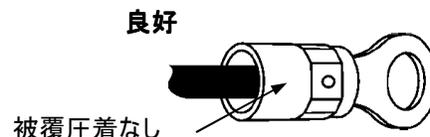
- 心線の先端面がワイヤーバレル端部と同じ位置か、または許容範囲内突き出した状態であることを確認します。

- この心線ブラシと呼ばれる部分は約1 mm (1/32") 以内とします。
- 心線の端面がバレル端部に到達していない場合、圧着が完全な状態か確認できません。

■ **電線サイズ (AWG) の要件**

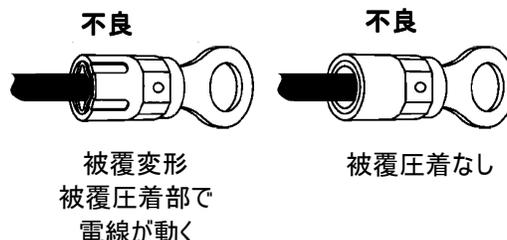
- 高品質の圧着を実現するには、電線サイズに応じて、適切な被覆圧着方法に従う必要があります。

電線サイズが8 AWG以上の場合、被覆圧着は不要です。

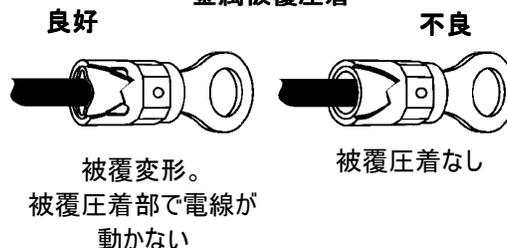


電線サイズが18~10 AWGの場合、電線被覆圧着部で確実に保持するために被覆圧着が必要です。

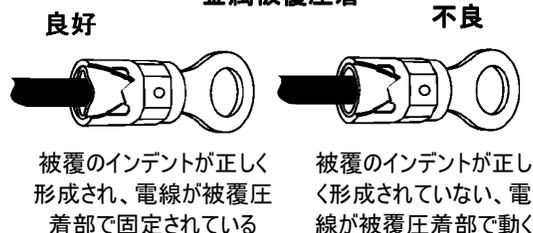
プラスチック被覆圧着



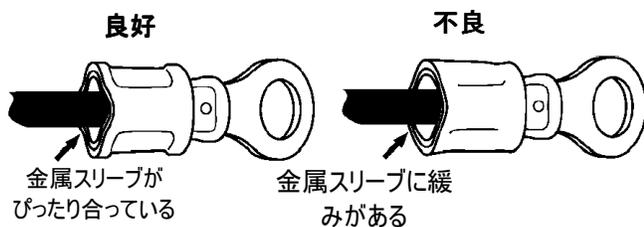
金属被覆圧着



金属被覆圧着



■ **被覆サポート圧着**



1. 補助的な金属スリーブのあるクローズドバレル端子 (AviKrimp™) では、金属スリーブが成形されて電線の周りにぴったりと接触している必要があります。

セクション 8

正しい圧着の重要性

適切な端子を選択した後は、電線に正しく取り付けることが非常に重要になります。正しい圧着の重要性を示す一例として、スペースシャトルプログラムのすべての不具合のうち28%が配線およびコネクタの不適切な組み付けによるものだったという調査結果があげられます。電気的接続だけでなく、機械的接続も重要です。正しく圧着された接合部では、信頼性の高い機械的接続および電気的接続が得られます。

端子を導線に圧着して固定することが機械的接続です。バレルの外側に十分な力が加わり、バレルが導線の周囲にしっかりと密着することが求められます。振動で緩んだり、通常の使用で抜けたりしないように、しっかりと固定される必要があります。

電気的接続も同様に重要です。電気的接続では、機械的な接合による電気抵抗の大きさが主な判定基準になります。これは電気抵抗により圧着部の導電性が決まるためです。

8.1 条件

圧着部の機械的接続と電気的接続の良好な関係を実現するには、以下の条件を満たす必要があります。

1. 端子には、電線と同程度の導電性を備えた導電材と十分な断面積が必要です。
2. 圧着で接触する端子および導線の表面が清潔な状態で、酸化物など非導電性の厚い膜があってはけません。

圧着部が引っ張り強度の最低要件を満たせない場合には、心線の切り傷、撚り線のちぎれやほつれ、圧着部での撚り線の折り返し、圧着端子外部への心線のはみ出しなどが原因であることがあります。これらの問題を避けるため、バレルに適したサイズの電線を使用し、準備段階で電線を丁寧に加工し、適切な圧着ツールを使用してください。

8.2 テスト

機械的特性

引っ張り強度テスト(引っ張りテスト)は、圧着部の機械的特性を評価する方法です。このページの表には、引っ張り強度に関するULおよび米軍仕様(MIL-T-7928)の基準値が電線サイズごとに示されています。引っ張り強度の単位はlbf(重量ポンド)です。表には、端子を破壊または心線から分離するために必要な引っ張り力のうち、規定範囲内の最小値が示されています。

圧着加工時には、十分な力を加えることで、被覆はぎ取り後の導線に形成される非導電性の酸化膜を破り、端子バレル内側の錫めっきをはがして、金属同士を良好な状態で接触させる必要があります。この状態にならないと、圧着部の電気抵抗は許容範囲を超えることとなります。

引っ張り強度 (単位: 重量ポンド)				
電線サイズ (AWGまたはMCM)	*UL-486A	*UL-486-C	*UL-310	*ミリタリークラス2
26	3	該当なし	該当なし	7
24	5	該当なし	該当なし	10
22	8	8	8	15
20	13	10	13	19
18	20	10	20	38
16	30	15	30	50
14	50	25	50	70
12	70	35	70	110
10	80	40	80	150
8	90	45	該当なし	225
6	100	50	該当なし	300
4	140	該当なし	該当なし	400
2	180	該当なし	該当なし	550
1	200	該当なし	該当なし	650
1/0	250	該当なし	該当なし	700
2/0	300	該当なし	該当なし	750
3/0	350	該当なし	該当なし	825
4/0	450	該当なし	該当なし	875
250 MCM	500	該当なし	該当なし	1000
300 MCM	550	該当なし	該当なし	1120
350 MCM	600	該当なし	該当なし	1125

*UL - 486 A - 端子 (銅製導線のみ)

*UL - 486 C - 突き合わせスリーブ、パラレルスリーブ、クローズドエンドコネクタ、ワイヤーナット

*UL - 310 - クイックディスコネク、フラッグおよびカプラー

*ミリタリークラス2- 米軍認定端子 (記載品のみ)

絶縁耐力テスト

(The term “dielectric” refers to an insulator.)

一部の端子は、電気接続の場所を限定するために絶縁体（絶縁被覆）で覆われています。圧着はこの絶縁被覆越しに行われるため、圧着ダイの圧力により絶縁被覆は圧縮されて変形します。この加工に耐えられない被覆があることは明らかです。最も強度の高い材質が使用されていても耐えられない可能性があります。したがって、圧着では被覆を破らないように適切な方法に従う必要があります。

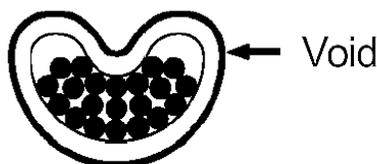
絶縁耐力テストは、圧着加工により絶縁被覆が破れたり、薄くなったりして、印加される電圧に耐えられない状態になっていないか特定するために、圧着後の絶縁端子に対して行われます。このテストでは、端子が圧着されている電線と端子の絶縁被覆に接触している導電材との間に電圧を印加します。

要件を満たすまで、または絶縁被覆の破壊が発生するまで、電圧を徐々に上昇させます。用途および規定機関により、絶縁耐力テストの要件は異なります。通常、要件は1500～8000 Vで、端子の定格電圧は300～600Vです。

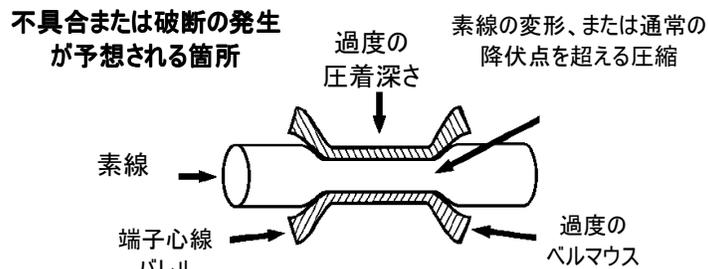
8.3 最終引っ張り値

ダイの種類は最終引っ張り値にいくつかの点で影響を及ぼします。セクション6.5「圧着ダイ」を参照してください。

ダイ（インデントタイプ）によるインデントの深さが十分でない場合、圧縮部に空洞が形成されて、中の撚り線が動き、接続部に緩みが生じる可能性があります。また、空洞は絶縁体の役割を果たすことにもなります。



ダイの圧力が強すぎると、個々の撚り線が押しつぶされて、引き延ばされる可能性があります。この状態になると、導線に強度の低い部分ができて、規定範囲よりも小さい引っ張り力で電線が切れたり、断面積の縮小による抵抗の増加で接合部の温度が上昇したりすることがあります。



バレルの圧縮不足により導線がしっかり保持されていない場合も、引っ張り強度が低下する原因の1つになります。モレックス製圧着ツールは、このような問題を解消するように設計されています。

8.4 電気抵抗

圧着部の電気抵抗は、同じ長さの電線の抵抗と比較され、特定電線サイズの相対抵抗として示されています。

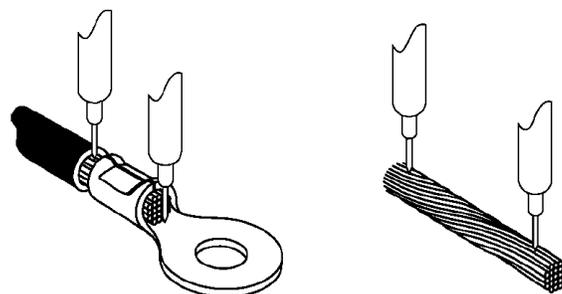
電線に対する圧着部の相対抵抗は、以下の式で求められます。

$$\text{相対抵抗} = \frac{R_c}{R_w}$$

この場合：

R_c = 圧着部の抵抗

R_w = 電線の抵抗



相対抵抗の値が1.0未満の場合、圧着部は電線よりも抵抗が小さいことになり、値が1.0を超える場合、圧着部は電線よりも抵抗が大きくなります。通常、圧着部では電圧降下を測定する方が簡単です。多くの規格では、特定電流での電圧降下として要件が規定されています。業界では、電圧降下という用語の方が相対抵抗よりも一般的に使用されています。抵抗値を求めたい場合、オームの法則を使用して計算することができます。

$$R = \frac{E}{I}$$

この場合：

R: 抵抗 (mΩ)

E: 電圧降下 (mV)

I: 電流 (A)

圧着部の電圧降下と抵抗の値はかなり小さいため、ミリボルト (0.001 V) とミリオーム (0.001 Ω) で表されます。

圧着部の品質不良は、複数の要因が原因である可能性があります。品質不良は、抵抗の増加に伴う電圧降下値の上昇によって表されます。

例えば、圧着部の中に空洞が発生すると、抵抗が増加します (端子と心線の接触面が小さくなるため)。抵抗が増加すると、電圧降下が大きくなり、温度が上昇して、腐食速度の上昇と抵抗のさらなる増加につながります。圧着時の圧力が強すぎて、個々の素線が変形した場合、導線の断面がつぶれて、強度の低下部分で抵抗が大きくなる可能性があります。

8.5 圧着部

一般的に、撚り線 (小径の素線が多数束ねられたもの) が整然としている方が圧着部の性能が向上します。サイズが大きめの少数の素線で構成された電線は、圧着では単線として扱われる傾向にあります。撚り線用の圧着設定には、単線の圧着要件を満たせないものがあります。電線およびバレルを1つの固体に成形するには、変形の度合いを大きくする必要があります。一方、細い素線の場合、圧着形状の隅部にも入り込みやすく、圧着時の力が均等に分散されやすいという特徴があります。

一般的に、ろう付けバレル端子の方がろう付けなしのバレル端子よりも引っ張り強度が高くなります (特定の値については、各短詩で引っ張り強度テストを行う必要があります)。

焼なまし

圧着端子の金属部をプレス機でプレスする場合、プレス工程で細長い金属材料に何度も打撃が加えられます。

これらの端子はプログレッシブダイで製造されます。



この打撃の繰り返しにより、金属 (通常銅) は加工硬化します。銅は本来の状態 (加工硬化のない状態) が機械的特性および電気的特性の最も優れた状態です。

加工硬化の発生した銅を通常の軟らかい可鍛性のある状態に戻すには、焼なましが必要です。焼なましでは、金属 (銅) 端子を炉で加熱した後、ゆっくり冷却します。この処理により、銅の本来の状態が復元されます。

焼なましの有無により、圧着バレルと圧着端子の品質が大きく異なります。

加工硬化した端子を圧着しても、電線の周囲に均等に成形されないため、鋭角部が発生し、内部に空洞が形成されます。焼なまし処理されたバレルは成形が簡単であるため、電線の周りに均等が圧力がかかり、優れた圧着を実現できます。

セクション 9

その他

AWG-CMA対応表	
端子サイズ (AWG)	CMA範囲
26-22	202-810
24-20	320-1,020
22-18	509-2,600
22-16	509-3,260
16-14	2,050-5,180
14-12	3,260-8,213
12-10	5,180-13,100
8	13,100-20,800
6	20,800-33,100
4	33,100-52,600
2	52,600-83,700
1/0	83,700-119,500
2/0	119,500-150,500
3/0	150,500-190,000
4/0	190,000-231,000

電線に関する技術情報

CMA - サーキュラーミルエリアの略。サーキュラーミルエリアとは、直径1ミルの円の面積を表す単位。

MIL - 1ミルは0.001インチに相当。

0.001" = 1ミル

0.030" = 30ミル

0.125" = 125ミル

インチ (inch) からミル (mil) への換算方法

1. インチの値を1000倍する。または
2. 小数点を右に3つずらす。または
3. 用語を変更する (例: 0.032インチ = 1000分の32インチ。このときの分子がミル換算の値に相当する。この場合は32ミル)

CMAの計算

円形単線導線:

直径をインチからミルに変換し、直径 (D) (ミル) に直径を掛ける。

$CMA = D \text{ (ミル)} \times D \text{ (ミル)}$

撚り線導線:

線1本のCMAを求め、その値に線の総数を掛ける。

$CMA = (\text{線1本のD}) \times (\text{線1本のD}) \times \text{線の総数}$

米州本部

Lisle, Illinois 60532 U.S.A.
1-800-78MOLEX
amerinfo@molex.com

北アジア太平洋本部

神奈川県大和市、日本
81-462-65-2324
feninfo@molex.com

南アジア太平洋本部

ジュロン、シンガポール
65-6-268-6868
fesinfo@molex.com

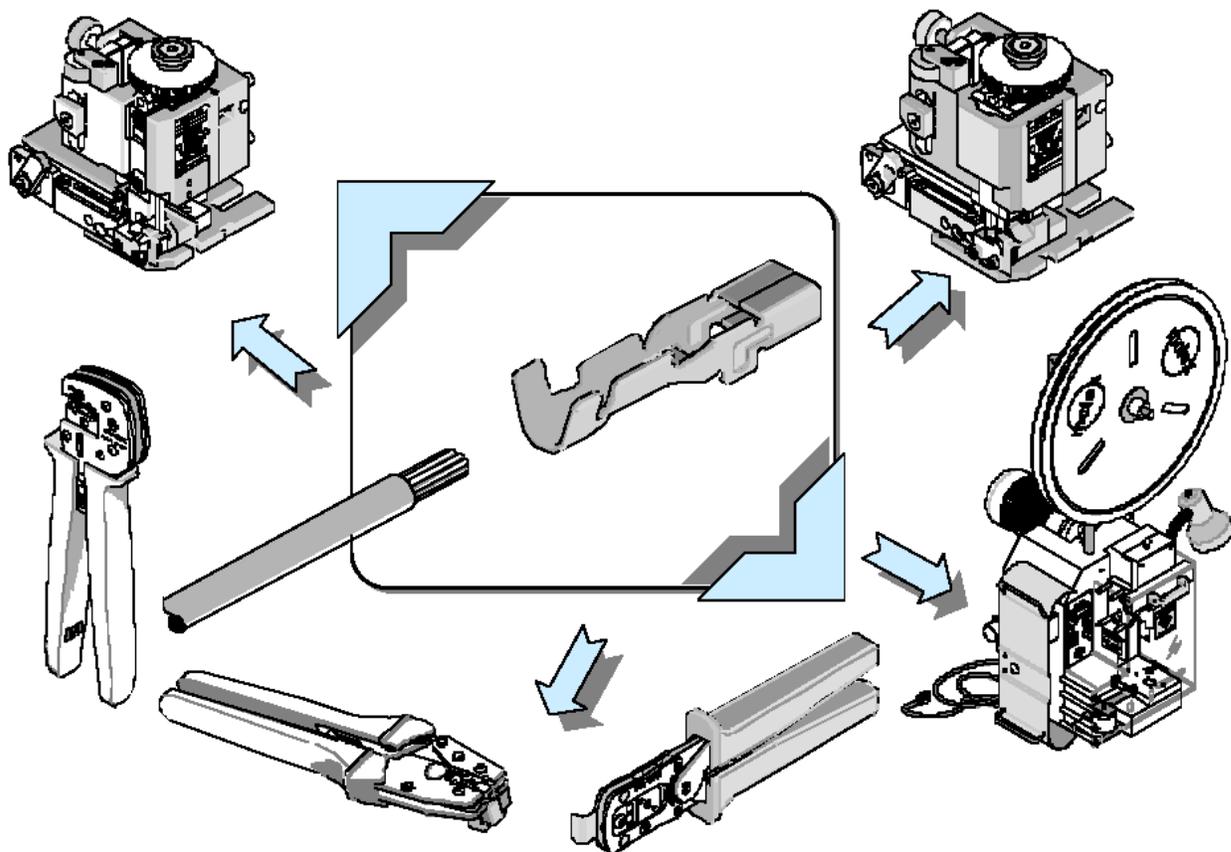
ヨーロッパ本部

ミュンヘン、ドイツ
49-89-413092-0
eurinfo@molex.com

米国本社

2222 Wellington Ct.
Lisle, IL 60532 U.S.A.
630-969-4550
ファックス: 630-969-1352

Webサイト: <http://www.molex.com>



圧着ハンドブック
注文番号 63800-0029

目次

セクション

- 1 圧着技術の紹介
- 2 目的
- 3 適用範囲
- 4 定義
- 5 関連用具
- 6 作業手順
- 7 測定
- 8 圧着工程管理
- 9 トラブルシューティング
- 10 電線太さ一覧表

セクション 1

圧着技術の紹介

圧着技術は、はんだを使用した末端加工に代わる方法として開発されたもので、比較的 low コストで端子と電線を確実に接続できます。圧着加工の方法は、用途や量に応じて異なり、ハンドヘルド装置から全自動システムまでの幅広い選択肢があります。

加工方法には、基本的なハンドツール、プレスおよびダイセット、ストリッパークリンパー、全自動電線加工システムなどがあります。ただし、どの方法を使用する場合でも、高品質の圧着状態を実現するためには、各ツールのセットアップが非常に重要な役割を果たします。

現在、多くの OEM 企業では、統計的工程管理を使用して、圧着加工の品質改善に取り組んでいます。圧着加工は複雑なプロセスであるため、高い品質を安定的に確保するには、圧着技術に内在する変動性と相関性について理解する必要があります。

圧着加工や圧着加工に影響を及ぼす可能性のある要因について十分に理解していないと、期待通りの結果が得られないことがあります。圧着加工における 3 つの重要な要素は、端子、電線、およびツーリングです。

端子

ほとんどの用途において、コネクタメーカーが 1 種類の電線サイズ、1 種類の撚り線、1 種類の絶縁被覆部直径 (UL タイプ) に対応するように端子を設計したのでは、経済的に実用性がありません。ほとんどの端子は、対応する電線サイズ、撚り線、絶縁被覆部直径に一定の幅があり、対応範囲内であれば、許容レベルの品質を満たすことができるように設計されています。

電線

同じ電線サイズでも、心線の撚りと絶縁被覆部にはさまざまな種類があります。例えば、19 撚り線の 18 AWG には、16 撚り線の 18 AWG よりも 18 % 以上多い材料が含まれています。18 AWG 電線の絶縁被覆部直径は、1.78mm (0.070") から 4.57mm (0.180") を超える種類まで多岐にわたります。心線には、銅、錫めっき、オーバーコート、トップコードなどの種類があります。絶縁被覆部の材質、厚さ、およびデュロメーター硬度は用途に応じて異なります。

ツーリング

圧着端子の取り付けでは、どんな種類のツーリングが必要ですか。取り付けでは、手作業による電線のはぎ取りが必要ですか。それとも、数量が多いため、自動ワイヤーストリッパーが必要ですか。取り付けおよび数量を考慮した場合、ハンドツール、プレスおよびダイ、自動電線加工機のうち、どれが必要ですか。ハンドツール、半自動プレスおよびダイ、全自動電線加工機のいずれを使用した場合でも、必ず圧着にはそれぞれレベルの異なるバラツキが伴います。端子、電線、およびアプリケーションツーリングのすべてが、圧着完了時の品質に影響を及ぼします。

セクション 2

目的

本書には、圧着加工を正しく理解し、良好な圧着加工を実現するための一般的なガイドラインと手順が記載されています。セクション4の用語集には、一般的な用語と定義が記載されています。セクション5には、正確な測定と圧着状態の良否判定に必要なツールが記載されています。

ツーリングのセットアップが圧着完了時の品質に重大な影響を及ぼします。注意の必要な箇所は、クリンプハイト、心線ブラシ、ベルマウス、カットオフタブ長さ、ストリップ長さ、被覆部の位置などです。これらの特性に1つでもバラツキがあると、引っ張り強度が低下する可能性があります。これらの特性はすべて相互に影響し合っているため、バラツキの許容範囲を簡単に確定することはできません。

例えば、ベルマウスを変更しようとしてトラック調整を行うと、カットオフタブ長さや被覆部の位置も変化します。また、ストリップ長さや電線位置は心線ブラシと被覆部の位置に影響を及ぼします。被覆部クリンプハイトを調整すると、心線クリンプハイトの測定値にわずかな変化が生じる可能性があります。最適なセットアップを実現するために、セットアップ担当者は複数箇所の調整が必要になることがあります。

セットアップを行うときの作業順序次第で、最適なセットアップを実現するまでに必要な作業の繰り返しを減らせる可能性があります。セクション6にはセットアップの過程を示すフローチャートが記載されており、セクション9には一般的な問題に対処するためのトラブルシューティングガイドが記載されています。圧着加工時に統計的工程管理 (SPC) を使用すると、不良品の数量の抑制につながります。セクション8には、SPC使用のメリットについて一般的な説明が記載されています。

本書は、内容の一部または全部をISO要件準拠のための手順ガイドとして使用できるように構成されています。

セクション 3

適用範囲

本書は、モレックス製ツーリングを使用してモレックス製のオープンパレル圧着端子を圧着するお客様向けに発行されています（主に半自動または全自動の電線末端加工処理を想定）。

本書の内容は、他のコネクタメーカーのガイドラインおよび手順とは多少異なることがあります。

本書には、許容範囲の圧着に求められる事項について、基本的な説明が記載されています。本書は個別の製品および／またはツーリング仕様に代わるものではありません。

個々の端子またはアプリケーションには、特別な要件が設定されていることがあります。ツーリングの制限により、最適な要件を満たすように特性を調整できないこともあります。

セクション 4

定義

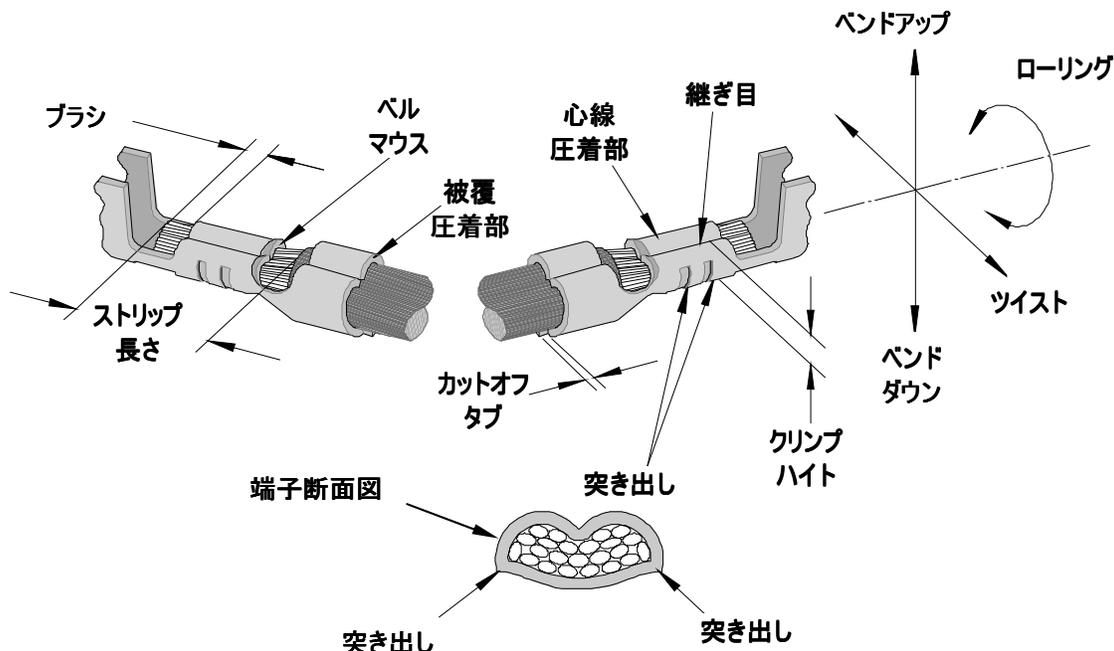


図 4-1

圧着加工の分析 (図 4-1)

■ ヘルマウス (フレア)

心線圧着部の端に形成され、心線に対して漏斗的な役割を果たす広口部。この広口部は、心線圧着部の鋭利な端部により電線が損傷する可能性を低減します。一般的に、ヘルマウスは端子材の厚さの約 1~2 倍の長さが必要です。個々の端子の仕様要件を調べてください。

■ 曲げテスト

被覆圧着部のテスト方法として、電線を数回曲げて、被覆部と心線の動きを評価する方法があります。一般的に、被覆圧着部はすべての方向で 60~90 度の曲げに数回耐える必要があります。小さいサイズの電線でテストを行う場合には、被覆圧着部の裏側の電線が切れないように注意してください。

■ 心線ブラシ

心線ブラシとは、端子の接点側で心線圧着部から突き出た束状の心線を指します。心線ブラシがあることにより、心線圧着部の全長にわたって機械的圧縮が発生していることを確認できます。心線ブラシは、接触面に到達しない範囲にとどめる必要があります。

■ 心線圧着

電線の心線を囲んでいる端子の金属的な圧縮を指します。この接続により、低抵抗および高電流容量の電気経路が生成されます。

■ 心線クリンプハイト

心線クリンプハイトとは、形成された圧着部の上面部から下側湾曲部までの高さです。この測定には、突出部を含めてはいけません (図 4-1 参照)。クリンプハイト測定は、破壊を伴わずに簡単に実施することができ、端子が電線の心線に金属的に正しく圧縮されていることを確認できるため、工程管理での使用に適しています。クリンプハイト規定値は、電線の撚りおよびコーティング、端子材質、めっき全般における電氣的性能と機械的性能のバランスを考慮して設定されるのが一般的です。クリンプハイトを個々の撚りおよび端子めっきに応じて最適化することも可能ですが、通常は 1 つのクリンプハイト規定値が設定されます。

■ カットオフタブ長さ

端子がキャリアストリップから離れた後に、被覆圧着部から突き出している部分の長さを示します。一般的に、カットオフタブは端子材の厚さの約 1.0~1.5 倍の長さです。個々の端子の仕様要件を調べてください。カットオフタブが長すぎると、ハウジングの外側に端子が露出したり、電氣的スペースの要件を満たせなくなることがあります。ほとんど

の場合、材料の厚さに合わせてカットオフタブが同一面になるようにツールをセットアップします。

■ **突き出し（フラッシュ）**

このようなわずかな張り出しは、パンチとアンビルツーリングとの隙間から生じるもので、心線圧着部の下側に発生します。アンビルが摩耗している場合や端子を圧着しすぎた場合、突き出し量が多くなります。パンチとアンビルの位置合わせが正しくない場合、フィード調整がオフの場合、または端子の引っ張りが不十分または過剰である場合、不均等な突き出しが発生することがあります。

■ **被覆圧着部（ストレインリリーフ）**

端子の一部で、電線がハウジングに挿入されたときに電線を支える役割を果たす箇所。この圧着により端子は衝撃や振動への耐性も向上します。端子は、心線まで食い込むことなく、可能な限りしっかりと電線を保持する必要があります。被覆圧着の良否基準は主観的であり、取付方法に応じて異なります。用途に対してひずみ軽減が許容範囲内か特定するには、曲げテストの実施が推奨されます。

■ **被覆部クリンプハイト**

被覆部の厚さ、材質、硬さにはさまざまな種類があるため、モレックスでは、被覆部クリンプハイトを指定しません。ほとんどの端子は、複数の種類の電線に対応するように設計されています。端子の対応範囲内でも、ストレインリリーフが電線の直径を完全に囲める場合や囲めない場合があります。このような状況でも、ほとんどの場合、許容範囲内の被覆圧着が得られます。

1. 大型のストレインリリーフは、電線の 88%以上を確実につかむ必要があります。
2. 大型に含まれない小さいストレインリリーフは、電線の 50%以上を確実につかみ、電線の頂部をしっかり保持する必要があります。

被覆圧着部の状態を判定するには、電線を端子後部と同一面で切断します。最適な取り付け設定が得られたら、被覆部クリンプハイトを文書に記録しておくことが重要です。これにより、セットアップ手順の一環として、オペレーターはクリンプハイトを点検できます。

■ **被覆位置**

被覆圧着部から心線圧着部までの移行部を基準にした被覆の位置。移行部では、同量の心線と被覆が見える必要があります。被覆位置により、被覆が被覆

圧着部の全長にわたって圧着されていることと、心線圧着部に被覆が入り込んでいないことを確認できます。被覆位置は心線ストッパーとストリップ長さ（ベンチ使用の場合）でセットされます。自動電線加工機を使用の場合、被覆位置はプレスの入／出調整でセットされます。

■ **ストリップ長さ**

ストリップ長さは、被覆をはぎ取った後に露出した心線部分の長さを測定して特定します。被覆位置を中央に配置したとき、ストリップ長さにより心線ブラシ長さが決定されます。

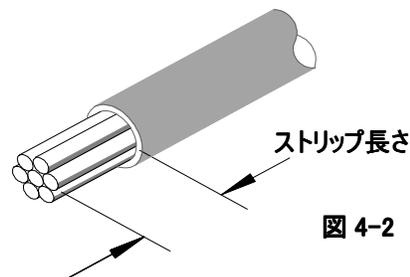


図 4-2

■ **工程**

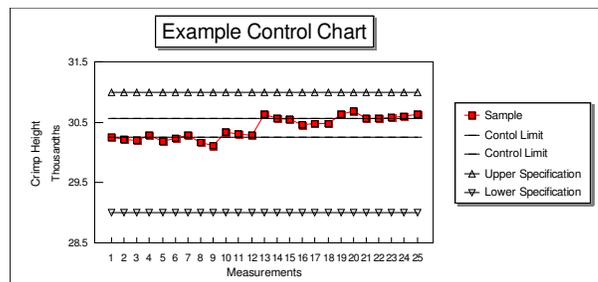


図 4-3

圧着加工を行うために必要な人、装置、ツーリング、材料、方法、手順の組み合わせ。工程管理を使用して特性を長期間追跡すると、工程の変化を検出するのに役立ちます。工程に変化が生じたとき、素早く発見することで、数千個もの圧着不良の発生を未然に防止できる可能性があります。

■ **引っ張り強度テスト**

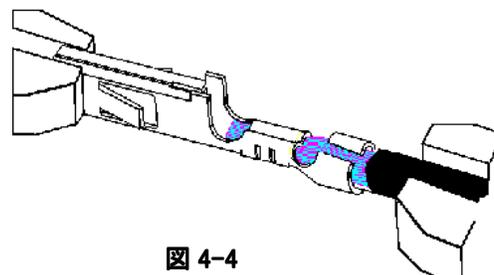


図 4-4

引っ張り強度テストは、破壊を伴わずに、圧着加工の機械的特性を簡単に評価することができる方法です。

引っ張り強度テストの結果が許容範囲から外れている場合、工程に問題があることを示しています。はぎ取り作業での心線の切断または切り傷、ベルマウスまたは心線ブラシの不足、クrimpハイト不良、ツーリングの不良などは、引っ張り強度の低下の原因になります。電線の特徴や燃り、端子設計（材料の厚さとセレーション設計）も引っ張り強度テストの結果に影響を及ぼす可能性があります。

引っ張り強度テストの結果が許容範囲内である場合、圧着時に適切な圧着力が加えられていることを表しています。圧着加工時には、十分な力を加えることで、はぎ取り後の心線に形成される非導電性の酸化膜を破り、端子グリップ内側の錫めっきをはがす必要があります。この状態は、金属同士の良好な接続を実現するために必要です。この状態にならないと、抵抗が増加します。圧着端子を圧着し過ぎると、導体部の断面積が小さくなり、抵抗が増加します。

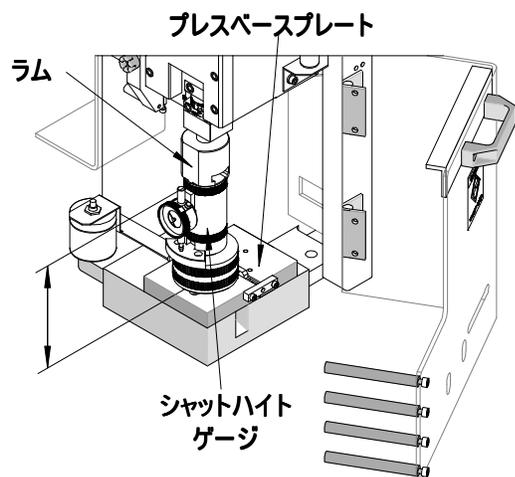


図 4-5

- **シャットハイト**
プレス機が下死点にあるときのツーリングマウンティングベースプレートからプレスラムのツーリング接続点までの距離。
- **端子位置**

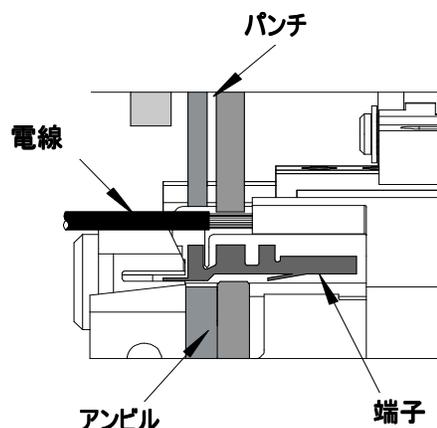


図 4-6

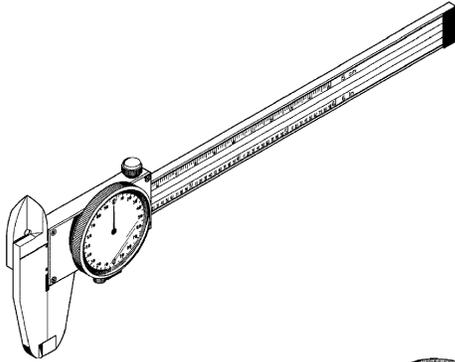
端子位置は、成形パンチおよびアンビル、キャリアストリップカットオフツーリングに対する端子のアライメントによってセットされます。ベルマウス、カットオフタブ長さ、端子突き出しはツールのセットアップによって決まります。

セクション 5

関連用具

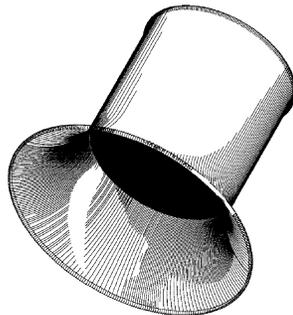
- **キャリパ**

向かい合う2枚のブレードで構成されているゲージ。2点間の直線距離の測定に使用されます。



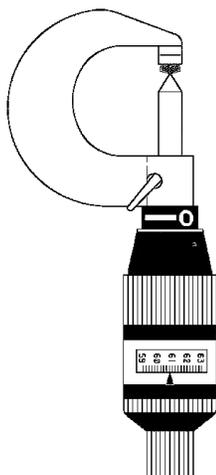
- **アイルーペ**

拡大鏡で、通常は10倍以上の倍率です。アイルーペは圧着加工部の目視検査に役立ちます。



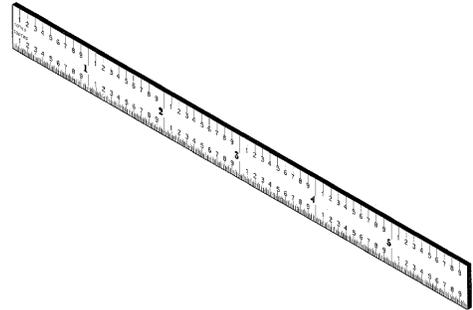
- **クリンプマイクロメータ**

クリンプタイトの測定専用として設計されたマイクロメータです。ベルマウスの影響を受けないように、圧着部の中心で測定を行います。クリンプマイクロメータには、圧着部の上部を支える薄いブレードと、下部の湾曲面に接触する尖端部があります。



- **定規 (ポケットスケール)**

ベルマウス、カットオフタブ、心線ブラシ、ストリップ長さ、および電線位置の測定に使用されます。最小目盛りが0.50 mm (0.020") の製品が推奨されます。

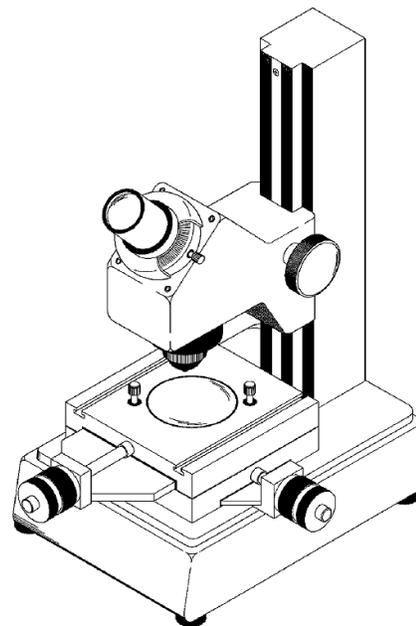


- **プルテスター**

圧着加工部の機械的強度を検証するときに使用される機器。ほとんどの引っ張り強度テストでは、電線を固定して一定速度で引っ張り、ロードセルで力を測定する機器が使用されます。プルテスターは、電線に固定式ウェイトを1分以上吊すだけで使用できるため簡単です。

- **ツールメーカーマイクロスコープ**

ベルマウス、カットオフタブ、心線ブラシ、電線位置、ストリップ長さの詳細な目視検査および統計的測定に使用されます。



セクション 6

作業手順

ツールのセットアップ (作業フローチャート参照)

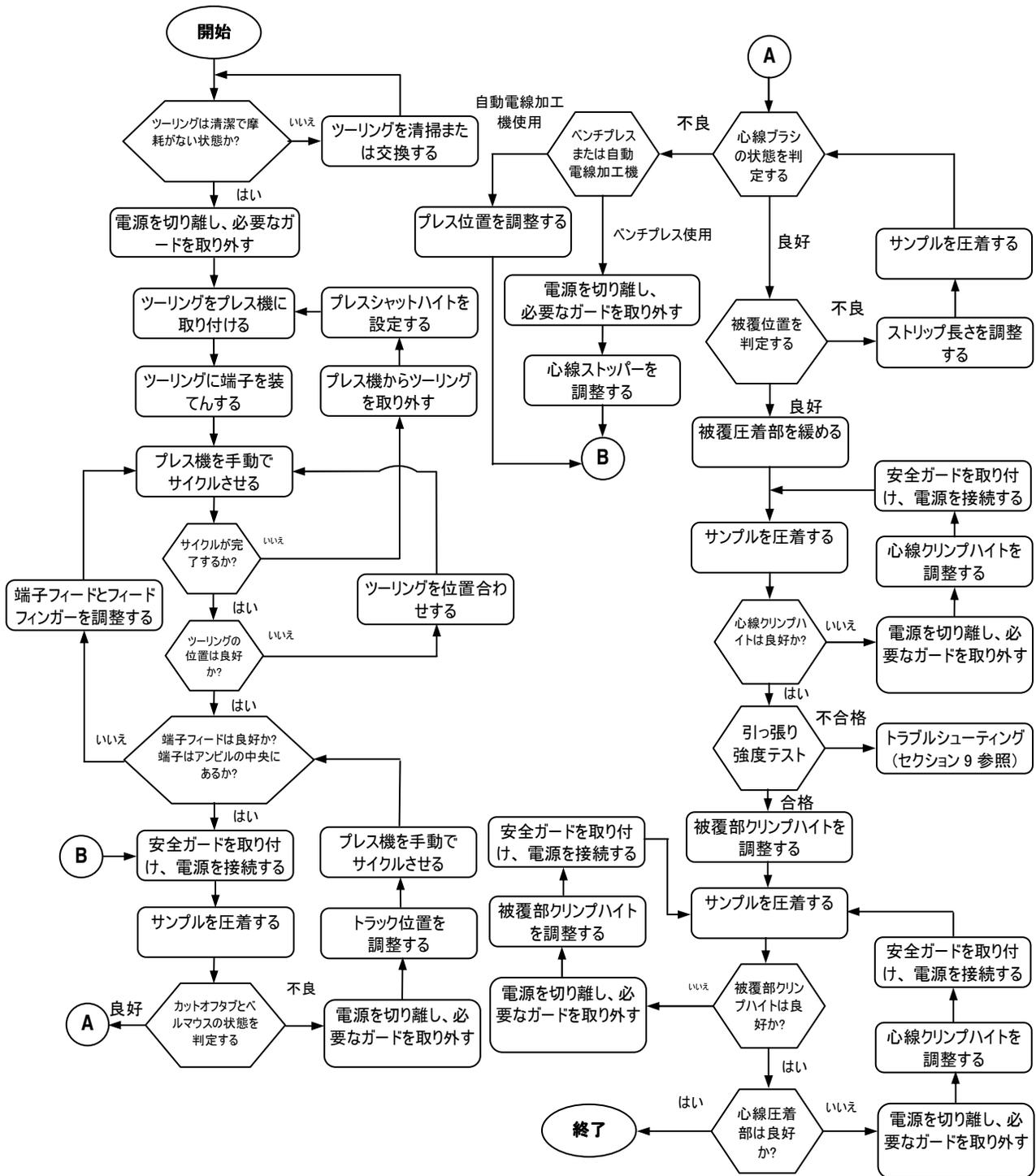
1. ツーリングが清潔な状態で、摩耗がないことを確認します。必要に応じて、ツーリングを清掃します。摩耗しているツーリングは交換します。
2. プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。
3. 適切なツーリングをプレス機に取り付けます。
4. ツーリングに端子を装てんして、最初の端子をアンビルの上に位置決めします。
5. プレス機を手動でサイクルさせて、支障なく1サイクルが完了することを確認します。サイクル中に支障が生じた場合、ツーリングを取り外し、プレスシャットハイトを点検します。ステップ3に移ります。
6. ツーリングの位置合わせを確認します。アンビルツーリングでつけられた圧着部底部の圧痕を確認します。突き出しが均等で、圧着成形部が中心に位置していることを確認します。適切な状態でない場合、ツーリングの位置を合わせて、ステップ5に移ります。
7. 端子フィードにより次の端子がアンビルの中央に位置決めされることを確認します。正しく位置決めされない場合、端子フィードとフィードフィンガーを調整して、ステップ5に移ります。
8. セットアップ時に取り外したすべての安全装置を元通りに取り付けます。**(各プレス機およびツーリングのマニュアルに記載されている安全要件をすべて守ってください)。**
9. 電源を入れて、サンプル端子を圧着します。
10. カットオフタブ長さおよびベルマウスの状態を判定します。調整が必要な場合、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。トラック位置を調整します。プレス機を手動でサイクルさせ

て、フィードフィンガーのフィード位置を確認し、ステップ7に移ります。

11. 心線ブラシの状態を判定します。調整が必要な場合、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。自動電線加工装置でのプレス位置またはベンチ向けの心線ストッパーを調整します。ステップ8に移ります。
12. 被覆位置を判定します。必要に応じて、ストリップ長さを調整し、新しいサンプルを圧着して、ステップ11に移ります。
13. 被覆部クリンプハイトを調整して、被覆圧着部を緩めます。
14. サンプル端子を圧着します。
15. 心線クリンプハイトを測定し、規定値と比較します。必要に応じて、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。心線クリンプハイトを調整し、ガードを取り付け、電源を接続して、ステップ14に移ります。
16. 引っ張り強度テストを行います。このテストに合格しなかった場合、トラブルシューティング (セクション9) を参照してください。
17. 被覆圧着を調整します。
18. サンプル端子を圧着します。
19. 被覆圧着を判定します。必要に応じて、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。被覆部クリンプハイトを調整し、ガードを取り付け、電源を接続して、ステップ18に移ります。
20. クリンプハイトを測定し、規定値と比較します。必要に応じて、プレス機の電源を切り離し、ガード装置を取り外します。心線クリンプハイトを調整し、ガードを取り付け、電源を接続して、ステップ18に移ります。
21. 測定値を文書に記録します。

常時安全に作業してください

作業フローチャート



セクション 7

測定

引っ張り強度テスト

1. 電線を約150 mm (6") の長さに切断します。
2. 片方の先端の被覆を13 mm (0.50")、または電線被覆が被覆グリップの下に来ない程度まではぎ取ります。あるいは、被覆圧着部を緩めて、電線の被覆がつかまれないようにします。
3. 適切な端子を通常のクリンプハイトで電線に圧着します。
4. 圧着後のベルマウス、心線ブラシ、心線の損傷を目視点検します。
5. プルスターを25.4 mm/分 (1.00"/分) に設定します。ほとんどの場合、これより大きい値を設定しても、データに重大な影響はありません。この遅い速度では、心線を引きちぎる急激な力の作用が予防されます。25.4 mm/分で取得されたデータを使用して、さらに大きい引っ張り速度を検証します。
6. 必要であれば、電線の反対側（端子を取り付けていない側）に結び目を付けます（被覆が滑りやすい場合）。
7. 引っ張りテストの種類に関係なく、電線及び端子付き末端の両方をしっかりとクランプ固定する必要があります。（注記：端子接触面を固定してください。心線圧着部を固定しないでください。）
8. 引っ張り強度テストを開始します。
9. 引っ張り強度の値を記録します。各セットアップを確認するには、引っ張り強度の測定を5回以上行う必要があります。工程能力を特定するには、25回以上読み取りを行う必要があります。
10. 最も小さい読み取り値を引っ張り強度の最小規定値と比較します。

注記：電線2本を一緒に圧着する場合、バラツキが大きくなり、 C_{pk} （説明はセクション8を参照）の値が小さくなるのが一般的です。このバラツキは、心線ブラシおよびベルマウスの変動や、端子バレルのセレーションと接触する素線の減少が原因です。二線圧着は最小サイズの電線の圧着と同程度にすぎないと考えられます。両方の電線をしっかりとグリップして、全く同時に引っ張った場合、測定される引っ張り強度の値はさらに高くなる可能性があります。各電線を個々に引っ張ると、引っ張り強度値は大幅に小さくなります。両

方の電線が同じサイズである場合、上側の電線の引っ張り強度の方が、下側の電線よりも小さくなるのが一般的です。これは、端子セレーションの影響によるものです。

電線一覧表

注記：引っ張り強度は、最小値のみが規定されています。 C_{pk} の計算では、平均値が公称値と仮定され、 C_p と C_{pk} が等しくなるように規定の上限値が設定されます。引っ張り強度値が標準偏差を引き上げるほど大きい場合、平均値及び最小値が大きくなっても、 C_{pk} が下がる可能性があります。

引っ張り強度テストのテスト値			
UL486A			
導線のサイズ		引っ張り強度	
AWG	mm ²	Lbf	N
30	0.05	1.5	6.7
28	0.08	2	8.9
26	0.13	3	13.4
24	0.20	5	22.3
22	0.324	8	35.6
20	0.519	13	57.9
18	0.823	20	89.0
16	1.31	30	133.5
14	2.08	50	222.6
12	3.31	70	311.5
10	5.261	80	356.0
8	8.367	90	400.5

*個々の仕様を調べてください。

クリンプハイトのテスト

1. ツールのセットアップ手順を完了します。
2. サンプルを5個以上圧着します。
3. クリンプマイクロメータのフラットブレードを心線圧着部の2つの湾曲部の頂点にあてます。ベルマウス付近では測定しないでください。
4. マイクロメータのダイヤルを回して、先端を圧着部の底面の湾曲部に接触させます。キャリパを使用する場合、圧着部の突き出し部を測定しないように注意してください。
5. クリンプハイトの値を記録します。各セットアップを確認するには、クリンプハイトの測定を5回以上行う必要があります。工程能力を特定するには、25回以上読み取りを行う必要があります。
6. 圧着工程では、部品250個～500個ごとにクリンプハイトを点検します。

注記: クリンプハイトは破壊を伴わず簡単に測定できる上、末端処理の電気的および機械的信頼性の確保という点で非常に重要な役割を果たすため、管理図にまとめるのが一般的です。管理図の作成には、主に3つの目的があります。1つは、セットアップサンプルの数が通常少なく、統計値に制限があるためです。もう1つは、工程に影響を及ぼす特殊要因が不規則で予測できないため、工程内で変化が発生した時点で変化を検出する方法が必要であるからです。これにより、数千個もの圧着不良端子の廃棄を未然に防ぐことができます。3つめの目的は、圧着工程の評価および改善にデータが必要であるという点です。これが最重要の目的と考えられます。

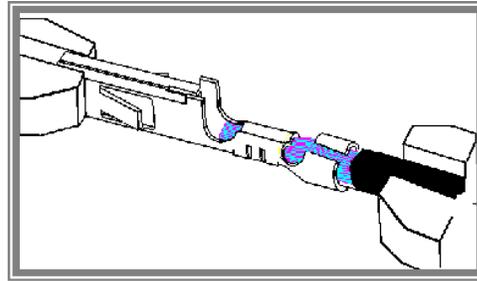


図 7-1
引っ張り強度テスト

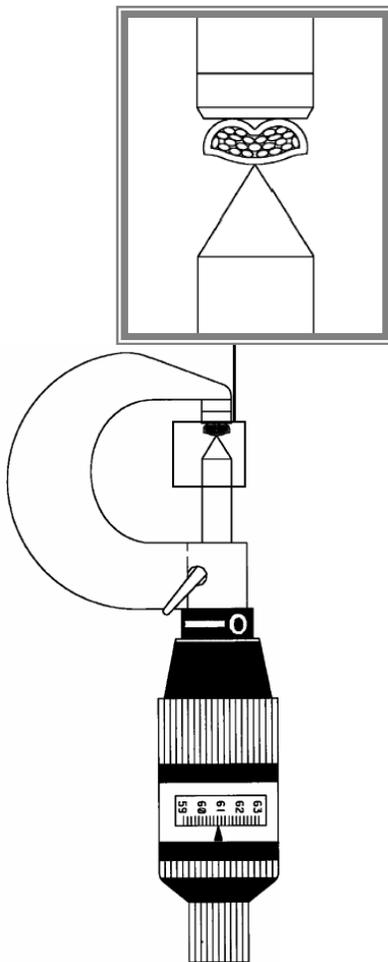


図 7-2
クリンプマイクロメータでの
クリンプハイト測定

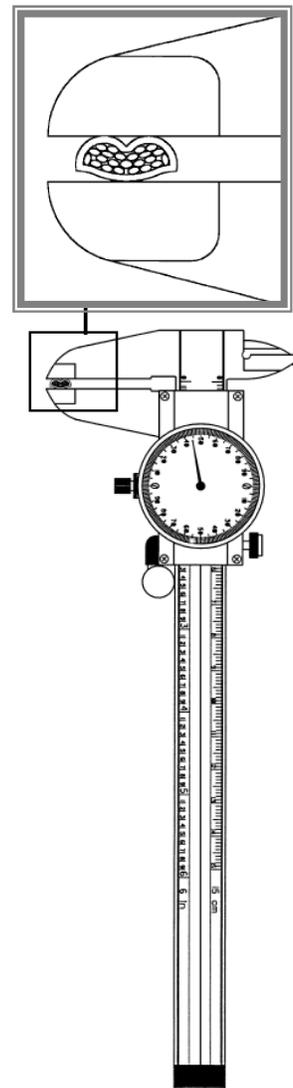


図 7-3
キャリパでの
クリンプハイト測定

セクション 8

圧着工程管理

圧着工程は、端子、電線、ツーリング、作業、方法、手順および環境的要因の相互作用により成立します。この工程を管理することにより、高品質の末端加工が実現できます。品質管理は、高品質の圧着加工の重要な要素です。セットアップや点検に過剰な時間を費やす必要がない上、ハーネスメーカーでは再加工や再生にかかる可能性のある何十万円もの費用を節約できます。

バラツキとは、圧着ごとに発生する微妙な変化です。バラツキには、一般的なバラツキと特殊なバラツキの2種類があります。一般的な原因で発生するバラツキは、工程の均一性に影響を及ぼすものであり、多くの小さい原因が重なった結果です。一般的なバラツキは、電線または端子の1つのリール内に本質的に存在するもので、公差としてみなされます。一般的なバラツキは、ワイヤーストリッパーや圧着機自体の公差によっても発生します。

通常、この一般レベルでのバラツキを減らすには、電線、端子、およびツーリングメーカーでの変更が必要になります。

特殊な原因によるバラツキは発生が不規則で、予測できません。圧着工程での点検がなければ、最初の100個の加工後にツールに緩みが生じたり、ツールの損傷により引っかかりが発生したりしても、検出されない状態が続き、不良の状態で何千回もの圧着が行われる可能性があります。

工程能力

新規の圧着ツールを量産に導入する前に、お客様側で、工程で使用する特定の電線を使用して、工程能力を調査することをお勧めします。能力調査では、正規分布（鐘形曲線）に従うと仮定して、測定値が規格外になる確率を推定します。

能力			
C _{pk}	+/- Sigma	歩留まり (%)	PPM*
0.67	2	95.45	45,500
1	3	99.73	2,699
1.33	4	99.99	63
1.67	5	99.99+	0.57
2	6	99.99++	0

* PPM - 百万個あたりの部品数（潜在的な不良品）

最小25個を1セットとするサンプルを圧着工程から抽出する必要があります。このサンプルを基に、平均値と標準偏差を計算します。能力指数は以下の式で定義されます。C_pの範囲はゼロから無限大に及ぶ可能性があり、値が大きいほど工程能力が高いことを示します。ほとんどの場合、1.33を超える値であれば、許容範囲として考えられます。C_pの計算には以下の式が使用されます。

$$\frac{\text{公差}}{6 \times \text{標準偏差}}$$

C_{pk} 指数は工程で公差内の製品が製造されるかどうかを示します。工程が規格の平均に集中している場合、C_{pk}の値はC_pと等しくなります。C_{pk}が負になる場合、工程の平均は規格範囲外です。C_{pk}が0～1の間である場合、シックスシグマの範囲の一部が公差の範囲から外れます。C_{pk}が1よりも大きい場合、シックスシグマの範囲は完全に公差内に入ります。C_{pk}の計算には、以下の式のうち小さい方が使用されます。

$$\frac{(\text{USL} - \text{平均値})}{3 \times \text{標準偏差}} \quad \frac{(\text{平均値} - \text{LSL})}{3 \times \text{標準偏差}}$$

USL = Upper Specification Limit (規格上限値)、LSL = Lower Specification Limit (規格下限値)

シックスシグマの実現は不良品が実質的にゼロであることを意味するため、多くの企業が目標としています。企業がシックスシグマレベルを実現できるかどうかは、工程内での一般的なバラツキの量によって左右されます。例えば、手作業による電線のはぎ取りは、機械によるはぎ取りよりもバラツキが大きくなります。ハンドツールによる圧着は、プレス機およびダイセットを使用した場合よりもバラツキが大きくなります。また、ベンチによる末端加工は、自動電線加工機よりもバラツキが大きくなります。

圧着に関するバラツキには、部品の測定に使用される機器の種類や検査者の測定技能により発生するものもあります。クリンプマイクロメータの方が、ダイヤルキャリパよりも高い精度で測定できます。自動引っ張り強度テストシステムの方が、フック式スケールよりも正確に測定できます。測定ゲージの分解能が十分であることも重要です。

検査者が異なれば、同じ部品の測定でも結果が異なることがあります。また、1人の検査者でも、2種類のゲージを使用した場合には、部品の測定結果が異なることがあります。モレックスでは、測定誤差に起因するバラツキがどれくらいの割合になるか特定するために、ゲージ能力検査

の実施をお勧めしています。小さいサイズの電線に圧着されるマイクロ端子では、引っ張り強度を確保するために、厳しい数値のクリンプハイトが要求されます。測定誤差によるバラツキがあると、 C_{pk} 値が低いままになる可能性があります。

生産データが能力調査のデータと大きく異なる場合、圧着ツールの能力を再確認する必要があります。

生産

ツールで実際に生産を開始する前に、能力レベルを確定する必要があります。多くのハーネスメーカーでは、一度に加工する電線の本数は数百から数千本程度です。この場合、すべてのセットアップで25個の加工を実践するのは、経済的または現実的ではありません。

目視点検

作業者が圧着済み電線の束を手作業で扇状に広げて、ベルマウス、心線ブラシ、被覆位置、カットオフタブ長さ、被覆圧着部を点検する作業は、標準作業手順に含まれている必要があります。

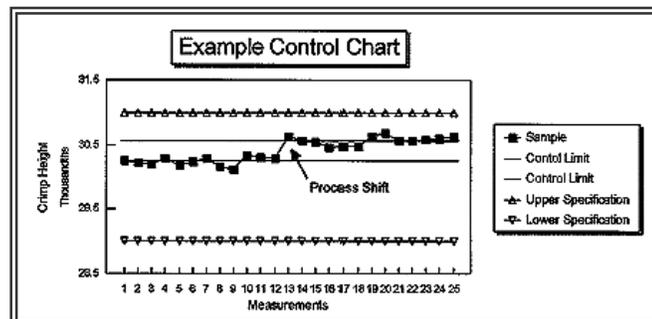
管理図作成

クリンプハイトは破壊を伴わず簡単に測定できる上、末端処理の電気的および機械的信頼性の確保という点で非常に重要な役割を果たすため、クリンプハイトを管理図にまとめるのが一般的です。管理図の作成には、主に3つの目的があります。1つは、セットアップサンプルの数が通常少なく、統計値に制限があるためです。もう1つは、工程に影響を及ぼす特殊要因が不規則で予測できないため、工程内で変化が発生した時点ですぐに変化を検出できる必要があるからです。これにより、数千個もの圧着不良端子の廃棄を未然に防ぐことができます。3つめの目的は、圧着工程の評価および改善にデータが必要であるという点で、これこそが最も重要な目的です。

ツーリング工程のセットアップが完了し、電線サイズに変更がない場合、電線色の変更、電線長さの変更、端子材の変更、またはセットアップ調整に対して1つの管理表を作成します。クリンプハイトの調整を行う前に、表にデータ

ポイントを記録します。各調整後にデータを記録した場合、工程は管理されているように見えるだけで、実際には工程を改善するためのデータはほとんど得られません。作業者はできるだけ多くの注記を表に書き込む必要があります。製造工程を管理する上で、真に効果的で、経済的に優れた方法は、工程自体に内在するバラツキの原因を理解および監視し、減らすことです。セットアップや調整に要する時間から利益は生まれません。

このサンプル管理表ではどんなことがわかりますか。



XおよびR表

$$5\text{サンプルの管理限度値} = \text{平均} \\ (\text{測定値5個の平均}) + 0.577 \times \text{平均(範囲)}$$

この表は、12回目と13回目の測定の間に工程に変化が発生したことを示しています。このタイプの変化は、電線の変更、端子ロットの変更、機械の引っかかりによるツーリングの損傷、作業者の交代、被覆圧着の調整のいずれかが原因で発生する可能性があります。現時点で測定値は規定範囲内ですが、生産を停止してクリンプハイトを調整しますか。

材料の変更に伴う工程内の変化は、クリンプハイト調整の正当な理由になる可能性があります。機械の引っかかり後の変化は、調整ではなく、ツーリングの詳細な評価が必要であることを示します。作業者の交代に伴う変化は、調整ではなく、測定技能の評価が必要であることを示します。管理表の目的は、工程内の変化の原因を突き止め、工程の調整が必要かどうかを判定することです。

セクション9

トラブルシューティング

電線の加工

症状	原因	解決策
被覆が不規則に切断されている (図9-1)	ツーリングの摩耗	ツーリングを交換する
	電線の切り込み深さが浅すぎる	切り込み深さを調整する
一部の素線が切断されている (図9-2)	ツーリングの損傷	ツーリングを交換する
	切り込み深さが深すぎる	切り込み深さを調整する
	心線が電線の中心からずれている	電線供給業者に連絡する
撚り線が引っ張られている (図9-3)	ツーリングの摩耗	ツーリングを交換する
	電線の切り込み深さが浅すぎる	切り込み深さを調整する
電線長さのバラツキが大きすぎる (図9-4)	電線ドライブローラー／ベルトの摩耗	ベルト／ローラーを交換する
	被覆デュロメーター硬度が硬すぎる	駆動圧力を高める
	電線矯正装置が緩すぎる／きつすぎる	電線矯正装置を調整する
ストリップ長さが不適切 (図9-4)	セットアップ不良	ツーリングを再セットアップする

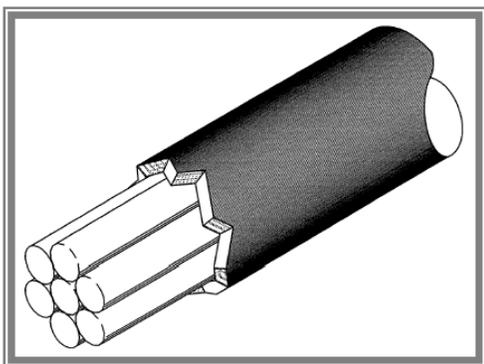


図 9-1
被覆が不規則に切断されている

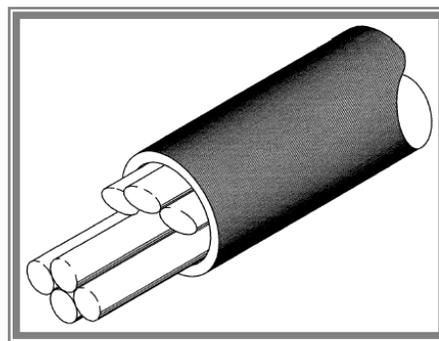


図 9-2
一部の素線が切断されている

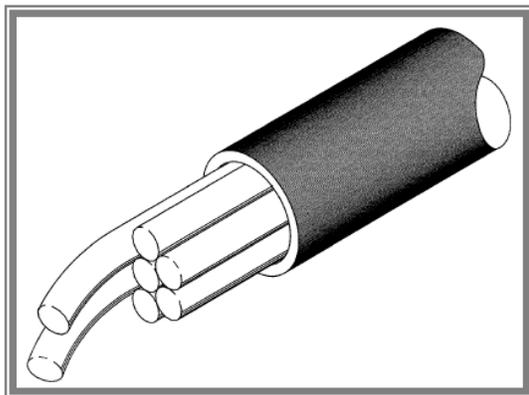


図 9-3
撚り線が引っ張られている

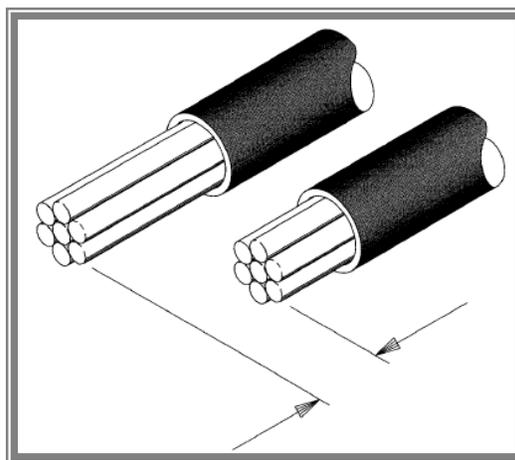
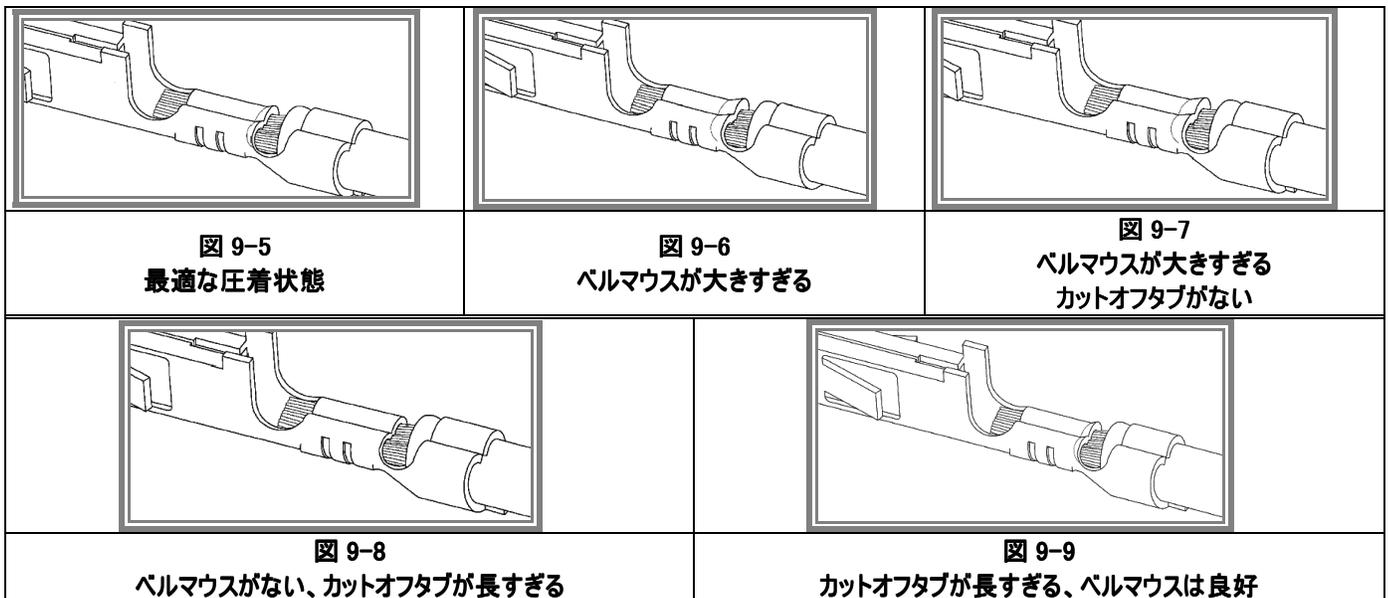


図 9-4
電線長さのバラツキが大きすぎる、またはストリップ長さが不適切

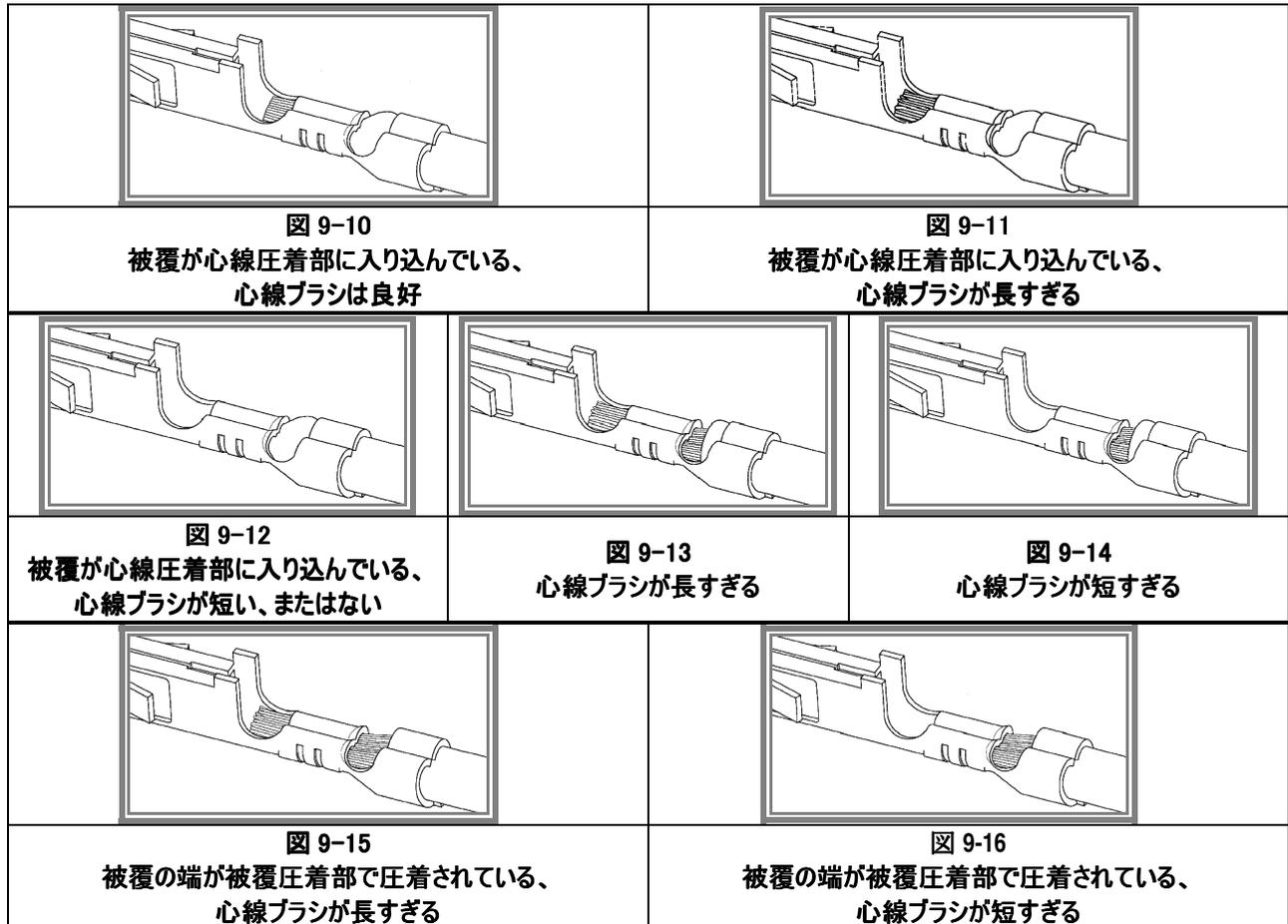
ベルマウスおよびカットオフタブ長さ

症状	原因	解決策
引っ張り強度が低い (図9-6および9-7)	ベルマウスが大きすぎる、カットオフタブがない	トラック位置を調整して、カットオフタブを少し確保する
	ベルマウスが大きすぎる、カットオフタブは良好	パンチツールリングの摩耗または不良を点検し、必要に応じて交換する
一部の素線が切断されている (図9-8)	ベルマウスがない、カットオフタブが長すぎる	トラック位置を調整する
		端子ストリップに反りがなければ点検する
カットオフタブが長い (図9-9)	ベルマウスは良好、カットオフタブが長すぎる	カットオフの摩耗がないか点検し、必要に応じて交換する
		パンチツールリングに摩耗がないか点検し、必要に応じてトラックを再調整する



心線ブラシおよび被覆位置

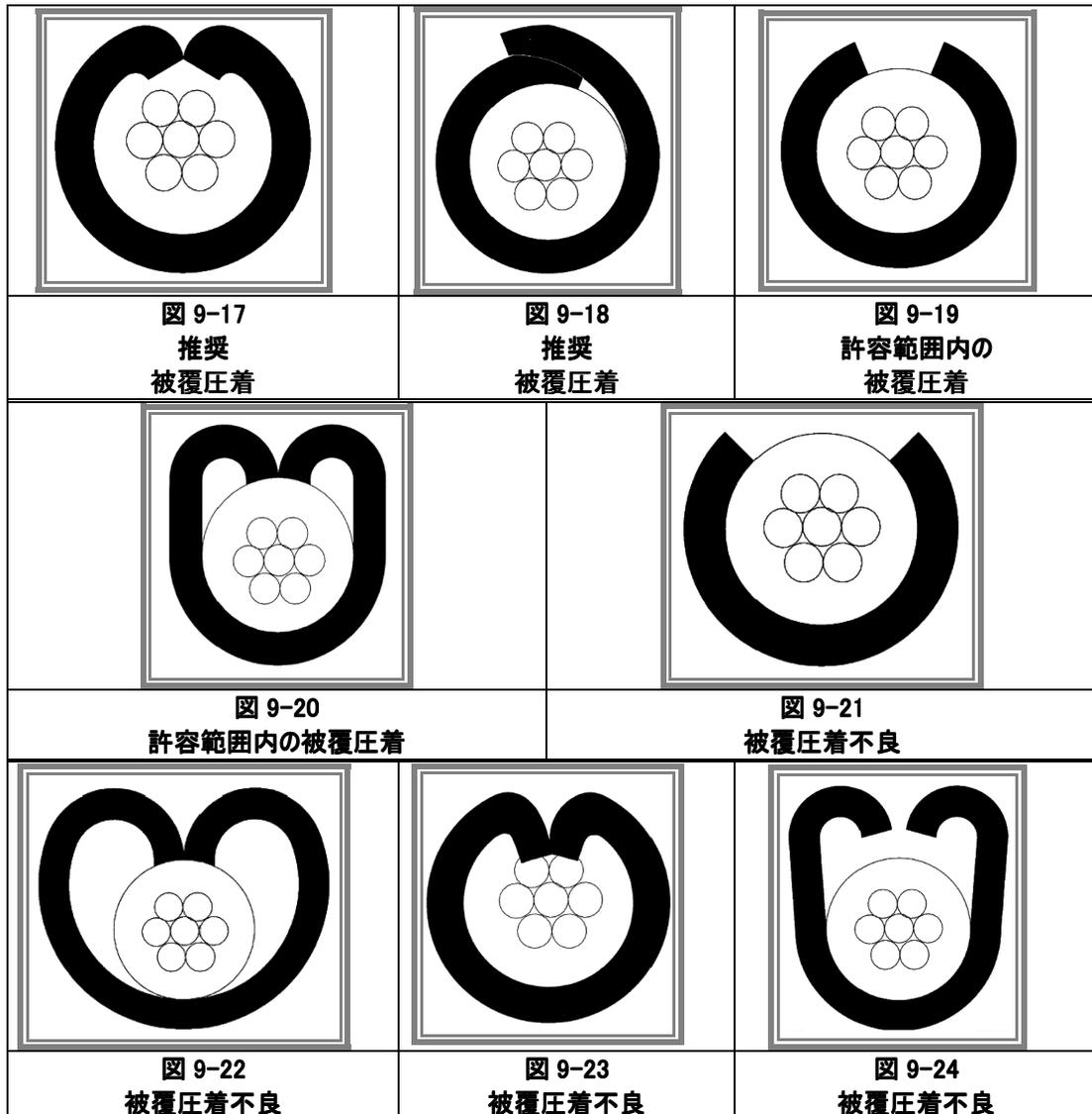
症状	原因	解決策
被覆が心線圧着部に入り込んでいる、心線ブラシは良好 (図9-10)	ストリップ長さが短すぎる	規定値を確認し、ストリップ長さを調整する
被覆が心線圧着部に入り込んでいる、心線ブラシが長い (図9-11)	ベンチチップ圧着 - 心線ストッパー位置不良	心線ストッパーを移行部の中央に調整する
	電線加工 - プレス位置不良	プレス位置を調整して電線から離す
被覆が心線圧着部に入り込んでいる心線ブラシが短い、またはない (図9-12)	ストリップ長さが短すぎる	規定値を確認し、ストリップ長さを長く調整する ベンチチップ向けに心線ストッパー位置を再調整するか、または、電線加工用にプレス位置を再調整する
被覆端部は移行部の中央にあるが、心線ブラシが長すぎる (図9-13)	ストリップ長さが長すぎる	規定値を確認し、ストリップ長さを短く調整する ベンチチップ向けに心線ストッパー位置を再調整するか、または、電線加工用にプレス位置を再調整する
	心線の切断が不規則、または撚り線が被覆から引っ張られている	ストリッパーツールに摩耗がないか点検する
被覆の端は移行部の中央にあるが、心線ブラシが短すぎる (図9-14)	ストリップ長さが短すぎる	規定値を確認し、ストリップ長さを長く調整する ベンチチップ向けに心線ストッパー位置を再調整するか、または、電線加工用にプレス位置を再調整する
被覆の端が被覆圧着部で圧着されている心線ブラシは良好、または長い (図9-15)	ストリップ長さが長すぎる	規定値を確認し、ストリップ長さを短く調整する ベンチチップ向けに心線ストッパー位置を再調整するか、または、電線加工用にプレス位置を再調整する
被覆の端が被覆圧着部で圧着されている心線ブラシが短い、またはない (図9-16)	ベンチチップ圧着 - 心線ストッパー位置不良	心線ストッパーを移行部の中央に調整する
	電線加工 - プレス位置不良	プレス位置を調整して電線から離す
	作業者の電線位置決め技能を検証する	作業者の技能研修を行う、圧着速度を遅くする



被覆圧着

症状	原因	解決策
端子が大径電線の88%未満を覆っている(図9-21)	圧着が緩すぎる、端子被覆バレルが不十分	被覆部クリンプ高さを調整して、圧着力を高める 端子の状態を判定する
端子が小径電線の50%未満に接触している(図9-22)	端子被覆バレルが大きすぎる	端子の状態を判定する
被覆バレルが被覆に食い込み、心線に達している(図9-23)	圧着力が強すぎる	被覆部クリンプ高さを調整する
被覆バレルが被覆をしっかりとつかんでいない、曲げテスト不合格(図9-24)	圧着が緩すぎる	被覆部クリンプ高さを調整して、圧着力を高める

* 安価なハンドツールでは、被覆圧着の調整ができません。ハンドツールは少量加工用として設計されています。ハンドツールでは被覆圧着を調整できませんが、被覆に食い込む圧着であっても、多くの用途で許容範囲と考えられることがあります。この基準をハンドツールのみにも適用できるのは、ハンドツールの圧着サイクルが低速であるためです。ハンドツールでは、被覆圧着で被覆に食い込んだ場合でも、心線は電線内部で脇に移動し、損傷を免れる傾向があります。



クリンプハイト

症状	原因	解決策
クリンプハイトが目標値から逸脱 (図9-26)	電線タイプ、メーカー、撚りが変更された	ツーリングを調整して目標値に戻す
	被覆の色またはデュロメーター硬度が変更された	
	圧着ツーリングが変更された	
	圧着プレス機(シャットハイト)が変更された	
	プレスタイプ(メーカー)が変更された	
	端子リール(ロットコード)が変更された	
	ツーリングセットアップが変更された	ツーリングを交換する
ツーリングの損傷または摩耗		
クリンプハイトのバラツキが大きすぎる (図9-27)	電線のバラツキ	供給された製品を点検する
	端子のバラツキ	
	ツーリングの損傷、緩み、または摩耗	ツーリングを交換する、または締め付ける
	誤測定	ゲージ能力を分析する
	端子のスプリングバックが大きすぎる、過圧着 一部の素線がない、または切断されている	クリンプハイトを調整する はぎ取り工程を調整する

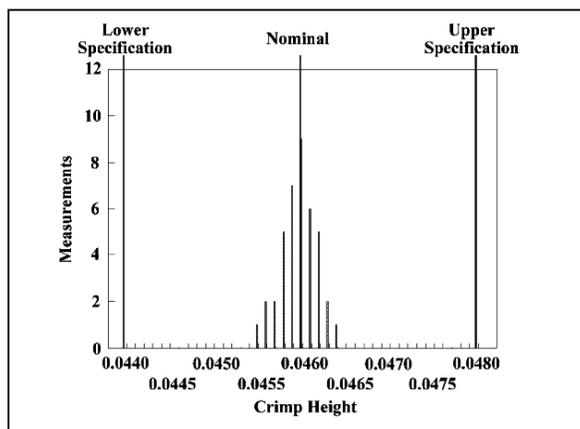


図 9-25
最適なクリンプハイトのグラフ

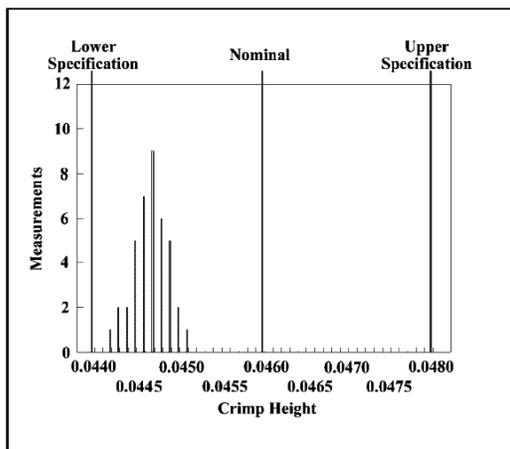


図 9-26
クリンプハイトが目標値から逸脱

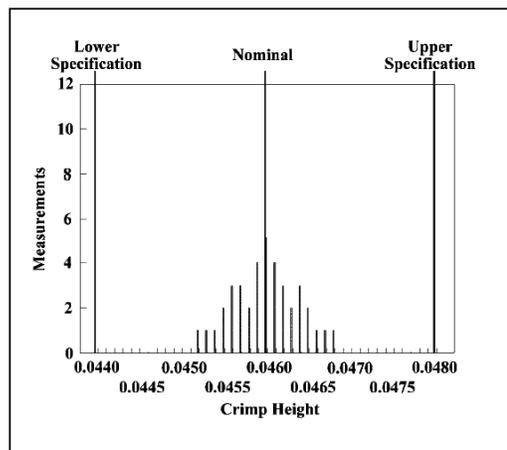


図 9-27
クリンプハイトのバラツキが大きすぎる

引っ張り強度

症状	原因	解決策
電線が心線圧着部の前でちぎれる - 引っ張り強度が低い (図9-29)	一部の素線が切断されている	はぎ取り工程を点検する
	クリンプハイトが低すぎる	クリンプハイトを調整する
	ペルマウスがない、または小さい	ツーリングトラックを調整する
電線が被覆グリップから抜ける - 引っ張り強度が低い (図9-29)	被覆圧着が被覆壁を貫通している	被覆クリンプハイトを高くする
	クリンプハイトが高すぎる	クリンプハイトを調整する
	心線ブラシがない、または短い	ストリップ長さを長くする
	ペルマウスが大きすぎる	ツーリングトラックを調整する
	金端子が使用されている	端子の取り付け方法を精査する
	端子材の厚さが薄すぎる	
	端子のセレーションが浅い	最寄りのセールスエンジニアに問い合わせる

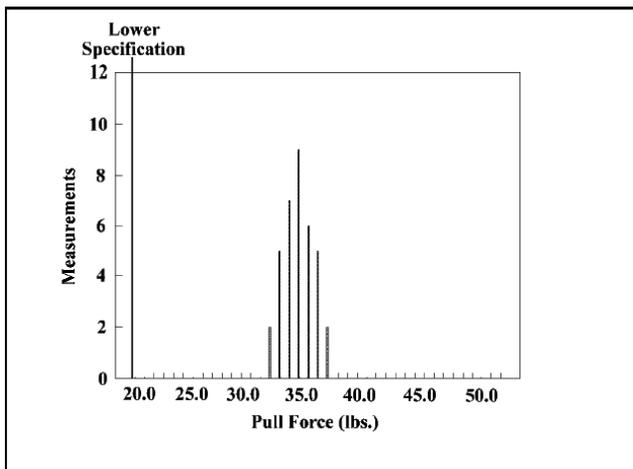


図 9-28
最適な引っ張り強度のグラフ

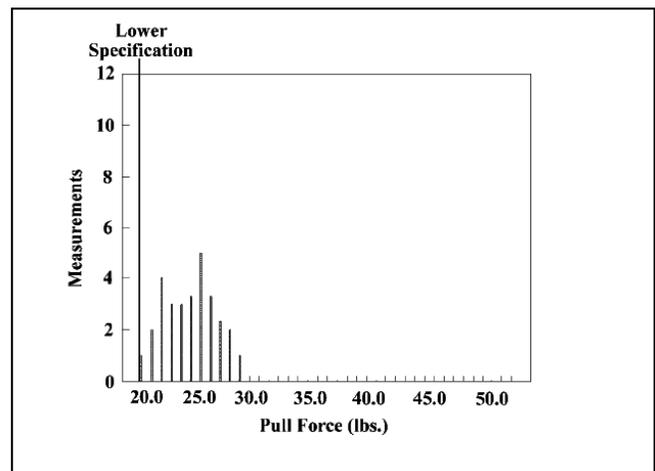


図 9-29
引っ張り強度不足を示すグラフ

セクション10

電線太さ一覧表

AWG	電線面積		撚り線		電線直径		サーキュラー	電線切断	
	mm ²	平方インチ	No.	直径	mm	In.	ミル	N	Lbf.
8	8.302	.01287	1	.1280	3.25	.128	16384	2175.00	489.0
8	7.820	.01212	19	.0285	3.68	.145	15433	2048.72	460.6
8	7.955	.01233	49	.0179	3.73	.147	15700	2084.21	468.6
8	8.605	.01334	133	.0113	3.73	.147	16983	2254.49	506.9
8	8.513	.01319	168	.0100	3.73	.147	16800	2230.22	501.4
8	8.424	.01306	665	.0020	3.73	.147	16625	2206.99	496.2
10	5.261	.00816	1	.1019	2.59	.102	10384	1378.44	309.9
10	4.740	.00735	37	.0159	2.92	.115	9354	1241.75	279.2
10	5.006	.00776	49	.0142	2.95	.116	9880	1311.63	294.9
10	5.320	.00825	105	.0100	2.95	.116	10500	1393.89	313.4
12	3.308	.00513	1	.080	2.05	.081	6529	866.69	194.8
12	3.632	.00563	7	.0320	2.44	.096	7168	951.56	213.9
12	3.085	.00478	19	.0179	2.36	.093	6088	808.16	181.7
12	3.294	.00511	65	.0100	2.41	.095	6500	862.88	194.0
12	3.3118	.00514	165	.0063	2.41	.095	6549	869.37	195.5
14	2.082	.00323	1	.0641	1.63	.064	4109	545.45	122.6
14	2.270	.00352	7	.0253	1.85	.073	4481	594.81	133.7
14	1.941	.00301	19	.0142	1.85	.073	3831	508.59	114.3
14	2.078	.00322	41	.0100	1.85	.073	4100	544.28	122.4
14	2.112	.00327	105	.0063	1.85	.073	4167	553.24	124.4
16	1.308	.00203	1	.0508	1.30	.051	2581	342.58	77.0
16	1.433	.00222	7	.0201	1.52	.060	2828	375.43	84.4
16	1.229	.00191	19	.0113	1.47	.058	2426	322.07	72.4
16	1.317	.00204	26	.0100	1.50	.059	2600	345.15	77.6
16	1.307	.00203	65	.0063	1.50	.059	2580	342.48	77.0
16	1.330	.00206	105	.0050	1.47	.058	2625	348.47	78.3
18	.823	.00128	1	.0403	1.02	.040	1624	215.60	48.5
18	.897	.00139	7	.0159	1.22	.048	1770	234.93	52.8
18	.811	.00126	16	.0100	1.19	.047	1600	212.40	47.8
18	.963	.00149	19	.0100	1.24	.049	1900	252.23	56.7
18	.825	.00128	41	.0063	1.19	.047	1627	216.03	48.6
18	.823	.00128	65	.0050	1.19	.047	1625	215.72	48.5
20	.519	.00080	1	.0320	.81	.032	1024	135.94	30.6
20	.563	.00087	7	.0126	.97	.038	1111	147.53	33.2
20	.507	.00079	10	.0100	.89	.035	1000	132.75	29.8
20	.616	.00096	19	.0080	.94	.037	1216	161.43	36.3
20	.523	.00081	26	.0063	.91	.036	1032	136.99	30.8
20	.519	.00081	41	.0050	.91	.036	1025	136.07	30.6
22	.324	.00050	1	.0253	.64	.025	640	84.97	19.1

AWG	電線面積		撚り線		電線直径		サーキュラー	電線切断	
	mm ²	平方インチ	No.	直径	mm	In.	ミル	N	Lbf.
22	.355	.00055	7	.0100	.76	.030	700	92.93	20.9
22	.382	.00059	19	.0063	.79	.031	754	100.11	22.5
22	.329	.00051	26	.0050	.76	.030	650	86.29	19.4
24	.205	.00032	1	.0201	.61	.024	404	53.63	12.1
24	.227	.00035	7	.0080	.58	.023	448	59.47	13.4
24	.201	.00031	10	.0063	.61	.024	397	52.69	11.8
24	.241	.00037	19	.0050	.58	.023	475	63.06	14.2
24	.200	.00031	41	.0031	.58	.023	394	52.31	11.8
26	.128	.00020	1	.0159	.40	.016	253	33.56	7.5
26	.141	.00022	7	.0063	.53	.021	278	36.88	8.3
26	.127	.00020	10	.0050	.51	.020	250	33.19	7.5
26	.154	.00024	19	.0040	.48	.019	304	40.36	9.1
28	.080	.00012	1	.0126	.32	.013	159	21.08	4.7
28	.089	.00014	7	.0050	.38	.015	175	23.23	5.2
28	.093	.00014	19	.0031	.41	.016	183	24.24	5.4
30	.051	.00008	1	.0100	.25	.010	100	13.28	3.0
30	.057	.00009	7	.0040	.30	.012	112	14.87	3.3
30	.060	.00009	19	.0025	.30	.012	118	15.64	3.5
32	.032	.00005	1	.0080	.20	.008	64	8.50	1.9
32	.034	.00005	7	.0031	.20	.008	67	8.93	2.0
32	.039	.00006	19	.0020	.23	.009	76	10.09	2.3

米州本部
Lisle, Illinois 60532 U.S.A.
1-800-78MOLEX
amerinfo@molex.com

北アジア太平洋本部
神奈川県大和市、日本
81-462-65-2324
feninfo@molex.com

南アジア太平洋本部
ジュロン、シンガポール
65-6-268-6868
fesinfo@molex.com

ヨーロッパ本部
ミュンヘン、ドイツ
49-89-413092-0
eurinfo@molex.com

米国本社
2222 Wellington Ct.
Lisle, IL 60532 U.S.A.
630-969-4550
ファックス: 630-969-1352

Webサイト: <http://www.molex.com>