



Fachberichte

Leitfaden zum fachgerechten
Verarbeiten von elektrischem
Verbindungsmaterial

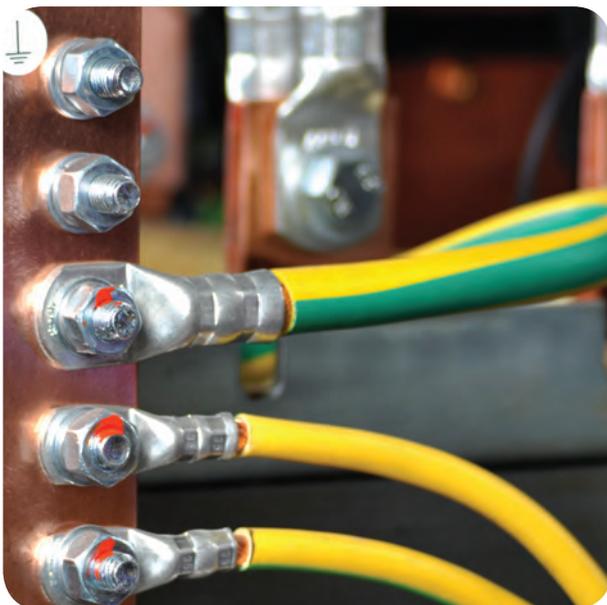
Verbindungen mit **System**
The **Power** of Partnership

Klauke[®]
A Textron Company



Inhaltsverzeichnis

Welcher Kabelschuh für welche Anwendung?	3
Rohrkabelschuhe für Sonderanwendungen	9
Die Kerbung: Altbewährt, aber zulässig?	15
Welche ist die richtige: Pressformen im Überblick	21
Sechskant-Pressung für Aluminium und Kupfer	27
Leichtgewichte richtig verarbeiten: DIN-Presskabelschuhe und Verbinder aus Aluminium	35
Aluminium und Kupfer richtig verbinden	41
Mitarbeitergesundheit: Geringere körperliche Belastungen durch elektrisch betriebene Werkzeuge	47



- Presskabelschuhe nach DIN 46235 für die Pressverbindung von ein-, mehr-, fein- und feinstdrähtigen Kupferleitern
- Standard-Rohrkabelschuhe aus Elektrolyt-Kupfer (EN 13600)
- Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 nicht für eindräftige Massivleiter geeignet
- Die Auswahl des richtigen Kabelschuhs hängt entscheidend vom zu verarbeitenden Kabeltyp ab
- Für die elektrischen und mechanischen Eigenschaften von Kabelschuhen gilt die internationale Norm IEC 1238 Teil 1

Welcher Kabelschuh für welche Anwendung?

Welcher Kabelschuh für welche Anwendung?

Kleines Bauteil mit großer Wirkung: Eine schlampige Verarbeitung von Kabelschuhen kann zu erhöhten Übergangswiderständen bis hin zu Bränden führen. Wir zeigen, wie man es richtig macht.

Auf dem deutschen Markt sind mehrere hundert verschiedene Ausführungen von Kabelschuhen erhältlich. Für den Elektrotechniker ist es schwierig, aus dem riesigen Angebot den richtigen Kabelschuh für seine jeweils spezielle Anforderung zu wählen. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über die verschiedenen Arten gebräuchlicher Kabelschuhe für Kupferleiter und erklärt, was bei der Auswahl als Voraussetzung für eine dauerhaft sichere Verbindung zu beachten ist. Generell lassen sich drei verschiedene Arten von Kabelschuhen unterscheiden:

- Presskabelschuhe nach DIN 46235,
- Rohrkabelschuhe als handelsübliche Normalausführungen sowie
- Quetschkabelschuhe nach DIN 46234.



Die drei Arten von Kabelschuhen: Presskabelschuh, Rohrkabelschuh und Quetschkabelschuh (v. li.n.re.)

Presskabelschuhe nach DIN 46235

Die DIN 46235 definiert die Anwendungsbereiche, Abmessungen und die Kennzeichnung von Presskabelschuhen.

So erlaubt die Norm die Verwendung dieser Kabelschuhe für die Pressverbindung von ein-, mehr-, fein- und feinstdrähtigen Kupferleitern. Mögliche Anwendungen liegen vor-



Kabelschuhe schlechter Qualität und/oder schlechte Verarbeitung können zu Bränden führen

nehmlich bei Installationen im Bereich der Versorgungsnetzbetreiber (VNB).

Die Markierungen auf dem Produkt liefern dem Fachmann wesentliche Informationen zu Herkunft und Einsatz des Presskabelschuhs nach DIN 46235. Gleiches gilt auch für Rohrkabelschuhe. So bedeutet z.B. die Prägung »KL 22 12 - 150«:

- KL: Herstellerkennung (»Klauke«)
- 22: Werkzeugkennziffer (nur bei Kabelschuhen nach DIN 46235)
- 12: Größe der genormten metrischen Schraubenabmessung für den Anschlussbolzen: hier also Schrauben M 12
- 150: Vorgesehener Nennquerschnitt des Leiters in mm²

Darüber hinaus weisen diese Kabelschuhe auch Markierungen für die Pressung auf. Für die Verarbeitung empfiehlt die Norm Presseinsätze entsprechend DIN 48083 Teil 1, 3 und 4 für ein-, fein- und feinstdrähtige Leiter. Für umflochtene Rundseile verweist die Norm auf die Angaben des Herstellers.

Nur der Presskabelschuh nach DIN 46235 (oben) weist die vom Hersteller vorgegebene Anzahl der Pressmarkierungen auf



So empfiehlt z.B. Klauke generell 6-Kant-Pressensätze nach DIN 48083, Teil 4 für die Verarbeitung der Presskabelschuhe nach DIN 46235. Die Leiter-Nennquerschnitte der Presskabelschuhe reichen von 6 mm² bis 1000 mm², die Bohrungsdurchmesser für die Anschlussbolzen betragen zwischen 5 mm und 20 mm.

Als Werkstoff ist Elektrolyt-Kupfer nach EN 13600 vorgeschrieben.

Aus Gründen des Korrosionsschutzes sind Presskabelschuhe – ebenso wie Rohr- und Quetschkabelschuhe – galvanisch verzinkt.

Rohrkabelschuhe: Die handelsübliche »Normalausführung«

Neben den DIN-Kabelschuhen bieten verschiedene Hersteller auch so genannte Standard-Rohrkabelschuhe an, die nach EN 13600 aus Elektrolyt-Kupfer bestehen. Rohrkabelschuhe unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Abmessungen von den DIN-Kabelschuhen – in der Regel sind sie kürzer als die DIN-Ausführungen und haben andere Rohrabmessungen.



Presskabelschuhe (oben) sind i.d.R. länger als Rohrkabelschuhe (unten)



Rohrkabelschuhe (links) haben andere Rohrabmessungen als Presskabelschuhe (rechts)

Da sie jedoch der gleichen Prüfnorm IEC 1238 Teil 1 unterliegen, ist die Haltbarkeit der elektrischen und mechanischen Verbindung dadurch nicht beeinträchtigt. Alle Kabelschuhe – gleich welcher Ausführung – lassen sich nur dann fachgerecht verpressen (ohne Über- oder Unterpressung), wenn man dafür geeignetes Werkzeug einsetzt. Fehler bei der Produktwahl oder nicht fachgerechte Verpressungen können zu erhöhten Übergangswiderständen führen und in der Folge zu Temperaturerhöhungen oder sogar zu Bränden.

Falsche und korrekte Verpressung im Vergleich: Eine nicht fachgerechte Verpressung (oben Überpressung, Mitte Unterpressung) oder die Verwendung eines falschen Presswerkzeugs kann zu erhöhten Übergangswiderständen führen und die Sicherheit einer Anlage gefährden; unten eine korrekte Pressung



falsch



falsch



richtig

Um diese Folgen auszuschließen, empfiehlt z.B. Klauke für die Verpressung seiner Rohrkabelschuhe ausschließlich die Verwendung der entsprechenden Presswerkzeuge dieses Herstellers.

Welcher Kabelschuh für welche Anwendung?

Quetschkabelschuhe nach DIN 46234

Auch für Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 gelten normative Vorgaben hinsichtlich Anwendungsbereichen, Abmessungen und Kennzeichnung.

Als Anwendungsbereich dieser Kabelschuhe nennt die Norm Kabelverbindungen von mehr-, fein- und feinstdrähtigen Leitern. Wichtig: Im Gegensatz zu Presskabelschuhen nach DIN 46235 eignen sich Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 nicht für eindrätige Massivleiter. Die Leiter-Nennquerschnitte von Presskabelschuhen reichen von 0,5 mm² bis 240 mm²; die Bohrungsdurchmesser für die Anschlussbolzen von 2 mm bis 16 mm. Mögliche Einsatzgebiete liegen im Schaltschrankbau oder auch in Fahrzeugen von Verkehrsbetrieben.

Quetschkabelschuhe bestehen ebenfalls aus Elektrolyt-Kupfer entsprechend den Vorgaben der EN 13600. Sie unterscheiden sich jedoch hinsichtlich des Ausgangsmaterials. Während die Herstellung von Presskabelschuhen aus Rohren erfolgt, werden Quetschkabelschuhe aus Blechen hergestellt. Konstruktionsbedingt weisen sie deshalb eine Lötnaht auf, da die DIN eine rundum geschlossene Hülse vorschreibt.

Hinsichtlich der Presswerkzeuge existieren keine normativen Vorgaben; z.B. empfiehlt Klauke seine selbstentwickelten Dornpresswerkzeuge.

Nützliche Verarbeitungshinweise

Die Auswahl des richtigen Kabelschuhs hängt entscheidend vom zu verarbeitenden Kabeltyp ab. Für Kabel nach DIN 57295 kann man folgende Kabelschuhe verwenden:

- Kabel der Klassen 1, 2, 5 und 6: Presskabelschuhe nach DIN 46235
- Kabel der Klasse 2: Rohrkabelschuhe
- Kabel der Klassen 2, 5 und 6: Quetschkabelschuhe

In der Praxis kann es bei Kabeln der Klassen 5 und 6 jedoch passieren, dass hochflexible Leiter nicht in die vorgesehenen Kabelschuhe passen. In solchen Fällen bieten sich z.B. die so genannten F-Kabelschuhe von Klauke als Lösung an. Diese haben einen größeren Innendurchmesser, sind zusätzlich aufgeweitet und werden mit Dornpresswerkzeugen verarbeitet.

Wenn Kabel der Klassen 5 und 6 nicht in herkömmliche Kabelschuhe passen, kann man auf die aufgeweiteten F-Kabelschuhe ausweichen



Für die Verarbeitung der DIN-Kabelschuhe sind Presswerkzeuge mit Kennziffereneinsätzen nach DIN 48083 Teil 4 zu verwenden. Bei Rohrkabelschuhen sollte man die Werkzeugempfehlungen der Hersteller in den Verkaufsunterlagen beachten.

Elektrische und mechanische Eigenschaften

Für die elektrischen und mechanischen Eigenschaften von Kabelschuhen gilt die internationale Norm IEC 1238 Teil 1. Sie legt die Anforderungen fest, die eine elektrische Verbindung für einen dauerhaft sicheren Betrieb in der vorgesehenen Anwendung erfüllen muss.

Sie beinhaltet neben einer mechanischen Zugprüfung auch eine elektrische Haltbarkeitsprüfung. Dazu simuliert ein Prüfzyklus den Praxis-einsatz: Die Verbindung wird dabei 1000 Mal auf ca. 120°C erhitzt, um die morgendlichen Spannungsspitzen in den öffentlichen Stromnetzen nachzuahmen. Dazwischen erfolgen Hochstromprüfungen mit Temperaturen um 250°C.

Die Verantwortung für die Einhaltung der normativen Anforderungen liegt beim Hersteller der Kabelschuhe. Deshalb geben diese auch die Verwendung der jeweiligen Kabeltypen für ihre Kabelschuhe vor.

Über die normativen Vorgaben hinaus stellen renommierte Hersteller weitere Anforderungen an die Produktqualität. So werden z.B. die Kabelschuhe von Klauke in einem zusätzlichen Fertigungsschritt »weichgeglüht«, um Verhärtungen und Spannungen aus dem Material zu nehmen und so die Bruchgefahr zu verringern.

Das steigert die Dauerhaltbarkeit und macht die Kabelschuhe unempfindlicher z.B. gegen Vibrationen. Auch deshalb empfiehlt sich grundsätzlich die Verwendung hochwertiger Kabelschuhe von Markenherstellern.

weisen ebenso auf ein hochwertiges Produkt hin wie eine saubere Endenbearbeitung des rechtwinkligen Rohrstücks.

Hochwertige Rohrkabelschuhe (oben) weisen eine saubere und senkrechte Endenbearbeitung auf



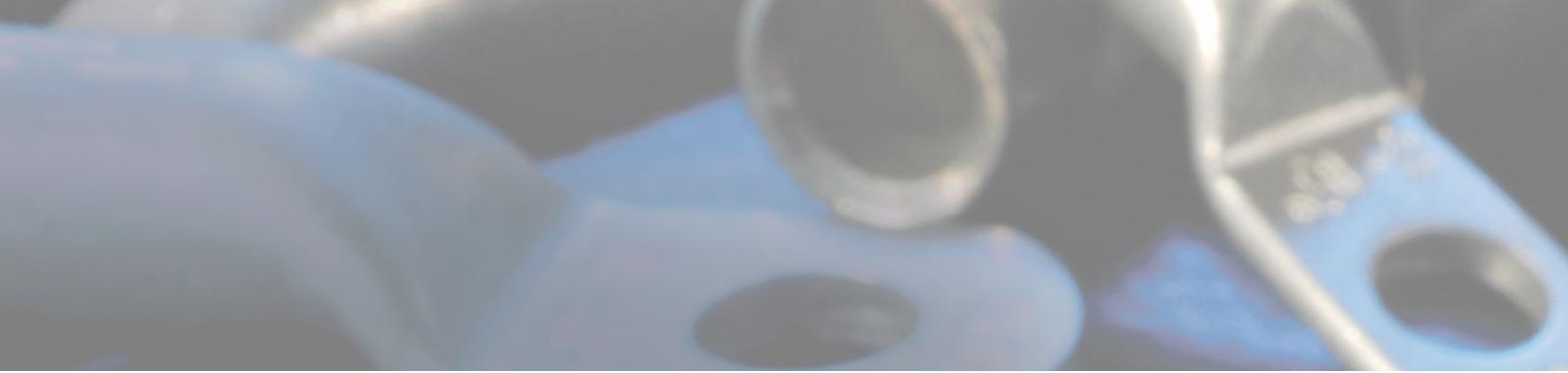
Ausblick: Sonderkabelschuhe

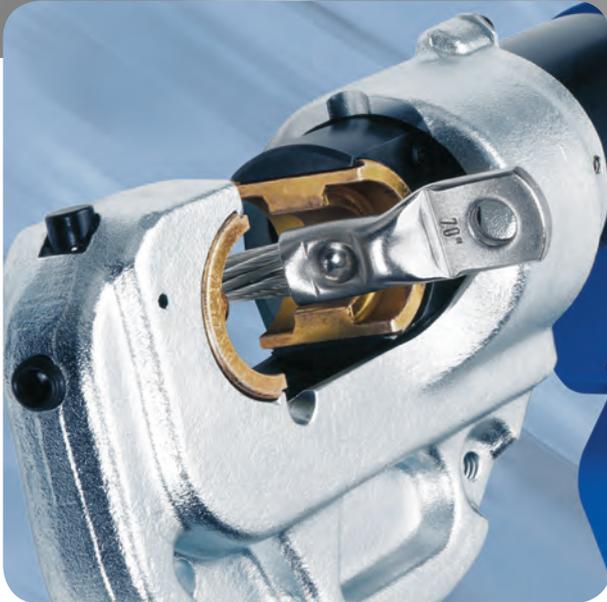
Mit den hier aufgeführten Kabelschuhen lassen sich nahezu alle Standardanforderungen der täglichen Praxis fachgerecht und sicher umsetzen. Eine Reihe von Anwendungen wie z.B. Massivleiter oder Schaltgeräteanschlüsse erfordern jedoch Sonderkabelschuhe.



Der längere Schaft des Kabelschuhs (oben) sorgt für eine qualitativ hochwertige Verbindung

Die Qualität von Kabelschuhen lässt sich meist schon an optischen Merkmalen erkennen. Eine gratfreie Fertigung sowie ein gleichmäßig ebener Aufschraubbereich





- F-Kabelschuhe für fein- und feinstdrähtige Leiter vermeiden Aufspießung von Kabeltypen der Klassen 5 und 6 nach DIN VDE 57295
- Rohrkabelschuhe für eindrätige Leiter (re) zeichnen sich durch einen angepassten Rohrdurchmesser aus
- Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse verfügen über einen wesentlich schmaleren Flansch
- Edelstahl-Rohrkabelschuhe speziell für den Einsatz unter widrigen Umgebungsbedingungen

Rohrkabelschuhe für Sonderanwendungen

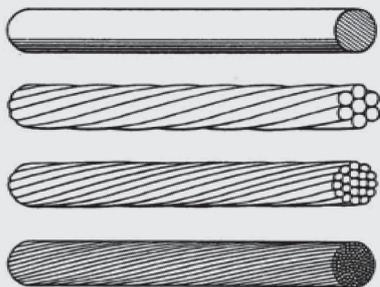
Rohrkabelschuhe für Sonderanwendungen

Das Problem kennt jeder Elektroinstallateur: Beim Versuch, einen fein- oder feinstdrähtigen Leiter in einen Kabelschuh zu schieben, spleißt das Kabel auf, und einige Drähte finden nicht den vorgesehenen Weg in den Kabelschuh. Um solche Fälle zu vermeiden, bieten renommierte Hersteller so genannte »Kabelschuhe für Sonderanwendungen« an.

Mit diesen Sonderkabelschuhen lassen sich alle Kabeltypen problemlos verarbeiten. Ihre Bauart orientiert sich an den besonderen Eigenschaften der unterschiedlichen Klassen von Kabeltypen, die in der DIN VDE 57295 beschrieben sind.

Das sind im Einzelnen):

- Runde eindrähtige (re) Leiter der Klasse 1 (umgangssprachlich »Massivleiter «)
- runde mehrdrähtige (rm) Leiter der Klasse 2
- feindrähtige Leiter der Klasse 5 (umgangssprachlich »flexible Leiter«) sowie
- feinstdrähtige Leiter der Klasse 6 (umgangssprachlich »hochflexible Leiter«).



Kabeltypen nach DIN VDE 57295 (v.o.n.u.):
runde eindrähtige Leiter,
runde mehrdrähtige Leiter,
feindrähtige Leiter
und feinstdrähtige Leiter

F-Kabelschuhe für fein- und feinstdrähtige Leiter

Das eingangs beschriebene Problem der Aufspaltung von Kabeltypen der Klassen 5 und 6 nach DIN VDE 57295 vermeiden Rohr-Kabelschuhe der so genannten Baureihe »F«. Sie eignen sich z.B. für die Verarbeitung größerer Leitungsquerschnitte im



Nicht fachgerecht verarbeitete und individuell angepasste Kabelschuhe können zu gravierenden Sicherheitsmängeln an elektrischen Installationen führen.

Schaltschrankbau, in Galvanisierungsbetrieben oder für den Einsatz in Schienenfahrzeugen. F-Rohrkabelschuhe weisen im Vergleich zum »normalen « Kabelschuh einen größeren Rohrdurchmesser auf. Außerdem sind sie in aufwändigen Herstellungsverfahren trichterförmig aufgeweitet, um eine bessere Kabeleinführung zu gewährleisten.

Die Vorteile liegen auf der Hand:

F-Rohrkabelschuhe ermöglichen ein leichtes und sicheres Einführen des Leiters, sie verhindern das Aufspleißen der äußeren Leiterdrähte und sie erfassen den Leiter damit vollständig im Kabelschuh.



Rohrkabelschuhe Baureihe F (oben) für feindrähtige Leiter ermöglichen das leichte Einführen des Leiters ohne das Aufspleißen der Leiterdrähte

Das hat auch sicherheitstechnische Auswirkungen: Eine Querschnittsverjüngung durch Aufspaltung wird verhindert, so dass der volle Querschnitt des Kabels erhalten bleibt. Markierungen auf dem F-Rohrkabelschuh geben wichtige Hinweise zu Hersteller, Abmessungen und Ausführung des Produkts.

So steht die Prägung »KL 12 150 F« für

- KL: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 12: Metrische Schraubenabmessung der Bohrung für den Anschlussbolzen (hier Schrauben M 12)
- 150: Nennquerschnitt des Leiters in mm²
- F: Rohrkabelschuh der Baureihe »F« (feindrätig)

Fachgerechte Pressverfahren für F-Kabelschuhe sind z.B. die Dorn- oder die 4-Dornpressung bzw. die Kerbung mit den jeweils geeigneten Werkzeugen.



Fachgerecht verpresster F-Kabelschuh mit einer Dornpressung



Das Schliffbild einer Dornpressung mit einem vom Hersteller empfohlenen Werkzeug zeigt die gleichmäßige Verteilung der Leiter im Kabelschuh

Um Unter- oder Überpressungen zu vermeiden, ist der Einsatz von geeignetem Werkzeug eine wesentliche Voraussetzung. Folge nicht fachgerecht durchgeführter Verpressungen können z.B. erhöhte Übergangswiderstände sein, die zu Temperaturerhöhungen und in letzter Konsequenz sogar zu Kabelbränden führen können.

Daher empfiehlt z.B. Klauke, für die Verpressung seiner Kabelschuhe ausschließlich die Werkzeuge dieses Herstellers zu verwenden. Nur so können VDE-gerechte Verpressungen garantiert werden.

Passend zu den Rohrkabelschuhen der Baureihe »F« bieten verschiedene Hersteller auch entsprechende Stoßverbinder für Leitungsverlängerungen oder Reparaturzwecke an. Diese verfügen ebenfalls über eine trichterförmige Aufweitung und einen vergrößerten Rohrdurchmesser.

Ein Mitteneindruck verhindert ein ungleichmäßiges Einschieben der beiden Kabelenden.

Die empfohlenen Verpressungsarten entsprechen denen der F-Rohrkabelschuhe. Kabelschuhe und Stoßverbinder der Baureihe »F« bestehen entsprechend den normativen Vorgaben der EN 13600 aus Elektrolyt-Kupferrohr. Um den Korrosionsschutz sicherzustellen, sind die Kabelschuhe galvanisch verzinkt.

Die handelsüblichen Leitungsquerschnitte liegen zwischen 10 mm² und 300 mm². Ebenfalls lieferbar sind neben geraden Ausführungen auch abgewinkelte Ausführungen von 45° oder 90° sowie Typen mit Sichtloch, bei denen man erkennen kann, ob das Kabel komplett in den Kabelschuh eingeschoben ist. Die Prüfung unterliegt wie bei allen Rohrkabelschuhverbindungen der Prüfnorm IEC 1238 Teil 1, so dass bei einer korrekten Verpressung die mechanische und elektrische Haltbarkeit der Verbindung sichergestellt ist.

Um fertigungsbedingte Materialspannungen aus dem Material zu lösen, sind z.B. Kabelschuhe von Klauke zudem in einem speziellen Herstellungsverfahren gegläht. Das reduziert die Bruchgefahr und gibt zusätzliche Sicherheit. Die Qualität eines Rohrkabelschuhs lässt sich bereits an äußeren Merkmalen erkennen.

Rohrkabelschuhe für Sonderanwendungen

So weist eine gratfreie Fertigung mit einer sauberen Rohrendenbearbeitung auf ein hochwertiges Produkt hin. Ein weiteres Qualitäts-Merkmal ist eine plane Oberfläche im Anschraubbereich.

Rohrkabelschuhe für eindrähtige Leiter (re)

Für die Verarbeitung eindrähtiger Leiter der Klasse 1 nach DIN VDE 57295 bieten sich Rohrkabelschuhe der Baureihe »E« (Kabelschuhe für Massivleiter) an, die ebenfalls aus verzinnem Elektrolyt-Kupfer bestehen. Diese zeichnen sich durch einen angepassten Rohrdurchmesser aus, um eine optimale Pressung massiver Leiter zu gewährleisten.



Optimale Verpressung der Rohrkabelschuhe für Massivleiter mit angepasstem Rohrdurchmesser

Zu den möglichen Einsatzgebieten zählen alle Bereiche, in denen mit massiven Einzeldrähten gearbeitet wird – z.B. im Trafo- und Motorenbau. Empfohlene Pressverfahren sind die 6-Kantpressung sowie die Kerbung. Auch hier gilt es, auf die geeignete Kombination von Rohrkabelschuh und Presswerkzeug möglichst eines Herstellers zu achten. Rohrkabelschuhe für eindrähtige Leiter sind neben dem geringeren Durchmesser analog zum Rohrkabelschuh für fein- und feinstdrähtige Leiter an ihrer Markierung zu erkennen: An letzter Stelle der Prägung steht ein »E« für eindrähtig. Also z.B.: KL 10 50 E. Die üblichen Querschnitte liegen zwischen 6 mm² und 50 mm².

Passend zu Rohrkabelschuhen der Baureihe »E« gibt es Stoßverbinder sowie T- und Kreuzverbinder mit entsprechendem Innendurchmesser für eindrähtige Leiter.

Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse

Bei der Arbeit im Schaltschrankbau herrschen normalerweise beengte Platzverhältnisse. Als besonders problematisch erweist sich oft der Anschluss eines Leiters an leistungsstarke Schaltgeräte – ab einem gewissen Leitungsquerschnitt passen herkömmliche Rohrkabelschuhe oft nicht in die vorgesehene Anschlussklemme.



Spezielle Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse (Baureihe SG) ermöglichen den sicheren Anschluss auch größerer Kabelquerschnitte

Für solche Anwendungen haben verschiedene Hersteller deshalb spezielle Rohrkabelschuhe für Schaltgeräteanschlüsse (»SG-Kabelschuhe«) entwickelt, die über einen wesentlich schmaleren Flansch verfügen, der problemlos in den Schaltgeräteanschluss passt.

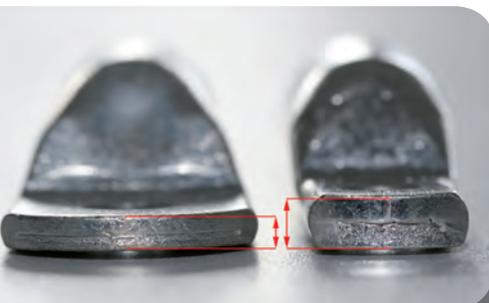
Der direkte Vergleich macht die unterschiedliche Bauform deutlich: links Standard-Rohrkabelschuh, rechts Rohrkabelschuh für Schaltgeräteanschlüsse mit schmalen Anschraubflansch





Rohrkabelschuhe aus Edelstahl sind beispielsweise für den Einsatz in der chemischen Industrie oder in Bereichen, in denen das Material Seewasser ausgesetzt ist, besonders geeignet

Ebenfalls wichtig: Der Flansch solcher Kabelschuhe ist nicht nur wesentlich schmaler als bei einem herkömmlichen Kabelschuh, sondern auch etwas dicker, weil für die Herstellung die gleiche Menge an Elektrolyt-Kupfer wie für einen herkömmlichen Rohrkabelschuh verwendet wird.



Der Anschraubflansch des SG-Kabelschuhs (rechts) ist dicker, da bei der Herstellung durch ein spezielles Herstellungsverfahren die gleiche Menge an Kupfer wie beim Rohrkabelschuh verwendet wird

So sind trotz des schmalen Flansches keine Leistungsverluste zu verzeichnen.

Damit erfüllen diese Kabelschuhe alle Voraussetzungen für eine gute Verarbeitung von mehrdrähtigen Leitern der DIN-VDE-Klasse 2, die im Schaltschrankbau üblicherweise zum Einsatz kommen. Empfohlene Pressverfahren mit den geeigneten Werkzeugen sind die 6-Kantpressung oder die Kerbung.

Die erhältlichen Leitungsquerschnitte dieser Rohrkabelschuhe reichen von 35 mm² bis 300 mm². Die Bohrungen sind angepasst an

die Abmessungen von Anschlussklemmen marktüblicher Schaltgeräte und betragen 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm und 16 mm. Auch hier gibt es Ausführungen mit Sichtloch.

Randbemerkung: Gefährlich und deshalb unzulässig ist es, den Flansch eines herkömmlichen Kabelschuhs abzufeilen, bis er in die Anschlussklemme des Schaltgeräts passt. Die Folge solcher Manipulationen sind Leistungsverluste, die zu Temperaturerhöhungen und im schlimmsten Fall zum Brand führen können.

Edelstahl-Rohrkabelschuhe für aggressive Umgebungen

Speziell für den Einsatz unter widrigen Umgebungsbedingungen gibt es Rohrkabelschuhe aus Edelstahl und Nickel für die Verpressung mit Kupferleitern.

Edelstahl-Rohrkabelschuhe sind besonders säure- sowie korrosionsbeständig und eignen sich daher z.B. für den Einsatz in der chemischen Industrie oder in Bereichen, in denen das Material Seewasser ausgesetzt ist – etwa für die Erdung von Masten auf Segelschiffen.

Ein weiterer Vorteil von Edelstahl liegt in seiner hohen Temperaturbeständigkeit. Deshalb sind diese Kabelschuhe für den Einsatz unter Umgebungstemperaturen von bis zu 400°C geeignet.

Bei noch höheren Temperaturen, wie sie im Heißeleiterbereich von Glüh- oder Heizöfen auftreten, setzt man Rohrkabelschuhe aus Nickel ein – diese verkräfteten Maximaltemperaturen von bis zu 650°C.

Welcher Kabelschuh für welche Anwendung?

Sowohl Edelstahl- als auch Nickel-Rohrkabelschuhe können für alle gängigen Kabeltypen eingesetzt werden.



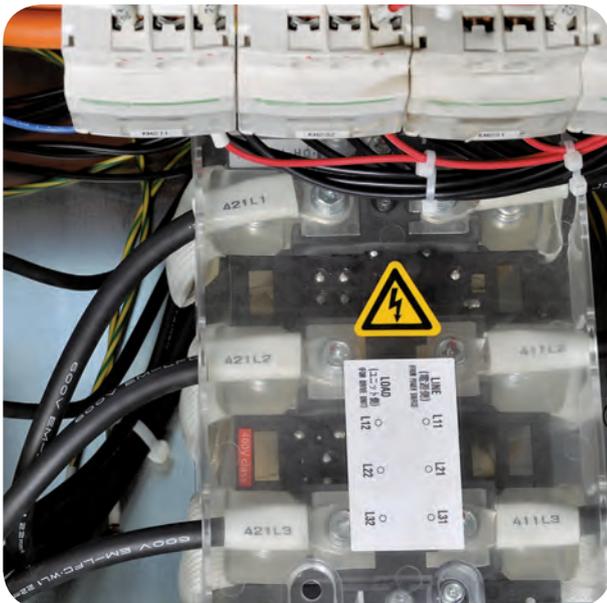
Ein fachgerecht verpresster Rohrkabelschuh aus Edelstahl ist für den Einsatz in Umgebungen mit Temperaturen von bis zu 400°C geeignet

Die handelsüblichen Querschnitte liegen zwischen 0,5 mm² und 95 mm². Generell ist hierbei die Dornpressung mit dem dafür empfohlenen Hersteller-Werkzeug anzuwenden.

Gleiches gilt für die ebenfalls erhältlichen Stoßverbinder mit Mitteneindruck aus Edelstahl und Nickel.

Ausblick: Al- und Al/Cu Presskabelschuhe

Einen weiteren Sonderfall stellen Al und Al/Cu-Kabelschuhe für die Verpressung mit Aluminiumleitern dar. Aufgrund ihres Preis- und Gewichtsvorteils ist ein gewisser Trend zu Aluminiumleitern zu verzeichnen. Bei der Verarbeitung gilt es jedoch unbedingt eine Reihe von Besonderheiten zu beachten, die wir in einer späteren Ausgabe ausführlich erläutern werden.



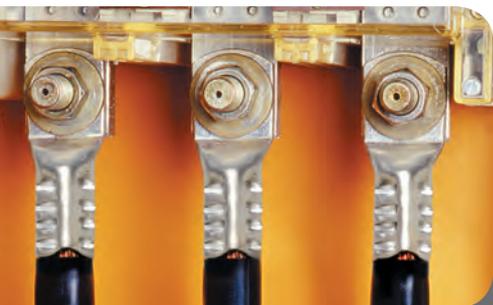
- W-Pressung und Kerbverpressung für unterschiedliche Querschnitte
- Das zulässige Kabelspektrum für die Kerbung umfasst sowohl mehrdrätige Kupferleitungen der Klasse 2 als auch fein- und feinstdrätige Typen der Klassen 5 und 6 nach VDE 0295 bis zu 400 mm² Querschnitt
- F-Kabelschuhe für fein- und feinstdrätige Leiter vermeiden bauartbedingt das Problem der Aufspleißung
- Sinnvolle Art der Verpressung bei Querschnitten unter 6 mm² ohnehin, aber auch im Schaltschrankbau bis 1 000 V

Die Kerbung:
 Altbewährt, aber zulässig?

Die Kerbung: Altbewährt, aber zulässig?

Vorteile und Grenzen: Als älteste Pressform im Bereich der Elektrotechnik hat sich die Kerbung in unzähligen Anwendungen bewährt. Dennoch taucht in Fachkreisen seit einiger Zeit immer wieder die Frage auf: Ist die Kerbung überhaupt noch zulässig?

Der Hintergrund für diese Unsicherheit: Heute gilt v.a. die Sechskant-Pressung als technischer Standard. Dennoch ist die Kerbung eine zulässige Pressform, die bevorzugt im Schaltschrankbau bis 1 000 V zum Einsatz kommt. Es handelt sich um eine markenabhängige Art der Verpressung.



Die Kerbung ist eine nach wie vor zulässige Pressform, die häufig im Schaltschrankbau bis 1000 V genutzt wird

Die Hersteller sorgen dafür, dass mit ihren Komponenten eine normgerechte Verpressung durchführbar ist, und belegen dies mit entsprechenden Prüfungen.

So weist z. B. Klauke in Prüfungen nach IEC 61238 nach, dass man bei der Verwendung seiner Presswerkzeuge in Kombination mit den Kabelschuhen dieses Herstellers durch Kerbung Verbindungen herstellen kann, die qualitativ denen einer Sechskant-Verpressung ebenbürtig sind.

Achtung: Die Kerbung eignet sich – anders als die Sechskant-Verpressung – nur für Kupfer.

Technisch zeichnet sich die Kerbung durch ihren hohen Verdichtungsgrad aus. Aus der

großen Kraftereinwirkung resultiert aber eine hohe Materialbeanspruchung.

Daher müssen durch Kerbung hergestellte Verbindungen immer zugentlastet sein.

Mit der Kerbung lassen sich dauerhafte Verbindungen mehr-, fein- und feinstdrähtiger Leiter herstellen

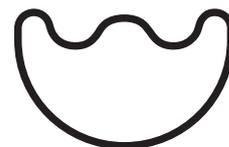


Die Varianten: W-Pressung und Kerbverpressung

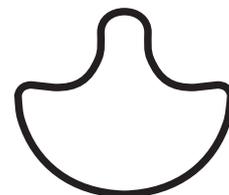
Zwei Ausführungen der Kerbung gibt es:

- die W-Pressung für Querschnitte von 0,5 mm² bis 16 mm²
- die Kerbverpressung für Querschnitte von 6 mm² bis 400 mm²

Die W-Pressung bietet sich für kleinere Querschnitte an, da das Material im Bereich der beiden Spitzen des Presseinsatzes besonders hoch verdichtet wird



Die Kerbverpressung eignet sich speziell für Querschnitte von 6 mm² bis 400 mm²



Die W-Pressung empfiehlt sich bei kleineren Querschnitten, da das Material im Bereich der beiden Spitzen des Presseinsatzes besonders hoch verdichtet wird.

Zudem ist die Kerbung bei der Verarbeitung kleiner Querschnitte üblich.

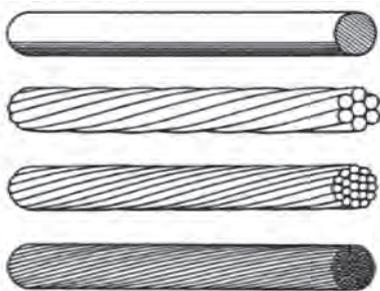
Die Sechskant-Verpressung kommt in der Regel erst ab Querschnitten von mehr als 6 mm² zum Einsatz.

Für mehr-, fein- und feinstdrähtige Kupferleitungen

Das zulässige Kabelspektrum für die Kerbung umfasst sowohl mehrdrähtige Kupferleitungen der Klasse 2 als auch fein- und feinstdrähtige Typen der Klassen 5 und 6 nach VDE 0295 bis zu 400 mm² Querschnitt.

Im Gegensatz zur Sechskant-Pressung lassen sich mit der Kerbung auch ausgedünnte Leitungen sicher und ohne Übertragungsverluste verpressen. Zum Hintergrund: Ausgedünnte Kabel weisen real einen geringeren Querschnitt auf als nominell angegeben – bei einem angegebenen Querschnitt von 50 mm² können es de facto z. B. nur ca. 43 mm² sein. Zur Herstellung ausgedünnter Leitungen wird hochreines Kupfer verwendet.

Der Vorteil: Reduzierter Materialeinsatz und damit geringere Kosten. In der großen Bandbreite der zu verarbeitenden Leitungstypen liegt einer der entscheidenden Vorteile der Kerbung. All diese Leitungstypen können mit nur einem Werkzeug gekerbt werden.



- runde eindrähtige (re) Leiter der Klasse 1 (umgangssprachlich Massivleiter)
- runde mehrdrähtige (rm) Leiter der Klasse 2
- feindrähtige Leiter der Klasse 5 (umgangssprachlich flexible Leiter)
- feinstdrähtige Leiter der Klasse 6 (umgangssprachlich hochflexible Leiter)



Verschiedene Ausführungen von Aluminiumleitern

Das mechanische Presswerkzeug K07 von Klauke für Kernverpressungen deckt einen Querschnittsbereich von 185 mm² bis 400 mm² ab

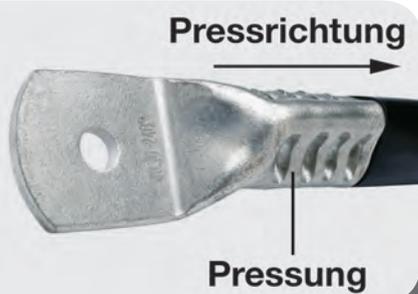


Generell kommen für Kerbungen ausschließlich mechanische Handpresszangen zum Einsatz. Die Pressprofile richten sich nach den Rohrabmessungen der Kabelschuhe und Verbinder. Da die Kerbung jedoch keine genormte Verpressung darstellt, ist auch hierbei unbedingt auf die Verwendung qualitativ hochwertiger und nach IEC 61238 geprüfter Materialien und Werkzeuge aus der Hand eines Herstellers zu achten.

Eine fachgerechte Kerbung erhält man nur bei sauberer Arbeitsausführung mit dem geeigneten Werkzeug und dem dazu passenden Kabelschuh.

Die Kerbung: Altbewährt, aber zulässig?

Das heißt konkret: Das Werkzeug ist korrekt anzusetzen und die Kerbung ist bis zum Anschlag des Werkzeugs durchzuführen. Die Anzahl der erforderlichen Kerbungen entspricht denen einer Sechskant-Verpressung. Zum Beispiel: Die fachgerechte Sechskant-Verpressung eines Rohrkabelschuhs mit einem Querschnitt von 240 mm² verlangt vier schmale Pressungen; analog dazu erfordert eine Kerbung ebenfalls vier Pressungen.



Wie bei einer Sechskant-Verpressung erfordert auch die Kerbverpressung eines Kabelschuhs mit 240 mm² Querschnitt vier schmale Pressungen

Auch bei der Kerbung wird auf der Rückseite der Pressung zur Kontrolle der Querschnitt eingepreßt.

In allen Fällen wichtig: Um Unter- oder Überpressungen zu vermeiden, ist der Einsatz von geeignetem und gut gewartetem Werkzeug eine grundsätzliche Voraussetzung. Folge nicht fachgerecht durchgeführter Verpressungen, beispielsweise durch eine falsche Werkzeugeinstellung, können erhöhte Übergangswiderstände sein, die zu Temperaturerhöhungen und in letzter Konsequenz sogar zu Kabelbränden führen können.



Nicht fachgerecht ausgeführte Kerbungen, beispielsweise mit ungeeigneten Presswerkzeugen, können im schlimmsten aller Fälle sogar einen Kabelbrand zur Folge haben

Deshalb empfiehlt beispielsweise Klauke, für die Verpressung seiner Kabelschuhe ausschließlich die Werkzeuge dieses Herstellers zu verwenden. Nur dann hat der Elektrotechniker die Gewähr, aufeinander abgestimmte Kabelschuhe bzw. Verbinder und Werkzeuge zu verwenden, die Voraussetzung für eine sichere Verbindung sind.

In diesem Zusammenhang ebenfalls wichtig: Bei der Kerbung muss man wahlweise F- oder R-Rohrkabelschuhe (Cu-Normalausführung) verwenden.

Für die Kerbung eignen sich wahlweise Kabelschuhe der F- und der R-Reihe



Kabelschuhe F- und R-Reihe

F-Kabelschuhe für fein- und feinstdrähtige Leiter vermeiden bauartbedingt das Problem der Aufspleißung beim Einführen der Leiter in den Kabelschuh.

Diese Rohrkabelschuhe weisen im Vergleich zum »normalen« Kabelschuh einen größeren Rohrrinnendurchmesser auf.

Außerdem sind sie trichterförmig aufgeweitet, um eine bessere Kabeleinführung zu gewährleisten.



Im Vergleich zu »normalen« Kabelschuhen verfügen F-Kabelschuhe über einen größeren Rohrdurchmesser. Außerdem sind sie trichterförmig aufgeweitet

Zur leichteren Handhabung kommen sicherheitstechnische Vorteile: Eine Querschnittsverjüngung durch Aufspießung wird verhindert, so dass der volle Querschnitt des Kabels erhalten bleibt.



Die trichterförmige Aufweitung der F-Kabelschuhe verhindert eine Querschnittsverjüngung des Kabels durch Aufspießung

Passend zu den Rohrkabelschuhen der Baureihe »F« sind auch entsprechende Stoßverbinder für Leitungsverlängerungen oder Reparaturzwecke verfügbar. Diese verfügen ebenfalls über eine trichterförmige Aufweitung und einen vergrößerten Rohrdurchmesser. Ein Mitteneindruck verhindert ein ungleichmäßiges Einschieben der beiden Kabelenden.

Rohrkabelschuhe: Handelsübliche »Normalausführung«

Neben DIN Kabelschuhen gibt es auch so genannte Standard-Rohrkabelschuhe der R-Reihe in Normalausführung an. Diese Rohrkabelschuhe unterscheiden sich aufgrund ihrer Abmessungen von den DIN

Kabelschuhen – in der Regel sind sie kürzer als die DIN-Ausführungen. Da sie jedoch der gleichen Prüfnorm unterliegen, erreichen sie die identische Haltbarkeit der elektrischen und mechanischen Verbindung.

Die im Vergleich zu den DIN-Kabelschuhen kürzeren Standard-Rohrkabelschuhe der R-Reihe garantieren bei einer korrekt ausgeführten Kerbung eine haltbare Verbindung

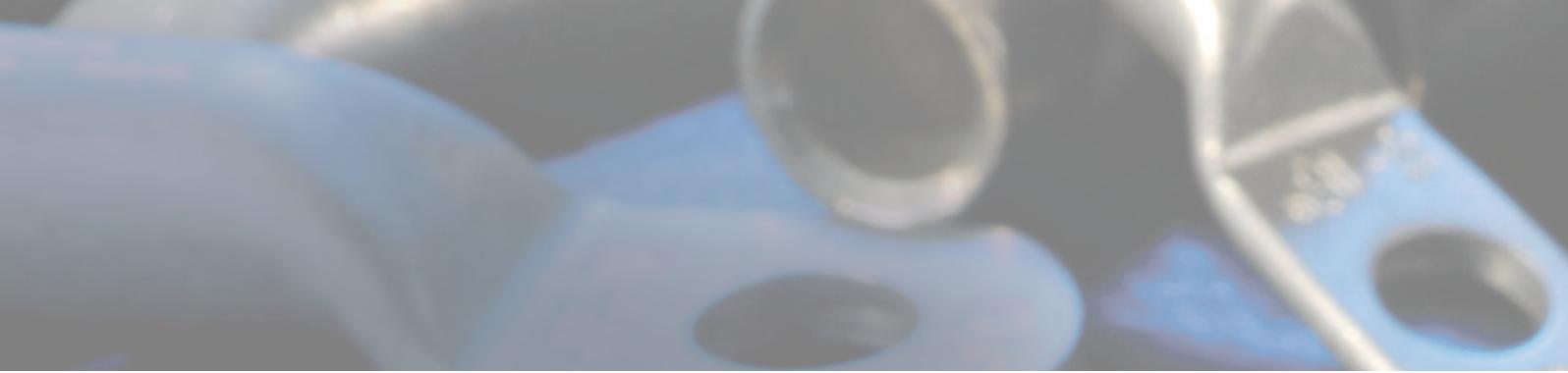


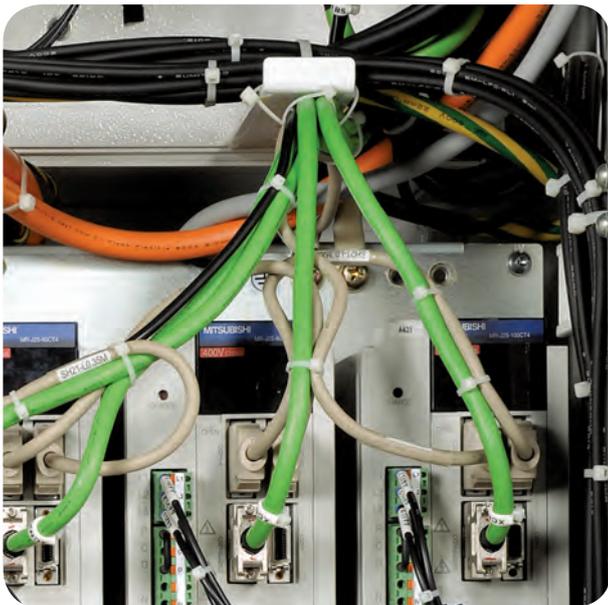
Fazit

Die Kerbung ist eine normgerechte und sinnvolle Art der Verpressung – bei Querschnitten unter 6 mm² ohnehin, aber auch im Schaltschrankbau bis 1 000 V.

Unsicherheiten hinsichtlich ihrer Zulässigkeit sind bei Beachtung der genannten Empfehlungen unbegründet. Es bleibt aber unbestritten, dass die Akzeptanz der Kerbung in Fachkreisen nachgelassen hat.

Deshalb sollte man bei konkreten Projekten vorab mit dem Auftraggeber klären, ob dieser die Kerbung in seinen technischen Einrichtungen und Anlagen zulässt.





- Die Sechskant-Pressung: Die häufigste Art der Verpressung von Kabelschuhen und Verbindern
- Die Kerbung stellt die bewährteste Pressform im Bereich der Elektrotechnik dar
- Die intensive Dorn-Pressung für eine dauerhaft sichere und »tief wirkende« Verbindung
- Der Vorteil der Vierdorn-Pressung liegt in der zentrischen Krafteinwirkung sowie in der einfachen Verarbeitung
- Gasdichte Oval-Pressungen finden meist in aggressiven Umgebungen Verwendung

Welche ist die richtige:
Pressformen im Überblick

Welche ist die richtige: Pressformen im Überblick

Das Thema »Pressformen« erscheint auf den ersten Blick kompliziert:

Der Elektrotechniker sieht sich in seiner täglichen Praxis mit vielen verschiedenen Kabeltypen konfrontiert, die für eine fachgerechte Verarbeitung jeweils unterschiedliche Kabelschuhe und Verbinder erfordern.

Diese Kombinationen wiederum verlangen je nach Material, Ausführung und Einsatzzweck die Wahl einer geeigneten Pressform.

Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über verbreitete Pressformen, mit denen der Elektrotechniker vertraut sein sollte (Überblick: siehe Tabelle rechts).

Für Alu und Kupfer:

Die Sechskant-Pressung

Die häufigste Art der Verpressung von Kabelschuhen und Verbindern stellt die Sechskant-Pressung dar, da sich diese Pressform sowohl für Kupfer- als auch für Aluminiumleiter eignet.



Die Sechskant-Pressung eignet sich sowohl für Kupfer- als auch für Aluminiumleiter. Ihr Vorteil liegt in der zentrischen Krafteinwirkung, die damit auf eine große Kontaktfläche einwirkt

Der Einsatzbereich der Sechskant-Pressung umfasst die Verarbeitung von Leitungen der VDE-0295-Klassen 2, 5 und 6 sowie die Herstellung zugentlasteter Verbindungen von Aluminiumkabeln nach DIN 48201 Teil 1 bzw. von Aluseilen nach DIN EN 50182.

PRESSFORMEN

Pressform	Sechskant-Pressung	Kerbung	Dorn-pressung	Vierdorn-pressung	Oval-pressung
Symbol					

Tabelle: Die Pressformen im Überblick

Der Vorteil einer Sechskant-Pressung liegt in der zentrischen Krafteinwirkung beim Pressvorgang, der gleichmäßig von allen Seiten erfolgt und damit auf eine große Kontaktfläche einwirkt. Dabei werden die einzelnen Litzen des Leiters in ihrer Gesamtheit homogen verformt, ohne beschädigt zu werden.

Das Resultat ist eine gute mechanische Festigkeit der Verbindung. Aufgrund der gleichmäßigen Verpressung eignet sich die Sechskant-Pressung auch für den Mittel- und Hochspannungsbereich. Diesen Vorteilen stehen allerdings auch gewisse Einschränkungen gegenüber. So ist die vollständige Schließung eines Litzenverbundes mit der Sechskant-Pressung mit genormten Presseinsätzen nicht möglich. Das heißt konkret: Genormte Sechskant-Pressverbindungen sind nicht gasdicht (siehe »gasdichte Ovalpressung« am Ende des Beitrags). Unbedingt zu beachten ist jedoch, dass eine fachgerechte Sechskant-Pressung die Verwendung exakt auf die Materialien und deren Abmessungen abgestimmter Presseinsätze erfordert.

Die genormte Sechskant-Pressung

Bei der Sechskant-Pressung unterscheidet man zwei Varianten: Zum einen die genormte Sechskant-Pressung nach DIN 48083 Teil 4 und zum anderen die herstellerbezogene Sechskant-Pressung. Bei der genormten

Sechskant-Pressung können Kabelschuhe und Verbinder entsprechend der DIN 46235 mit geprüften Presseinsätzen nach DIN 48083 Teil 4 verwendet werden.



Bei der genormten Sechskant-Pressung können Kabelschuhe und Verbinder entsprechend der DIN 46235 mit geprüften Presseinsätzen nach DIN 48083 Teil 4 verwendet werden

Markierungen auf den DIN Kabelschuhen geben wichtige Hinweise zu Hersteller, Abmessungen und Ausführung des Kabelschuhs. Sie lassen u.a. erkennen, welches Presswerkzeug bzw. welchen Einsatz eine normgerechte Verpressung erfordert.

Diese Angabe steht hinter der Herstellerkennung. So steht z.B. »KL18 ...« für KL: Herstellerkennung (hier Klauke)

- 18: Werkzeug-Kennziffer

Für die fachgerechte Ausführung einer genormten Verpressung ist die Werkzeug-Kennziffer entscheidend: Der verwendete Einsatz des Presswerkzeugs muss mit der Werkzeug-Kennziffer auf dem Kabelschuh übereinstimmen. Die Werkzeug-Kennziffer befindet sich spiegelverkehrt auf den Pressflächen des Einsatzes, so dass nach der Pressung die Kennziffer zur Kontrolle und Dokumentation sichtbar wird.

Die Werkzeug-Kennziffern entsprechen etwa dem Rohrdurchmesser des Kabelschuhs. Sie reichen z.B. bei Kupfer von 6 bis 58; dies entspricht Querschnitten von rund 6 mm² bis 1000 mm². Sechskant-Presseninsätze nach DIN 48083 Teil 4 für

den Aluminiumbereich sind wie die entsprechenden Rohrabmessungen dieser Kabelschuhe nach der DIN 46239 und Verbinder nach DIN 46267 Teil 2 genormt.

Die Alternative: Herstellerabhängige Sechskant-Pressung

Neben der genormten Sechskant-Pressung sind im Kupferbereich für Kabeltypen nach VDE 0295 Klasse 2 auch so genannte herstellerabhängige Sechskant-Pressungen zulässig. Renommierete Hersteller wie Klauke bieten dazu nach der Norm IEC1238 geprüfte Sechskant-Presseninsätze an, mit denen man Standard-Rohrkabelschuhe aus Kupfer nach EN 13600 bearbeiten kann.

Diese kommen aus wirtschaftlichen Gründen gerne im Schaltschrankbau zum Einsatz, da sie trotz des Kostenvorteils nicht mit Einschränkungen bei der Qualität verbunden sind.

Wichtig: Die Zuordnung von herstellerbezogenen Presseinsätzen und Kabelschuhen ist nicht durch Werkzeug-Kennziffern geregelt; sie richtet sich vielmehr nach dem Querschnitt des verwendeten Kabels, angegeben in mm² sowohl auf dem Kabelschuh als auch spiegelverkehrt auf den Pressflächen des Einsatzes.

Jeder Hersteller ist durch das Absolvieren vorgeschriebener Prüfungen für die elektrische und mechanische Haltbarkeit der Verbindungen verantwortlich, die mit seinen Produkten hergestellt werden. Da eine fachgerechte und damit sichere Sechskantverpressung – wie eingangs beschrieben – maßgeblich von der exakten Abstimmung der Presseinsätze und der Kabelschuhe abhängt, empfiehlt z.B.

Welche ist die richtige: Pressformen im Überblick

Klauke, bei der Verwendung seiner Kabelschuhe ausschließlich die Werkzeuge dieses Herstellers einzusetzen.

Bewährt: Die Kerbung

Die Kerbung stellt die älteste Pressform im Bereich der Elektrotechnik dar. Sie eignet sich ausschließlich für die Verarbeitung von Kupfer und wird häufig im Schaltschrankbau im 1000-V-Bereich genutzt.

Das zulässige Kabelspektrum umfasst sowohl mehrdrähtige Kupferleitungen der Klasse 2 nach VDE 0295 als auch fein- und feinstdrähtige Typen der Klassen 5 und 6 bis 400 mm². Diese können in Verbindung mit den entsprechenden R- oder F-Rohrkabelschuhen verarbeitet werden.

Gebräuchlich sind zwei unterschiedliche Ausführungen der Kerbung: Die W-Pressung für Querschnitte von 0,5 mm² bis 16 mm² und die klassische Kerbung für Querschnitte von 6 mm² bis 240 mm². Kerb-Werkzeuge von Klauke ermöglichen auch Querschnitte bis 400 mm². Die Eigenschaften beider Varianten sind identisch:

Bei Kerbungen handelt es sich immer um spezielle Verpressungen, die vor allem für fein- und feinstdrähtige Leiter erforderlich sind, um dauerhafte Verbindungen zu erzielen.

Der entscheidende Vorteil der Kerbung liegt in der einfachen Durchführung, für die in der Regel mechanische Handwerkzeuge eingesetzt werden.

Die zu verwendenden Pressprofile richten sich nach dem Querschnitt des verwendeten Kabels sowie der Kabelschuhe und Verbinder.

Da die Kerbung jedoch keine genormte Verpressung darstellt, ist auch hierbei unbedingt auf die Verwendung qualitativ hochwertiger und nach IEC1238 geprüfter Materialien und Werkzeuge aus der Hand eines Herstellers zu achten.

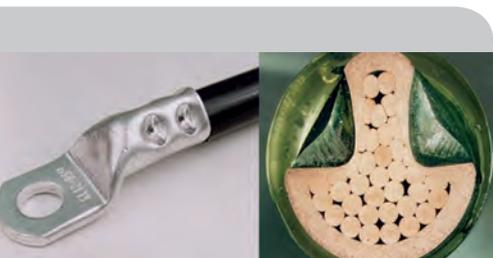
Nur dann hat der Elektrotechniker die Gewähr, aufeinander abgestimmte Kabelschuhe bzw. Verbinder und Werkzeuge zu verwenden, die Voraussetzung für eine sichere Verbindung sind.

Für Kupfer und isolierte Materialien: Die Dornpressung

Die Dornpressung wurde speziell entwickelt für die Herstellung von Verbindungen mit Kabelschuhen nach DIN 46234 und Verbindern nach DIN 46341 Teil 1, Form A+B, die wiederum für die Aufnahme von Leitungen der VDE-0295-Klassen 2,5 und 6 geeignet sind.

Kabelschuhe und Verbinder nach den genannten Normen weisen einen besonders großen Außendurchmesser auf, um alle Kabeltypen problemlos aufnehmen zu können.

Die intensive Dornpressung stellt sicher, dass trotz des großen Außendurchmessers eine dauerhaft sichere und »tief wirkende« Verbindung entsteht.

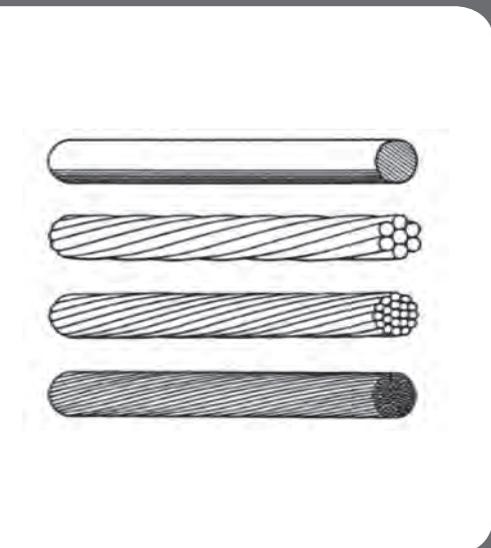


Bei Kerbungen handelt es sich immer um spezielle Verpressungen, die v.a. für fein- und feinstdrähtige Leiter erforderlich sind, um dauerhafte Verbindungen zu erzielen. Die zu verwendenden Press-

profile richten sich nach dem Querschnitt des verwendeten Kabels sowie der Kabelschuhe und Verbinder



Die intensive Dorn-
pressung stellt nur
bei aufeinander ab-
gestimmten Materia-
lien sicher, dass trotz
des großen Außen-
durchmessers eine
dauerhaft sichere
und »tief wirkende«
Verbindung entsteht



- runde eindrätige (re) Leiter der Klasse 1 (umgangssprachlich Massivleiter)
- runde mehrdrätige (rm) Leiter der Klasse 2
- feindrätige Leiter der Klasse 5 (umgangssprachlich flexible Leiter)
- feinstdrätige Leiter der Klasse 6 (umgangssprachlich hochflexible Leiter)

Die zulässigen Querschnitte reichen von 0,5 mm² bis 240 mm². Daneben eignet sich die Dornpressung auch für F-Kabelschuhe mit Querschnitten von 10 mm² bis 300 mm².

F-Kabelschuhe zeichnen sich durch einen größeren und trichterförmig aufgeweiteten Rohrdurchmesser aus, um fein- und feinstdrätige Kabeltypen der VDE-0295-Klassen 5 und 6 aufnehmen zu können, ohne dass diese aufspießen. Ebenfalls für die Dornpressung geeignet sind isolierte Quetschkabelschuhe nach DIN 46234, bei denen die Pressung die Isolation durchdringt.

Um zu vermeiden, dass die Isolation durch den Pressvorgang beschädigt wird, sollte man auch hierbei ausschließlich Kabel-

schuhe mit einer hochwertigen Isolation und speziell darauf angepasste Pressprofile verwenden.

Kabelschuhe mit einer hochwertigen Isolation und speziell darauf angepasste Pressprofile stellen sicher, dass die Isolation durch den Pressvorgang nicht beschädigt wird



Die Dornpressung zählt zwar wie die Kerbung zu den nicht genormten Pressformen, wird jedoch auch für genormte Kabelschuhe verwendet, zu denen auch Quetschkabelschuhe nach DIN 46234 zählen. Deshalb gilt auch hier: Unbedingt auf abgestimmte Materialien und Presswerkzeuge eines Markenherstellers zurückgreifen.

Der Nachteil nicht aufeinander abgestimmter Materialien liegt dabei in der extremen Materialbeanspruchung. Werden einzelne Litzen abgequetscht, besteht die Gefahr, dass dann die mechanischen und die elektrischen Eigenschaften der Verbindung leiden.

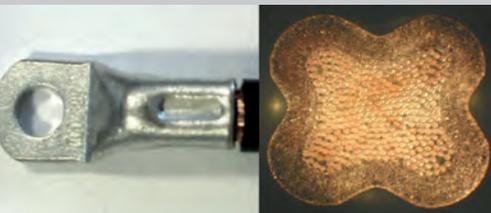
Einsatzlos: Die Vierdorn-Pressung

Die Vierdorn-Pressung stammt ursprünglich aus den USA und wird hier wie dort vornehmlich im Schaltschrankbau bis 1000 V eingesetzt.

Aber auch bei elektrischen Verbindungen, beispielsweise in Antriebsaggregaten von Lokomotiven, hat sie sich bewährt.

Diese Pressform eignet sich für Rohrkabelschuhe und Verbinder mit Querschnitten von 10 mm² bis 300 mm² in Kombination mit Kabeltypen der VDE-0295-Klassen 2, 5 und 6.

Welche ist die richtige: Pressformen im Überblick



Die Form der Vierdorn-Pressung eignet sich für Rohrkabelschuhe und Verbinder mit Querschnitten von 10 mm² bis 300 mm² in Kombination mit Kabeltypen der VDE-0295-Klassen 2, 5 und 6

Achtung: Die Verwendung mit isolierten Rohrkabelschuhen und Verbindern ist nicht zulässig.

Der Vorteil gegenüber einer einfachen Dornpressung liegt in der zentrischen Krafteinwirkung sowie in der einfachen Verarbeitung, für die keine Presseinsätze erforderlich sind.

Das heißt: Mit nur einem Presswerkzeug lassen sich alle Größen im oben genannten Querschnittsbereich verarbeiten.

Die Qualität der Verpressung hängt damit ausschließlich von der Kraft und der Qualität des verwendeten Werkzeugs ab.

Gasdicht: Die Oval-Pressung

Gasdichte Oval-Pressungen finden vorwiegend im Kfz-Bereich sowie in aggressiven Umgebungen Verwendung, z.B. in landwirtschaftlichen Betrieben oder in der Chemie-Industrie.

Bei einer gasdichten Verbindung sind Leiter und Kabelschuh bzw. Verbinder so fest miteinander verpresst und verformt, dass es keine nennenswerten Zwischenräume mehr gibt.

Das heißt: Weder flüssige noch gasförmige Medien können unter normalen atmosphärischen Bedingungen eindringen.

Die gasdichte Oval-Pressung stellt einen dauerhaft hohen Leitwert der Verbindungen sicher. Weder flüssige noch gasförmige Medien können unter normalen atmosphärischen Bedingungen eindringen. So wird eine Oxidation zwischen den verpressten Einzeldrähten verhindert und eine Erhöhung des Widerstands ist nahezu ausgeschlossen



So wird eine Oxidation zwischen den verpressten Einzeldrähten verhindert, und eine Erhöhung des Widerstands ist nahezu ausgeschlossen. Damit stellen gasdichte Oval-Pressungen einen dauerhaft hohen Leitwert der Verbindungen sicher.

Die Prüfung einer gasdichten Verpressung erfolgt auch anhand des Schliffbildes.

Eine Beschränkung auf bestimmte Kabeltypen existiert nicht, so dass sich mit allen Leitern gasdichte Oval-Pressungen herstellen lassen. Aufgrund der hohen Ansprüche an gasdichte Verbindungen sind hierzu in jedem Fall nur hochpräzise Marken-Presswerkzeuge und -Materialien zu verwenden.

Ausblick: Pressformen fachgerecht verarbeiten

Um eine dauerhafte sichere Verpressung zu erzielen, verlangen die verschiedenen Pressformen jeweils spezifische Bearbeitungsweisen. Wir werden in einer der nächsten Ausgaben die einzelnen Pressformen und deren fachgerechte Verarbeitung im Detail vorstellen und erklären, was bei der Herstellung qualitativ hochwertiger Verbindungen zu beachten ist.



- Die Sechskant-Pressung eignet sich sowohl für die Verbindung von Kupfer- als auch von Aluminiumleitern
- Wichtig: Kabelschuh bzw. Verbinder müssen zum Leiter sowie zum Presseinsatz passen
- Die Zuordnung von herstellerbezogenen Presseinsätzen und Kabelschuhen richtet sich nach dem Nennquerschnitt des Kabels
- Einsatz der genormten Sechskant-Verpressung liegt meist im Bereich der Energieversorgung von 10 kV bis 30 kV
- Je nach eingesetztem Werkzeug sind Schmal- oder Breitpressungen möglich

Sechskant-Pressung für Aluminium und Kupfer

Sechskant-Pressung für Aluminium und Kupfer

Die Sechskant-Pressung stellt in der täglichen Praxis des Elektrotechnikers die am meisten verbreitete Form der Verpressung von Kabelschuhen und Verbindern dar.

Der Grund ist nachvollziehbar – schließlich eignet sich diese Pressform sowohl für die Verbindung von Kupfer- als auch von Aluminiumleitern. Sie ist daher ebenso im Schaltschrankbau als herstellerabhängige Verpressung von Kupfer wie auch im DIN-Bereich z.B. im Energieversorgungsbereich (Aluminium und Kupfer) anzutreffen.

Technisch zeichnet sich die Sechskant-Pressung durch die zentrische Krafteinwirkung beim Pressvorgang aus, die gleichmäßig von allen Seiten erfolgt und damit eine größere Kontaktfläche erzeugt.



Die Sechskant-Pressung eignet sich sowohl für Kupfer (oben) als auch für Aluminium (unten)

Dabei werden die einzelnen Litzen des Leiters in ihrer Gesamtheit homogen verformt, ohne beschädigt zu werden. Das führt im Resultat zu einer guten elektrischen Eigenschaft der Verbindung.

Die mechanischen und elektrischen Eigenschaften von Rohr- und DIN Kabelschuhverbindungen legt die IEC 1238 Teil 1 fest.



Das Schliffbild einer Sechskantpressung mit einem vom Hersteller empfohlenen Werkzeug zeigt die gleichmäßige Verteilung der Leiter im Kabelschuh



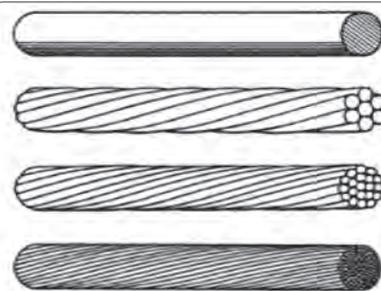
Sie definiert die Anforderungen, die eine elektrische Verbindung für einen dauerhaft sicheren Betrieb in der vorgesehenen Anwendung erfüllen muss.

Neben einer mechanischen Zugprüfung beinhaltet sie auch eine elektrische Haltbarkeitsprüfung.

Der Einsatzbereich der Sechskant-Pressung umfasst die Verarbeitung von Leitungen der VDE-0295-Klassen:

- Klasse 1: runde eindrätige Leiter
- Klasse 2: runde mehrdrätige Leiter
- Klasse 5: feindrätige Leiter (umgangssprachlich flexible Leiter) sowie
- Klasse 6: feinstdrätige Leiter (umgangssprachlich hochflexible Leiter)

Kabeltypen nach DIN VDE 57295 (v.o.n.u.): runde eindrätige Leiter, runde mehrdrätige Leiter, feindrätige Leiter und feinstdrätige Leiter



Darüber hinaus kann die Sechskant-Pressung für die Herstellung von zugfesten und zugentlasteten Verbindungen mit Aluminiumkabeln nach DIN 48201 Teil 1 bzw. von Aluminiumseilen nach DIN EN 50182 verwendet werden.

Wichtig: Das geeignete Werkzeug

Für die Verarbeitung von Kabelschuhen nach DIN 46235 können Presseinsätze mit Kennziffern nach DIN 48083 verwendet werden. Diese Kombination ermöglicht Sechskant-Verpressungen entsprechend der DIN 46235 und 46267.

Bei der Sechskant-Verpressung von handelsüblichen Rohrkabelschuhen in »Normalausführung« empfiehlt es sich, unbedingt die Werkzeugempfehlungen des Herstellers zu beachten.

Sechskantpresswerkzeuge sind hohen Belastungen ausgesetzt. Deshalb sollte man ausschließlich hochwertige Markenwerkzeuge einsetzen, die zudem häufig mit Zusatzfunktionen ausgestattet sind und eine korrekte Verpressung sicherstellen. So warnen elektrohydraulische Werkzeuge der aktuellen Generation optisch und akustisch, wenn der Pressdruck nicht erreicht wurde. Hochwertige mechanische Presswerkzeuge lassen sich erst dann wieder öffnen, wenn die Pressung vollständig durchgeführt wurde. Andernfalls blockiert ein integriertes Sperrsystem das Werkzeug.

Zum Hintergrund: Eine vollständig durchgeführte Verpressung ist wichtig, da die erforderliche Komprimierung des Pressmaterials erst zum Ende der Pressphase erreicht wird.

Vorbereitung einer fachgerechten Verpressung

Grundsätzlich erfordert eine fachgerechte Sechskant-Pressung die Verwendung exakt auf die Leitermaterialien bzw. Verbindungsmaterialien und deren Abmessungen abgestimmte Presseinsätze. Das heißt: Kabelschuh bzw. Verbinder müssen zum Leiter sowie zum Presseinsatz passen.

Falsche und korrekte Verpressung im Vergleich: Eine nicht fachgerechte Verpressung (oben Überpressung, Mitte Unterpressung) oder die Verwendung eines falschen Presswerkzeugs kann zu erhöhten Übergangswiderständen führen und die Sicherheit einer Anlage gefährden; unten eine korrekte Pressung



falsch



falsch



richtig

Unsachgemäße Kombinationen können zu Unter- bzw. Überpressungen führen – mit möglicherweise fatalen Folgen: Pressfehler können erhöhte Übergangswiderstände mit Temperaturerhöhungen verursachen, die schlimmstenfalls Brände auslösen.

Sechskant-Pressung für Aluminium und Kupfer



Nicht fachgerechte oder mit einem ungeeignetem Werkzeug verarbeitete Materialien können zu erheblichen Sicherheitsmängeln an elektrischen Anlagen und Installationen führen



Kabelschuhe von schlechter Qualität und/oder eine schlechte Verarbeitung können zu Bränden führen

Deshalb empfehlen Markenhersteller wie Klauke, für die Verpressung seiner Kabelschuhe und Verbinder ausschließlich die entsprechenden Werkzeuge dieses Herstellers zu verwenden. Hochwertige Presseinsätze erkennt man an ihrer polierten Oberfläche mit gerundeten Kanten.



Beispiel eines Presseinsatzes mit polierten Profilen

Sie gewährleisten durch ihre präzise Verarbeitung eine saubere und gleichmäßige Verformung des Kupfers bzw. des Aluminiums.

Eigentlich selbstverständlich: Vor der Verpressung ist sicherzustellen, dass die Leiter durch Bürsten metallisch rein sind und dass bei Aluminiumkabeln eine eventuelle Oxidschicht entfernt wurde. Die Leiter dürfen beim Abisolieren nicht beschädigt werden,

und die Länge der Abisolierung sollte etwa dem Einschubmaß des Kabelschuhs oder Verbinders entsprechen. Die Presseinsätze dürfen keine Verschmutzungen aufweisen und müssen im Profil metallisch blank sein.

Um ein Vertauschen der Presseinsätze möglichst auszuschließen, haben z.B. Alu-Presseinsätze von Klauke die Farbe Silber, Einsätze für Kupfer die Farbe Gelbgold.

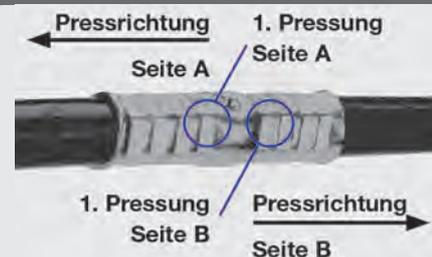
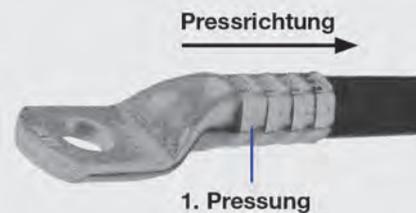
Presseinsatz links: für Aluminium, silberfarbig; Presseinsatz rechts: für Kupfer, gelbgold eingefärbt



Praxis-Tipp: Generell empfiehlt dieser Hersteller, bei der Verpressung von Kabelschuhen darauf zu achten, dass die Pressung von der Anschraubseite in Richtung Kabel erfolgt.

So kann das komprimierte Pressmaterial über das ungepresste Kabelende gleiten.

Ein Kabelschuh bzw. Verbinder muss immer unter der Beachtung der Pressrichtung und mit dem passenden Werkzeugen verpresst werden



Die herstellerabhängige Sechskant-Pressung

Bei der Sechskant-Pressung unterscheidet man generell zwei Varianten:

- Die genormte Sechskant-Pressung nach DIN 48083 Teil 4.
- Die herstellerbezogene Sechskant-Pressung.

Im Standard-Kupferbereich sind für Kabeltypen nach VDE 0295 Klasse 2 so genannte herstellerabhängige Sechskant-Pressungen zulässig.



Zulässig: Die herstellerabhängige Sechskantpressung

Renommierte Hersteller wie Klauke bieten Sechskant-Pressensätze an, mit denen Standard-Rohrkabelschuhe gemäß EN 13600 aus Cu, geprüfte Verbindungen nach IEC1238 verpresst werden können. Diese setzen Anwender aus Gründen der Bauform und wegen der kleineren Abmessung gerne im Schaltschrankbau ein. Für die Durchführung einer fachgerechten Verpressung kommt es entscheidend auf die Verwendung hochwertiger Werkzeuge an. Diese garantieren, dass ein ausreichender Verdichtungsgrad als Voraussetzung für bestmögliche Kontakteigenschaften erreicht wird. Zur Erzielung einer IEC geprüften Verbindung gilt, dass alle eingesetzten Komponenten aufeinander abgestimmt sein müssen.

Das betrifft den zum Kabeltyp passenden Kabelschuh ebenso wie den darauf abgestimmten Sechskant-Pressensatz als auch das entsprechende Werkzeug, welches ein System ergibt.

Die Zuordnung von herstellerbezogenen Pressensätzen und Kabelschuhen ist im Gegensatz zur genormten Verpressung nicht durch Werkzeug-Kennziffern geregelt; sie richtet sich vielmehr nach dem Nennquerschnitt des Kabels, angegeben in mm².

Herstellerbezogener Pressensatz mit Querschnittsangabe



Jeder Hersteller ist durch den Nachweis der vorgeschriebenen Prüfungen für die elektrische Haltbarkeit der Verbindungen verantwortlich, die mit seinen Produkten hergestellt werden. Da eine fachgerechte und damit sichere Sechskantverpressung – wie eingangs beschrieben – maßgeblich von der exakten Abstimmung der Pressensätze und der Kabelschuhe abhängt, empfiehlt z.B. Klauke, bei der Verwendung seiner Kabelschuhe ausschließlich die Werkzeuge dieses Herstellers einzusetzen.

Bei Sonderapplikationen ist es ratsam, den – möglichst identischen – Werkzeug- und Kabelschuh-Hersteller einzubeziehen.

Markenhersteller führen dann für die jeweils spezifische Anwendung, falls erforderlich, eine IEC-Zugprüfung (Kurzprüfung) sowie ggf. auch eine Prüfung des elektrischen

Sechskant-Pressung für Aluminium und Kupfer

Übergangswiderstands in Schnelltests durch und empfehlen aufgrund der Ergebnisse dann die geeigneten Werkzeuge und Materialien. Vor allem bei internationalen Projekten und Arbeiten mit deren Kabeltypen – beispielsweise aus China oder Indien – lassen sich so im Sinne der Sicherheit IEC- oder kundenspezifische Standard einhalten.

Die genormte Sechskant-Pressung

Der vornehmliche Einsatz der genormten Sechskant-Verpressung liegt im Bereich der Energieversorgung von 10 kV bis 30 kV.

Grund ist die besonders homogene Verpressung, die ein gleichmäßig geführtes elektrisches Feld bewirkt und sich damit im Hinblick auf eine unerwünschte Feldstreuung positiv auswirkt.

Denn im Gegensatz z.B. zur Tiefnut-Pressung entsteht bei der Sechskant-Pressung keine Vertiefung im Material, die bei der Feldsteuerung mit einer leitfähigen Masse ausgeglichen werden muss.



V. a. für die Energieversorgung:
Genormte Sechskantpressung

Im Kupferbereich kann man Kabelschuhe entsprechend DIN 46235 bzw. Verbinder nach DIN 46267 Teil 1 mit geprüften Presseinsätzen nach DIN 48083 T4 verwenden.

Für die Verpressung von Aluminium-Kabelschuhen nach DIN 46329 und Pressverbin-

dern nach DIN 46267 Teil 2 sowie von anderen Aluminium-Verbindern und Kabelschuhen mit entsprechenden Rohrabmessungen können Sechskant-Presseneinsätze DIN 48083 Teil 4 zum Einsatz kommen.

Sechskant-Profile des DIN-Bereichs sind analog zu den maßlichen Vorgaben der DIN-Kabelschuhe innerhalb vorgegebener Toleranzen genormt. Nicht vorgegeben ist jedoch die Pressbreite, die nach Wahl des Herstellers 5 mm für Kupfer oder 7 mm für Presswerkzeuge bis 60 kN beträgt.

Markierungen auf den DIN-Kabelschuhen geben wichtige Hinweise zu Hersteller, Abmessungen und Ausführung des Kabelschuhs. Sie lassen u.a. erkennen, welches Presswerkzeug bzw. welcher Einsatz eine normgerechte Verpressung erfordert.

Diese Angabe steht hinter der Herstellerkennung.

So steht z.B. »KL18 ...« für

- KL: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 18: Werkzeug-Kennziffer

Der Aufdruck der Werkzeugkennziffer »18« auf dem Kabelschuh (links) gibt Auskunft über den zu verwendenden Presseinsatz. Die fertige Verpressung (rechts) mit der Prägung »18« auf dem Kabelschuh verweist auf den korrekt verwendeten Presseinsatz



Für die fachgerechte Ausführung einer genormten Verpressung ist die Werkzeug-Kennziffer entscheidend: Die Werkzeug Kennziffer des verwendeten Einsatz muss mit der Werkzeug-Kennziffer auf dem Pressmaterial übereinstimmen.

Die Kennziffer befindet sich spiegelverkehrt auf den Pressflächen des Einsatzes, sodass nach der Pressung die Kennziffer zur Kontrolle auf dem Pressmaterial sichtbar wird.



Werkzeugkennziffer auf dem Kabelschuh und eingeprägte Kennziffer weisen auf die korrekte Verpressung hin

Die Kennziffern entsprechen etwa dem Rohrdurchmesser des Kabelschuhs. Sie reichen z.B. bei Kupfer von 5 bis 58; dies entspricht einem Querschnitt von 6 mm² bis 1000 mm².

Ebenso sind die Sechskant-Presseneinsätze für den Aluminiumbereich so wie die entsprechenden Rohrabmessungen dieser Kabelschuhe und Verbinder genormt.

Wahlfreiheit: Breit- oder Schmalpressung

Je nach eingesetztem Werkzeug sind Schmal- oder Breitpressungen möglich. So besteht z.B. bei einem Kabelschuh mit dem Querschnitt 50 mm² die Möglichkeit, entweder zwei Schmalpressungen durchzuführen oder eine Breitpressung. Werkzeuge mit einer Presskraft von bis zu 6 t (60 kN) eignen sich ausschließlich für schmale Sechskant-Verpressungen mit einer Pressbreite von 5 mm bei Kupfer.

Schmalpressung (oben) und Breitpressung (unten)



Werkzeuge mit einer Presskraft von mehr als 12 t (120 kN) sind für Breitpressungen nach Herstellerangabe geeignet. Üblicherweise setzt der Elektrotechniker bevorzugt die Schmalpressung ein, da die erforderlichen Werkzeuge leichter und damit auch einfacher zu handhaben sind. Kabelkonfektionäre hingegen setzen wegen der großen Zahl der durchzuführenden Verpressungen eher auf die Breitpressung, da diese die Anzahl der Pressungen reduziert und damit Zeit spart.

Bei handelsüblichen Rohrkabelschuhen findet sehr oft die Schmalpressung Anwendung.

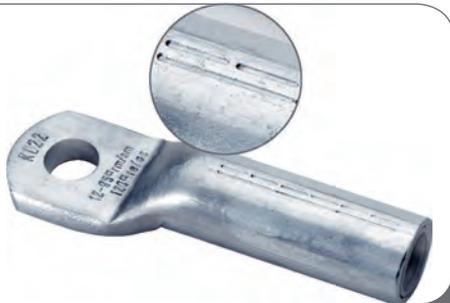
Zum Einsatz kommen hierbei leichtere mechanische oder elektro-hydraulische Presswerkzeuge mit einer Nennpresskraft von bis zu 60 kN.

Bei Kabelschuhen aus Aluminium ist eine Besonderheit zu beachten:

Um die schlechtere Leitfähigkeit des Materials im Vergleich zu Kupfer auszugleichen, weist die schmale Pressung hier eine Breite von 7 mm auf.

Sechskant-Pressung für Aluminium und Kupfer

Ebenfalls wichtig: Die DIN-Norm schreibt weder für Aluminium noch für Kupfer eine bestimmte Pressbreite vor. Diese Angaben liefert der Hersteller in Form von breiten und schmalen Pressmarkierungen auf dem DIN-Kabelschuh – auch deshalb sollte man unbedingt darauf achten, dass Kabelschuh bzw. Verbinder und Presswerkzeug samt Einsatz von möglichst demselben Markenhersteller stammen.



Pressmarkierung für Schmal oder Breitpressung

Ausblick: Die Kerbung

Alt, aber bewährt - Die Kerbung stellt die älteste Pressform in der Elektroinstallations-technik dar. Sie wird noch heute meist im Schaltschrankbau für die Verarbeitung von Kupfer eingesetzt – als klassische Kerbung und als W-Pressung.



- Der Vorteil von Aluminiumleitern:
Das geringe Gewicht und die vergleichsweise einfache Verarbeitung
- Aluminiumleiter gibt es in vier verschiedenen Bauarten, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden verlangen
- Kontaktfett in Aluminium-Verbindungs-materialien verbessert die Kontakteigenschaften und ermöglicht eine einwandfreie elektrische Verbindung
- 5 wichtige Verarbeitungsschritte von Al-Presskabelschuhen und -Verbindern sind erforderlich

Leichtgewichte richtig verarbeiten

DIN-Presskabelschuhe und Verbinder aus Aluminium

Leichtgewichte richtig verarbeiten: DIN-Presskabelschuhe und Verbinder aus Aluminium

Die Materialeigenschaften des Aluminiums unterscheiden sich deutlich von denen des Kupfers. Daher sind für eine sichere Verbindung ausschließlich entsprechende Kabelschuhe beziehungsweise Verbinder aus Aluminium zu verwenden. Außerdem gilt es, einige Besonderheiten dieses Werkstoffs im Sinne einer fachgerechten Verarbeitung zu beachten.

Die Vorteile des Werkstoffs Aluminium werden mittlerweile auch im Bereich der Energieverteilung verstärkt genutzt: Aufgrund des geringen Gewichts und der vergleichsweise einfachen Verarbeitung setzen Versorgungsnetzbetreiber immer häufiger Aluminiumleitungen z.B. bei Ringleitungen zur Stadtversorgung ein.

Generell sollten ausschließlich qualitativ hochwertige Aluminium-Presskabelschuhe mit Rohrabmessungen nach DIN 46329 sowie Verbinder aus Aluminium mit Rohrabmessungen entsprechend DIN 46267 Teil 2 verwendet werden.

Produkte renommierter Markenhersteller wie Klauke bestehen aus hochwertigen Elektrolyt-Aluminium-Legierungen.



Die längsdichte Ausführung mit Öl-stop verhindert das Austreten des Öls der papierisolierten Kabel



Die Verarbeitung von Kabelschuhen und Verbindern für Leiter aus Aluminium unterscheidet sich deutlich von der für Kupferleiter. Werden wesentliche Verarbeitungshinweise nicht beachtet, kann dies zu gravierenden Sicherheitsmängeln führen.

Sie weisen eine konstante Materialstärke, exakte Durchmesser und eine genaue Passform als Voraussetzungen für eine einfache Verarbeitung und hohe Sicherheit auf.

Die marktüblichen Nennquerschnitte reichen von 10 mm² bis 500 mm².

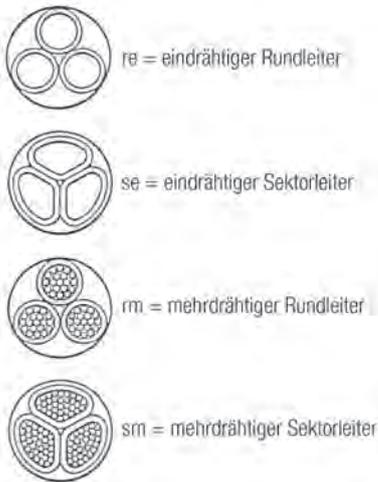
Als Sonderanfertigungen sind jedoch auch Querschnitte von bis zu 1000 mm² lieferbar, die z.B. bei Seekabeln mit hohen Übertragungsleistungen zum Einsatz kommen.

Aluminium-Presskabelschuhe sind entsprechend der DIN 46239 längsdicht gefertigt, so dass sich auch ölgetränkte, papierisolierte Kabel verarbeiten lassen, ohne dass Öl austritt.

Aluminiumleiter im Überblick

Aluminiumleiter gibt es in vier verschiedenen Bauarten, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden verlangen:

- eindrätige Rundleiter (re)
- eindrätige Sektorleiter (se)
- mehrdrätige Rundleiter (rm)
- mehrdrätige Sektorleiter (sm)



Verschiedene Ausführungen von Aluminiumleitern



Markierungen auf den Kabelschuhen geben wichtige Hinweise zu Herstellerkennziffer, Anschlussbohrung, Querschnitt und Kabelzuordnung

Die Abkürzungen finden sich neben anderen Angaben auf den Markierungen der Aluminium-Presskabelschuhe und lassen damit erkennen, für welche Aluminiumleiter sich der jeweilige Kabelschuh eignet.

Im Übrigen entsprechen die Markierungen auf den Aluminium-Presskabelschuhen denen, die auch auf Kupfer-Kabelschuhen zu finden sind. Sie geben wichtige Hinweise zu Hersteller, Abmessungen und Ausführung des Produkts.

So steht z.B. die Prägung »KL18 10-70² rm/sm 95² re/se« für

- KL: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 18: Werkzeug-Kennziffer
- 10: Metrische Schraubenabmessung der Bohrung für den Anschlussbolzen (hier Schrauben M10)
- 70: Nennquerschnitt des Leiters in mm²
- rm/sm: für mehrdrätige Rundleiter und mehrdrätige Sektorleiter
- 95: Nennquerschnitt des Leiters in mm²
- re/se: für eindrätige Rundleiter und eindrätige Sektorleiter

Auffallend: Die Nennquerschnitte der Leiter se und re liegen immer um eine Maßeinheit höher als die Nennquerschnitte der Leiter sm und rm. Der Grund: Eindrätige Leiter beanspruchen weniger Volumen als mehrdrätige Leiter.

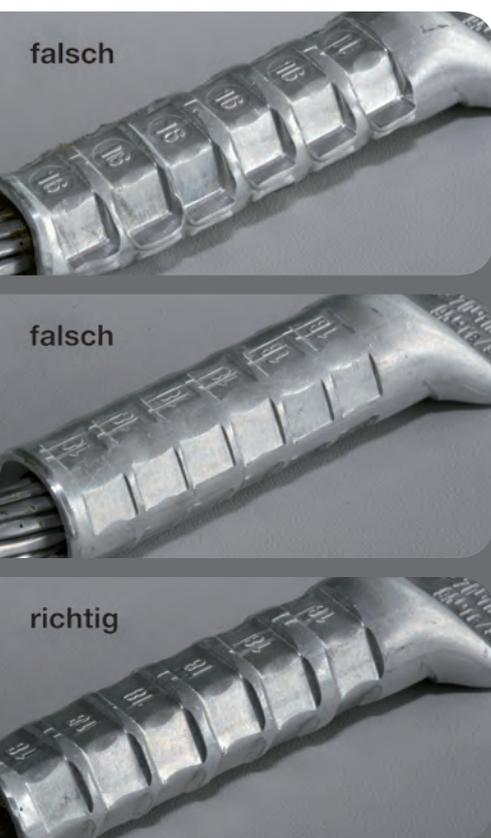
Ein besonderes Augenmerk ist auf die Werkzeug-Kennziffer zu richten: Für eine fachgerechte Verpressung muss der verwendete Einsatz des Presswerkzeugs immer mit der Werkzeug-Kennziffer auf dem Kabelschuh übereinstimmen. Die Werkzeug-Kennziffer befindet sich spiegelverkehrt auf den Pressflächen des Einsatzes, so dass nach der Pressung die Kennziffer zur Kontrolle und Dokumentation sichtbar wird.

Leichtgewichte richtig verarbeiten: DIN-Presskabelschuhe und Verbinder aus Aluminium



Der Aufdruck der Werkzeugkennziffer »18« auf dem Kabelschuh (links) gibt Auskunft über den zu verwendenden Presseinsatz. Die fertige Verpressung (unten) mit der Prägung »18« auf dem Kabelschuh verweist auf den korrekt verwendeten Presseinsatz

Für die fachgerechte Verarbeitung von Presskabelschuhen empfiehlt es sich, generell 6-Kant-Pressesätze nach DIN 48083 Teil 4 zu verwenden.

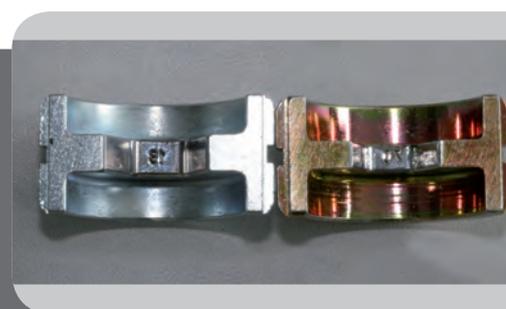


Die Überpressung (links) deutet auf einen zu kleinen, die Unterpressung (Mitte) deutet auf einen zu großen Presseinsatz hin. Bei einem korrekt verpressten Kabelschuh (unten) wurde ein zum Kabelschuh passender Presseinsatz verwendet

Wie bei Kupferkabelschuhen und -verbindern gilt auch bei den Aluminium-Ausführungen: Voraussetzung für eine fachgerechte Verpressung ohne Unter- oder Überpressung ist die Verwendung des geeigneten Werkzeugs. Pressfehler können zu erhöhten Übergangswiderständen mit Temperaturerhöhungen bis hin zu Bränden führen.

Um solche Konsequenzen möglichst auszuschließen, empfiehlt Klauke, für die Verpressung seiner Kabelschuhe ausschließlich die entsprechenden Werkzeuge dieses Herstellers zu verwenden.

So z.B. die speziellen Presseinsätze für Aluminium, deren 7 mm breite Kontaktflächen 2 mm größer sind als die der Presseinsätze für Verbindungsmaterialien aus Kupfer.



Die Kontaktfläche der Presseinsätze für Al-Kabelschuhe (links) sind um 2 mm breiter als die der Presseinsätzen für Cu-Kabelschuhe (rechts)

Der Grund: Einsätze mit größeren Pressbreiten verbinden breitere Leiterbereiche mit den Kabelschuhen und gleichen so die schlechtere Leiteigenschaft von Aluminium aus. Zur einfachen Unterscheidung sind die Alu-Pressesätze von Klauke silberfarbig, die Einsätze für Kupfer hingegen gelbgold.

Kontaktfett in Aluminium-Verbindungs-materialien

Verbindungsmaterialien für Aluminiumleiter sind ab Werk mit einem speziellen Kontaktfett ausgestattet.



Kontaktfette mit Zusatzstoffen wie Korund verursachen einen »Schmirgeleffekt« beim Verpressen von Aluminiumverbindungen

Dieses zerstört beim Verpressen die nicht leitende Oxidschicht des Aluminiums, die sich innerhalb weniger Minuten an der Oberfläche bildet. Das Fett verbessert damit die Kontakteigenschaften und ermöglicht eine einwandfreie elektrische Verbindung.

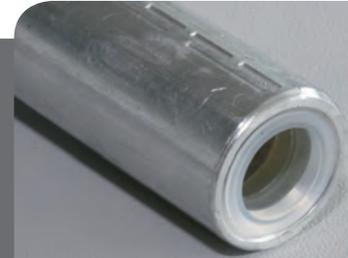
Darüber hinaus verhindert das Fett den Zutritt von Sauerstoff an die Kontaktstellen und vermeidet damit eine erneute Oxidation.



Das Kontaktfett verhindert den Zutritt von Sauerstoff und vermeidet so Oxidation

Um die Funktionsfähigkeit des Fettes zu erhalten, sind Markenkabelschuhe mit einem Kunststoff-Stopfen versiegelt, der ein Austrocknen oder Auslaufen des Presszusatzes verhindert.

Kunststoff-Stopfen von qualitativ hochwertigen Kabelschuhen verhindern bei Lagerung das Austrocknen oder Auslaufen des Presszusatzes



Kontaktfette für Aluminiumverbindungen enthalten Zusatzstoffe wie Korund, einem sandähnlichen Material, das sich durch hohe Festigkeit und Härte, Temperaturstabilität sowie durch extreme Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit selbst bei hohen Temperaturen auszeichnet.

Beim Verpressen entsteht ein »Schmirgeleffekt«, der die Oxidschicht aufreißt. Außerdem begünstigt das Fett die Gleitreibung zwischen Leiter und Hülse, so dass beim Pressvorgang ein »Festfressen« der Materialien verhindert und eine maximale Kontaktfläche hergestellt wird.

Wichtig bei mehrdrähtigen Leitern:

Beim Pressen verteilt sich das Fett auch zwischen den Einzeldrähten und versiegelt diese gegen den Zutritt von Sauerstoff und Feuchtigkeit.

In diesem Zusammenhang ebenfalls von Bedeutung: Aluminium-Pressverbindungen mit Presszusatz »verkräften« höhere Strombelastungen als solche ohne Zusatz von Kontaktfett.

Um sichere Verbindungen auch bei einer hohen Auslastung von Kabelnetzen sicherzustellen, empfiehlt Klauke grundsätzlich die Verwendung von Kabelschuhen und Verbindern mit Presszusatz.

Leichtgewichte richtig verarbeiten: DIN-Presskabelschuhe und Verbinder aus Aluminium

Verarbeitungsschritte von Al-Presskabelschuhen und -Verbindern

Die beschriebenen Eigenschaften des Aluminiums erfordern eine besondere Vorgehensweise bei der Bearbeitung der entsprechenden Leiter und Verbindungsmaterialien.

Folgende fünf Arbeitsschritte sind erforderlich:

- Isolation des Aluminiumleiters entfernen.
- Die blanken Leiterenden mit einer Drahtbürste behandeln, um die Oxidschicht grob zu entfernen und eine saubere Kontaktfläche herzustellen.
- Den Leiter in den Kabelschuh bzw. in den Verbinder bis zur vollen Einschublänge der Hülse einführen. Dabei quillt das Kontaktfett seitlich heraus und sorgt so für einen Luftabschluss, der eine erneute Oxidation verhindert.
- Die 6-Kantverpressung mit dem – wie oben beschrieben – geeigneten Presswerkzeug durchführen. Wichtig bei ein- und mehrdrähtigen Sektorleitern: Diese sind vor der 6-Kantverpressung mit einem maßlich passenden Rundpresseinsatz rund zu pressen.
- Den ausgequollenen Presszusatz entfernen.

Beim Pressen selbst gilt es, einige Besonderheiten zu beachten:

Alle DIN-Presskabelschuhe verfügen über Markierungen für ein korrektes Verpressen. Diese geben die Anzahl der erforderlichen Verpressungen vor. Auf Aluminium-Kabelschuhen findet sich alternative Markierungen für schmale und breite Verpressungen.

Markierungen auf den Kabelschuhen kennzeichnen Anzahl und Platzierung der vom Hersteller empfohlenen Pressungen



Vorteil der breiten Verpressung: die Zahl der Verpressungen reduziert sich dadurch um bis zur Hälfte. Zu beachten ist dabei jedoch, dass entsprechend starke Presswerkzeuge zum Einsatz kommen – Klauke empfiehlt für breite Verpressungen Werkzeuge mit einer Leistung von mehr als 60 kN.

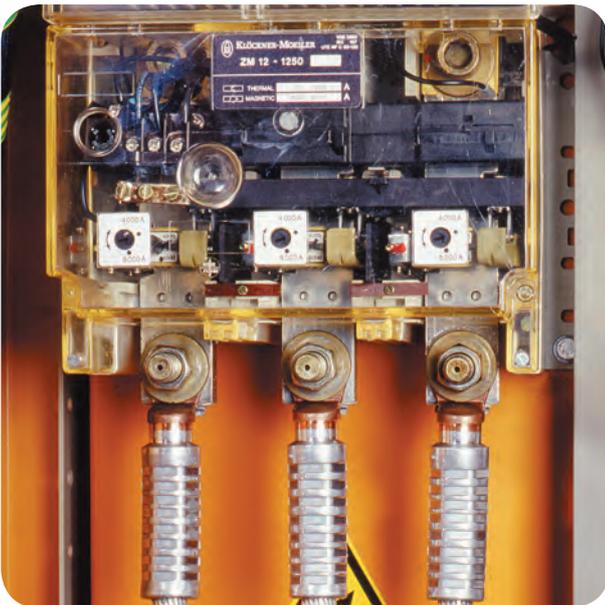
Wichtig: Beim Verpressen ist stets auf die richtige Pressrichtung zu achten, die grundsätzlich immer in Richtung des Leiters erfolgt.

Die erste Verpressung erfolgt immer von der Anschraubseite zum Leiter hin. So kann sich das beim Pressvorgang verdichtete Material zum Leiter hin ausdehnen



Al/Cu Presskabelschuhe

Einen weiteren Sonderfall der Verbindungstechnik stellen Al/Cu-Presskabelschuhe und -Verbinder dar.



- Aluminium-Kupfer: Eine problematische Verbindung
- Hochwertige Al/Cu-Presskabelschuhe zum Verbinden von Aluminiumleitern zum Beispiel mit Kupferschienen
- Aluminiumleiter gibt es in vier verschiedenen Bauarten, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden verlangen
- Kontaktfett in Aluminium-Verbindungs-materialien verbessert die Kontakteigenschaften
- Aluminium-Verbinder für die fachgerechte Verbindung von Aluminium- und Kupferleiter

Aluminium und Kupfer richtig verbinden

Aluminium und Kupfer richtig verbinden

Kupfer ist aufgrund seiner hervorragenden elektrischen Eigenschaften die erste Wahl bei der Herstellung von Leitungen und elektrischen Verbindungen.

Nicht zuletzt wegen des niedrigeren Gewichts und der daraus resultierenden einfacheren Handhabung bietet sich in vielen Fällen jedoch auch Aluminium als praktikable Alternative an. In der Praxis sieht sich der Elektrotechniker daher häufig mit der Herausforderung konfrontiert, diese beiden Materialien fachgerecht miteinander zu verbinden.

Die Verbindung Aluminium-Kupfer ist z.B. erforderlich, wenn in einem Industriegebiet eine Ringleitung aus Aluminium liegt, die Zuführung in die anliegenden Betriebe jedoch mit Kupferleitungen erfolgt. Aber auch bei Transformatoren-Stationen besteht oft die Notwendigkeit, Aluleitungen an Kupferschienen anzuschließen.

Das Problem hierbei: Aluminium und Kupfer lassen sich nicht ohne weiteres miteinander verbinden. Deshalb ist die Verwendung von speziellen Al/Cu-Kabelschuhen und -Verbindern für eine dauerhaft sichere Verbindung zwingend erforderlich.



Ein ungeeigneter Presseinsatz und/oder eine nicht fachgerecht ausgeführte Verpressung führen zu einer Überpressung (rechts) oder einer Unterpressung (links) und können im schlimmsten Fall einen Brand verursachen

Aluminium-Kupfer: Eine problematische Verbindung

Grundsätzlich ist Aluminium zwar ein sehr reaktionsfähiger und leicht oxidierender Werkstoff, im praktischen Gebrauch erweist er sich jedoch bekanntermaßen als korrosionsbeständig. Diese Eigenschaft verdankt das Material einer widerstandsfähigen Oxidschicht, die sich auf seiner Oberfläche unter der Einwirkung von Luftsauerstoff bildet (Selbstpassivierung).

Beim Zusammenfügen mit Metallen edleren Potentials – also z.B. Kupfer – setzt beim Vorhandensein einer elektrisch leitenden Flüssigkeit wie Kondenswasser allerdings eine elektrochemische Reaktion durch Kontaktelementbildung ein. Bei diesem Prozess spielen die durch die elektrochemische Spannungsreihe gegebenen Potentialdifferenzen eine entscheidende Rolle.

Das Kontaktelement wird gebildet durch die Kupferelektrode (Anode), den Elektrolyten (Wasser) und die Aluminiumelektrode (Katode).

Die von diesem Element erzeugte Spannung wird über den »quasi-metallischen« Kontakt von Kupfer und Aluminium kurzgeschlossen. Entsprechend der dabei auftretenden Stromstärke erfolgt eine Ablagerung bzw. Zersetzung des Aluminiums. Dieser zerstörerische Vorgang ist als blühende Oxidationsstelle sichtbar und setzt bereits beim Vorhandensein von kleinsten Kupferflittern auf Aluminium ein – und zwar als permanente Reaktion, da sich das Kupfer dabei nicht zersetzt.

Bei einer elektrischen Verbindung erhöht sich als Folge der Übergangswiderstand, was zu einem Temperaturanstieg und schlimmstenfalls zu einem Brand führen kann. Deshalb gilt beim Zusammenbringen von Kupfer und Aluminium: Der Zutritt von Feuchtigkeit an der Verbindungsstelle ist unter allen Umständen auszuschließen. In Räumen mit Kondenswasserbildung muss man die Berührungsstelle zwischen Kupfer und Aluminium deshalb durch besondere Verarbeitungsmethoden schützen.



Al- /Cu-Kabelschuhe weisen verarbeitungstechnisch keine Kriechstrecke auf, in der sich Feuchtigkeit sammeln kann, durch die der Oxidationsprozess in Gang gesetzt wird

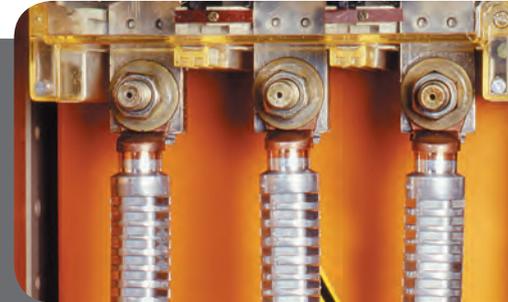
Hierzu zählt an erster Stelle der Einsatz von Al/Cu-Kabelschuhen und -Verbindern.

Diese weisen verarbeitungstechnisch keine Kriechstrecke auf, in der sich leitende Flüssigkeit ansammeln kann, durch die der Oxidationsprozess in Gang gesetzt wird. Das prädestiniert Al/Cu-Presskabelschuhe und -Verbinder z.B. auch für den Einsatz in Off-Shore-Windkraftanlagen.

Al/Cu-Presskabelschuhe

Hochwertige Marken-Presskabelschuhe zum Verbinden von Aluminiumleitern zum Beispiel mit Kupferschienen bestehen aus einem Anpressbereich aus Elektrolyt-Aluminium (E-Al) und einer angefügten Anschraubblase aus Kupfer gemäß EN 13600.

Der fachgerechte Anschluss eines Leiters aus Aluminium an eine Kupferschiene erfolgt mittels eines Kabelschuhs aus Aluminium und einer Anschraubblase aus Kupfer



Die lieferbaren Nennquerschnitte reichen von 16 mm² bis 400 mm². Das Einsatzgebiet umfasst generell die Herstellung zugentlasteter Verbindungen mit Alu- Kabeln nach DIN 48201, Teil 1 und Alu-Seilen nach DIN EN 50182. Spezifikationen und Verarbeitung von Al/Cu-Presskabelschuhen entsprechen denen von reinen Aluminium-Ausführungen.

Produktrenommierter Markenhersteller wie Klauke weisen eine konstante Materialstärke, exakte Durchmesser und eine genaue Passform als Voraussetzungen für eine gute Verarbeitung und sehr hohe Sicherheit auf. Al/Cu-Presskabelschuhe sind wie reine Aluminium-Presskabelschuhe entsprechend der DIN 46239 längsdicht gefertigt, so dass sich auch ölgetränkte, papierisolierte Kabel verarbeiten lassen, ohne dass Öl austritt.

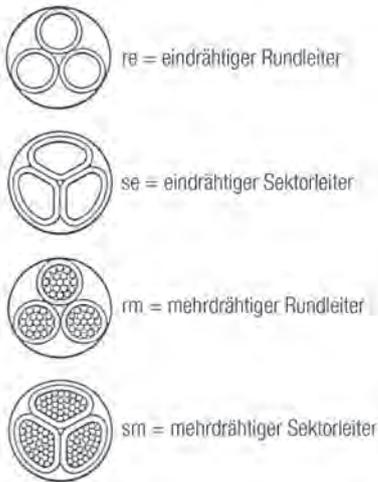
Aluminiumleiter im Überblick

Aluminiumleiter gibt es in vier verschiedenen Bauarten, die zum Teil besondere Verarbeitungsmethoden verlangen.

Dies sind im Einzelnen:

- eindrätige Rundleiter (re)
- eindrätige Sektorleiter (se)
- mehrdrätige Rundleiter (rm)
- mehrdrätige Sektorleiter (sm)

Aluminium und Kupfer richtig verbinden



Verschiedene Ausführungen von Aluminiumleitern

Die Abkürzungen finden sich neben anderen Angaben auf den Markierungen der Al/Cu-Presskabelschuhe und lassen damit erkennen, für welche Aluminiumleiter sich der jeweilige Kabelschuh eignet. Sie geben wichtige Hinweise zu Hersteller, Abmessungen und Ausführung des Produkts.



Die Prägungen auf dem Kabelschuh geben sowohl Auskunft über die Pressmarkierungen als auch über die Herstellerkennziffer, Querschnitte und Kabelzuordnung

So steht z.B. die Prägung »16 KL25 150 rm/sm 185 re/se« für

- 16: Metrische Schraubenabmessung der Bohrung für den Anschlussbolzen (hier Schrauben M 16)
- KL: Herstellerkennung (hier Klauke)
- 25: Werkzeug-Kennziffer
- 150: Nennquerschnitt des Leiters in mm²
rm/sm: für mehrdrätige Rundleiter und mehrdrätige Sektorleiter

- 185: Nennquerschnitt des Leiters in mm²
- re/se: für eindrätige Rundleiter und eindrätige Sektorleiter

Ein besonderes Augenmerk ist auf die Werkzeug-Kennziffer zu richten:

Für eine fachgerechte Verpressung muss der verwendete Einsatz des Presswerkzeugs immer mit der Werkzeug-Kennziffer auf dem Kabelschuh übereinstimmen. Die Werkzeug-Kennziffer befindet sich zusätzlich spiegelverkehrt auf den Pressflächen des Einsatzes, so dass nach der Pressung die Kennziffer zur Kontrolle und Dokumentation sichtbar wird.

Für die fachgerechte Verarbeitung von Al/Cu-Presskabelschuhen empfiehlt es sich, generell 6-Kant-Pressseinsätze nach DIN 48083 Teil 4 zu verwenden. Voraussetzung für eine fachgerechte Verpressung ohne Unter- oder Überpressung ist die Verwendung des geeigneten Werkzeugs. Pressfehler können zu erhöhten Übergangswiderständen mit Temperaturerhöhungen bis hin zu Bränden führen. Um solche Konsequenzen möglichst auszuschließen, empfiehlt Klauke, für die Verpressung seiner Kabelschuhe ausschließlich die entsprechenden Werkzeuge dieses Herstellers zu verwenden.

So z.B. die speziellen Pressseinsätze für Aluminium, deren 7 mm breite Kontaktflächen 2 mm breiter sind als die der Pressseinsätze für Verbindungsmaterialien aus Kupfer. Dies bezieht sich jedoch ausschließlich auf 60 kN Pressseinsätze. Der Grund: Einsätze mit größeren Pressbreiten verbinden breitere Leiterbereiche mit den Kabelschuhen und gleichen so die schlechtere Leiteigenschaft von Aluminium aus.

Zur einfachen Unterscheidung sind die Alu-Presseseinsätze von Klauke silberfarbig, die Einsätze für Kupfer hingegen gelbgold.

Kontaktfett in Aluminium Verbindungsmaterialien

Verbindungsmaterialien für Aluminiumleiter sind ab Werk mit einem speziellen Kontaktfett ausgestattet.



Hochwertige Kabelschuhe aus Aluminium sind mit einem speziellen Kontaktfett ausgestattet, welches die Kontakteigenschaften verbessert und eine einwandfreie elektrische Verbindung ermöglicht

Dieses zerstört beim Verpressen die nicht leitende Oxidschicht des Aluminiums, die sich innerhalb weniger Minuten an der Oberfläche bildet. Das Fett verbessert damit die Kontakteigenschaften und ermöglicht eine einwandfreie elektrische Verbindung. Zudem verhindert das Fett den Zutritt von Sauerstoff an die Kontaktstellen und vermeidet damit eine erneute Oxidation.

Um die Funktionsfähigkeit des Fettes zu erhalten, sind Markenkabelschuhe mit einem Kunststoff-Stopfen versiegelt, der ein Austrocknen oder Auslaufen des Presszusatzes verhindert.

Al /Cu-Verbinder

Für die fachgerechte Verbindung von Aluminium- und Kupferleitern bieten Markshersteller wie Klauke Reduzierverbinder mit Nennquerschnitten von 10 mm² bis 300 mm² an.

Leiter aus Aluminium und Kupfer unterschiedlicher Querschnitte lassen sich mit so genannten Reduzierverbindern fachgerecht und sicher verbinden



Diese Produkte dienen vornehmlich bei Netzsanierungen der Herstellung zugentlasteter Verbindungen von Aluminiumleitern nach DIN EN 60228 sowie von Aluminium-Seilen nach DIN EN 50182 mit Kupfer-Kabeln nach DIN 48201, Teil 1 und Kupfer-Leitern nach DIN EN 60228.

Fertigungstechnisch bestehen die Pressverbinder aus miteinander verbundenen Aluminium-(E-Al) und Kupferteilern (gemäß EN 13600).

In der Regel weist die Aluminiumseite einen größeren Durchmesser auf, da die schlechtere Leitfähigkeit dieses Materials durch einen entsprechend höheren Nennquerschnitt des Leiters ausgeglichen wird.

In der Regel weist die Aluminiumseite (rechts) einen größeren Durchmesser auf als die Kupferseite (links), da die schlechtere Leitfähigkeit des Materials durch einen entsprechend höheren Nennquerschnitt des Leiters ausgeglichen wird



Wie bei den Presskabelschuhen enthält auch die Aluminiumseite des Verbinders Kontaktfett, das bei hochwertigen Produkten durch einen Verschluss vor Auslaufen und Vertrocknen geschützt ist.

Aluminium und Kupfer richtig verbinden

Wichtig: Bei der Verwendung von Al/Cu-Pressverbindern muss man für die jeweilige Materialseite die entsprechenden Verarbeitungsvorgaben von Kupfer und Aluminium beachten.

Dementsprechend sind die Aluminiumbereiche zu verpressen wie Aluminium-Presskabelschuhe (siehe rechts). Charakteristisch für Al/Cu-Pressverbinder sind deshalb auch die unterschiedlichen Pressmarkierungen, die aluminiumseitig 7 mm betragen und kupferseitig 5 mm für Presseinsätze 60 kN.

Bei der Verarbeitung der Kupferseite gelten die gleichen Vorgaben wie für Presskabelschuhe aus Kupfer. Anhand der Pressmarkierungen auf dem Produkt lassen sich wesentliche Informationen zu Herkunft und Einsatz des Al/Cu-Pressverbinders ablesen.

So bedeutet z.B. die Prägung »KL14 50 rm/sm 70 re/se«

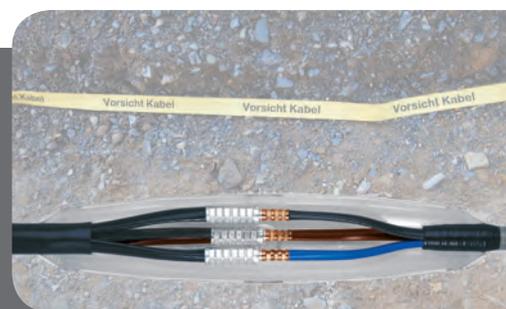
- Kl: Herstellerkennung (in diesem Fall »Klauke«)
- 14: Werkzeugkennziffer
- 50: bezeichnet den vorgesehenen Nennquerschnitt des Leiters in mm²
- rm/sm: für mehrdrätige Rundleiter und mehrdrätige Sektorleiter
- 70: Nennquerschnitt des eindrätigen Leiters in mm²
- re/se: für eindrätige Rundleiter und eindrätige Sektorleiter

Darüber hinaus weisen die Pressverbinder auch kupferseitig Markierungen für die Pressung auf. Für die Verarbeitung empfiehlt die Norm Presseinsätze entsprechend der DIN 48083 Teil 1, 3 und 4 für ein-, fein- und feinstdrätige Leiter; für umflochtene Rundseile verweist die Norm auf die Angaben

des Herstellers. So setzt Klauke generell auf 6-Kant-Pressinsätze nach DIN 48083, Teil 4 für die kupferseitige Verarbeitung seiner Pressverbinder.

Hinweis: Bei der Verbringung von Pressverbindungen im Erdreich ist die Verbindungsstelle vor Feuchtigkeit zu schützen.

Im Erdreich schützen z.B. Gießharzmuffen die Verbindungsstelle vor Feuchtigkeit. Besonders wichtig: Die Verbindung darf keiner Biegespannung ausgesetzt werden, da sonst Bruchgefahr an der Kontaktstelle besteht



Hierzu empfiehlt Klauke die Verwendung von Gießharzmuffen. Außerdem sollte man bei der Verwendung von Al/Cu-Pressverbindern und Kabelschuhen Folgendes beachten: Diese Produkte dürfen keiner Biegespannung ausgesetzt werden, da hierbei Bruchgefahr an der Kontaktstelle der beiden Materialien besteht. Ein Einsatz im Freileitungsbereich ist damit ausgeschlossen.



- Bei einer auszuübenden Handkraft von bis zu 20 Kilogramm pro Crimpung können auf Dauer Überbeanspruchungen in Handgelenk und Unterarm drohen
- Einsatz von leicht zu bedienenden Werkzeugen, um ein ergonomisches und gesundheitsschonendes Arbeiten ermöglicht
- Elektromechanische Presswerkzeuge bieten körperliche Entlastung, beste Crimpergebnisse mit gleichbleibend hoher Qualität
- Die Anschaffung elektromechanischer Presswerkzeuge sind für Fachbetriebe durchaus sinnvoll

Mitarbeitergesundheit:

Geringere körperliche Belastungen durch elektrisch betriebene Werkzeuge

Mitarbeitergesundheit: Geringere körperliche Belastungen durch elektrisch betriebene Werkzeuge

Es fängt meist harmlos an: Zunächst ist es nur ein nächtliches Taubheitsgefühl in Daumen, Zeigefinger und Mittelfinger. Später treten dann auch tagsüber schmerzhaft Beschwerden und Gefühlsstörungen auf. Die Sensibilität der Hand nimmt ab, die Feinmotorik lässt nach und die Hand wird schwächer.

Alltägliche Aufgaben werden schwieriger und gewisse berufliche Tätigkeiten können kaum noch oder gar nicht mehr ausgeübt werden. Ursache hierfür ist das sogenannte Karpaltunnelsyndrom, bei dem ein Handnerv an einer entzündeten Engstelle dauerhaft eingeklemmt ist.

Als Auslöser dieses verbreiteten Krankheitsbildes stehen einseitige Belastungen im Verdacht, wie sie beispielsweise auch im Elektrohandwerk anzutreffen sind. Hier gilt es, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um solchen Krankheiten vorzubeugen und teure Ausfälle von Mitarbeitern zu verhindern. Die Wahl des richtigen Werkzeugs kann dabei helfen.

Eine der häufigsten, wiederkehrenden Arbeiten z.B. im Schaltschrankbau, ist beispielsweise das Crimpen von Leitungen. In der Regel wird diese Tätigkeit manuell mit mechanischen Handwerkzeugen durchgeführt und in den meisten Fällen auch völlig problemlos.

Kritisch kann es allerdings werden, wenn dieser Arbeitsschritt von den Mitarbeitern gehäuft zu absolvieren ist. Denn bei einer auszuübenden Handkraft von bis zu 20 Kilogramm pro Crimpung können auf Dauer Überbeanspruchungen in Handgelenk und Unterarm drohen.



Als entscheidender Faktor ist dabei die Zahl der regelmäßig durchgeführten Crimpvorgänge zu sehen. Während ein junger und gesundheitlich nicht vorbelasteter Mitarbeiter durchaus 100 bis 150 Crimpungen pro Tag ohne negative gesundheitliche Auswirkungen mit einem mechanischen Handwerkzeug vornehmen kann, empfiehlt sich bei höheren Stückzahlen der Einsatz eines Werkzeugs mit motorisiertem Antrieb.

Führende Hersteller bieten mittlerweile entsprechende Geräte an, die ein deutlich komfortableres Arbeiten mit weit geringeren körperlichen Belastungen ermöglichen. So erfordert beispielsweise die elektromechanische Crimpzange Klauke micro® mit 10,8 V Lithium-Ionen-Akku lediglich eine Handkraft von gerade einmal zwei Kilogramm pro Crimpung.

Das heißt: Die aufzubringende Kraft durch Hand und Unterarm fällt hier um rund 90 Prozent geringer aus als bei einem ausschließlich manuell bedienten Werkzeug. „Unser Ziel war es, mit unserer elektromechanischen Crimpzange micro ein leicht zu bedienendes Werkzeug zu entwickeln, das ein ergonomisches und gesundheitsschonendes Arbeiten ermöglicht und dabei die Vorteile manueller Crimpzangen mit dem Komfort akkuhydraulischer Presswerkzeuge in einem Gerät vereint“, erklärt Lutz Remmel, Produktmanagement bei Klauke.



Um den Elektrofachmann und die Elektrofachfrau bei ihrer täglichen Arbeit spürbar zu entlasten und den Zeitvorteil zu nutzen, sollte bei der Auswahl solch eines Werkzeugs darauf geachtet werden, dass es einen möglichst breiten Anwendungsbereich abdeckt. So lassen sich mit der elektromechanischen Crimpzange des oben genannten Herstellers Leitungsquerschnitte von 0,14 bis 50 Quadratmillimeter mit einer Presskraft von bis zu 15 KN verarbeiten und gleichzeitig der Zeitvorteil gegenüber dem mechanischen Presswerkzeugs auf Dauer nutzen.

Da das Gerät im Sinne des Systemgedankens für die Aufnahme der auswechselbaren Einsätze der Klauke-Serie 50 ausgelegt ist, eignet es sich für das Crimpen von verschiedenen Kabelverbindern, Aderendhülsen oder auch von Rohr-, Quetsch- und Stiftkabelschuhen.

Somit ist es nicht nur im Schaltschrankbau vielseitig einsetzbar, sondern es sorgt auch bei vielen anderen handwerklichen und industriellen Anwendungen für ein gelenkschonendes und dauernd gleichbleibendes schnelles Arbeiten.



Die Arbeitsfolge ist dabei stets die gleiche: Zunächst erfolgt das Vorklemmen von Hand, indem durch Betätigen des Bedienehebels ohne Kraftaufwand die Pressbacken geschlossen werden, um das Verbindungsmaterial zu fixieren.

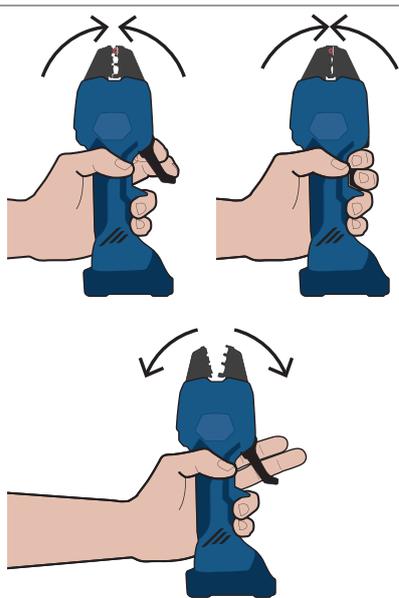
Während dieses Arbeitsschritts kann das Material noch exakt ausgerichtet und positioniert werden. Ebenfalls ein Vorteil gegenüber der manuellen Verpressung. Im zweiten Arbeitsschritt wird die Crimpung per Motorkraft durchgeführt.

Dazu muss der Bedienehebel lediglich ganz durchgezogen werden und das Gerät startet automatisch den Crimpvorgang, der je nach Material maximal 1,5 Sekunden dauert.

Mitarbeitergesundheit: Geringere körperliche Be- lastungen durch elektrisch betriebene Werkzeuge

Nach erfolgter Crimpung wird abschließend durch Loslassen des Bedienhebels der ebenfalls vollautomatische Rücklauf in die Ausgangsposition ausgelöst.

Elektromechanische Presswerkzeuge bieten neben der körperlichen Entlastung aber auch noch weitere Vorteile: Sie erzielen nicht nur bei minimalem Kraftaufwand beste Crimp-Ergebnisse, sondern stellen diese auch über Jahre hinweg in gleichbleibend hoher Qualität sicher.



Denn zur Vermeidung von Unter- oder Überpressungen, ist der Einsatz von geeignetem Werkzeug in einwandfreiem technischen Zustand wesentliche Voraussetzung. Andernfalls drohen gefährliche Folgen: Nicht fachgerecht durchgeführte Verpressungen können beispielsweise zu erhöhten Übergangswiderständen führen, die wiederum Temperaturerhöhungen und in letzter Konsequenz sogar Kabelbrände auslösen können.



Auf eine einfache und sichere Bedienbarkeit ist daher im Sinne der Sicherheit bei der Werkzeugwahl ebenfalls unbedingt zu achten.

Kosten-Nutzen-Rechnung: Wann lohnt die Investition?

Bei jeder Investition stellt sich natürlich die Frage nach der Rentabilität. Die Kosten für eine elektromechanische Crimpzange liegen bei Markenprodukten rund 180 Euro (?) über denen für eine per Handkraft zu bedienende Crimpzange. Befürchtungen hinsichtlich der Haltbarkeit und Zuverlässigkeit der elektrischen Variante sind unbegründet.

So gibt Klauke beispielsweise für sein Modell micro bei Einhaltung der Serviceintervalle (bei 35.000 Presszyklen) eine lange Lebensdauer an. Dazu ist das Gerät mit einer Multifunktions-LED zur Wartungsanzeige und zur Datenübertragung ausgestattet, die auch zur Übertragung von Press- und Werkzeugdaten auf einen PC mit Hilfe eines USB-Adapters aus dem Zubehör genutzt werden kann.



So lassen sich komfortabel Prüfprotokolle mit Datum und Uhrzeit als PDF zur Dokumentation von durchgeführten Crimpvorgängen erzeugen. Eine gute Möglichkeit dem Auftraggeber eine sichere und richtige Arbeit nachzuweisen. Diese Möglichkeit der Verschleißanzeige und der Dokumentation bieten rein mechanische Handpresswerkzeuge nicht.

Und auch die mittlerweile bei den meisten Geräten verwendeten Lithium-Ionen-Akkus geben keinerlei Anlass zur Sorge.

Bei diesen Energiequellen handelt es sich um einen ausgereiften technischen Standard, der heute in nahezu allen Bereichen verwendet wird, in denen aufladbare Akkus eingesetzt werden. Li-Ion-Akkus zeichnen sich durch kurze Ladezeiten ohne Memory-Effekt und eine konstante, gleichmäßige Leistungsabgabe aus. So beträgt die Ladezeit für den im Klauke-Werkzeug verbauten Akku rund 40 Minuten.

Anschließend sind mit voll aufgeladenem Energiespeicher ca. 300 Verpressungen

von Kupferleitungen mit einem Querschnitt von zehn Quadratmillimetern nach DIN 46234 möglich.

Trotz dieser hohen Leistungsfähigkeit beträgt das Gesamtgewicht des Werkzeugs inklusive Akku gerade einmal 960 Gramm.

Weit entscheidender bei der Bewertung der Rentabilität ist jedoch der Erhalt der Arbeitskraft der Mitarbeiter. Denn bei einem krankheitsbedingten Arbeitsausfall, beispielsweise durch das beschriebene Karpaltunnelsyndrom, eine langwierige Sehnen-scheidenentzündung oder einen Tennisarm übersteigen die daraus resultierenden Kosten die Anschaffung eines elektromechanischen Werkzeugs ganz schnell.

Fazit

Die Entscheidung für die Investition in ein elektromechanisches Presswerkzeug sollte nach betriebswirtschaftlichen Berechnungen erfolgen. Für Fachbetriebe, in denen Verbindungsmaterial schnell und im hohen Umfang verarbeitet werden muss, ist die Anschaffung solcher Geräte durchaus sinnvoll. Denn motorisiertes Crimpen steigert nicht nur die Effizienz von Arbeitsprozessen, sondern schon gleichzeitig auch die Gesundheit der Mitarbeiter. Und da der Erhalt von Gesundheit natürlich auch den Erhalt von Arbeitskraft bedeutet, kann solch eine Mehrinvestition gleichermaßen im Interesse von Arbeitgeber und Arbeitnehmer liegen. Zumal vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und des damit verbundenen Fachkräftemangels körperliche Leistungsfähigkeit zu einem auch wirtschaftlich wertvollen Gut geworden ist, das es möglichst lange zu erhalten gilt.



Videoberatung für Sie!

Von unserem Hauptsitz in Remscheid aus bieten wir Ihnen mit unserem Team Anwendungstechnik einen ganz besonderen Service.

Hier können Sie nicht nur Auszugsversuche für Ihren speziellen Anwendungsfall mit unseren Experten besprechen, sondern ganz neu auch in unserer Beratung per Video in Kontakt treten. Bei dieser Videoberatung bleiben Sie als Anwender einfach an Ihrem Arbeitsplatz mit internetfähigem PC. Nicht nur wir können Ihnen per Videoübertragung etwas zeigen, sondern auch Sie uns, falls Sie eine Web-Kamera angeschlossen haben.

Vorteile auf einen Blick:

- Kompetente Beratung direkt vom Hersteller
- Live-Darstellung der Anwendung mit dem gewünschten Produkt
- Direkte Beantwortung Ihrer Fragen
- Werktags nach individueller Abstimmung verfügbar

Service für Ihr Werkzeug!

Mit einem umfassenden technischen Wartungs- und Instandhaltungsservice sorgt unser werkseitiges ServiceCenter in Remscheid sowie die weltweit über 60 autorisierten ServiceCenter (ASC) dafür, dass Klauke Werkzeuge ihre volle Funktionsfähigkeit erhalten und sichere Verbindungen gewährleisten. Ihr Leistungsspektrum reicht von der regelmäßigen Werkzeuginspektion und Überprüfung der Verpressungsqualität, über Reparaturarbeiten bis zur kostenlosen Werkzeug-hotline und einem Leigeräteservice.

Übrigens: Auf Anfrage steht unser Service-Mobil für Vor-Ort-Einsätze bereit!

Gustav Klauke GmbH

Auf dem Knapp 46
D-42855 Remscheid

Telefon: +49 (0) 2191 / 907 - 0
Telefax: +49 (0) 2191 / 907 - 141

E-Mail: info@klauke.textron.com
Internet: www.klauke.com



Diese und weitere Infos finden Sie hier!