Das längsgeschweisste Kupferwellrohr als Ummantelung von Ölkabeln

Autor(en): **Hofmann, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **73 (1982)**

Heft 15

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-904992

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Das längsgeschweisste Kupferwellrohr als Ummantelung von Ölkabeln

Von W. Hofmann

621.315.3::621.79;

Der längsgeschweisste Kupferwellenmantel stellt für Öldruckkabel eine vollwertige Alternative zum gepressten Blei- oder Aluminiummantel dar. Die Eigenschaften der verschiedenen Bauarten werden verglichen. Massnahmen, insbesondere mechanische Prüfungen im Fabrikationsprozess, werden beschrieben, die eine einwandfreie Qualität des Kupferwellenmantels gewährleisten helfen.

L'enveloppe en cuivre ondulé, soudée longitudinalement, est une précieuse alternative à celle en plomb ou en aluminium pressé pour câbles HT. Les propriétés de ces diverses constructions sont comparées, et l'on indique les dispositions à prendre pour assurer une qualité impeccable de l'enveloppe en cuivre ondulé, notamment les essais mécaniques au cours de la fabrication.

1. Rückblick

Die Ummantelung von Kabeln mit Blei geht auf das Jahr 1877 zurück. Damals, also vor etwas mehr als 100 Jahren, wurden die ersten Stempelpressen in Betrieb gesetzt, ein technisches Verfahren, welches noch heute angewendet wird. Schon seit Jahrhunderten ist die gute Verarbeitbarkeit, die leichte Biegbarkeit und das verhältnismässig gute Korrosionsverhalten von Blei bekannt. Während des Zweiten Weltkrieges trat in Deutschland eine Verknappung von Blei auf. Dies veranlasste die damaligen Hackethal Draht- und Kabelwerke AG, Hannover, nach einer neuen Machart zu suchen. Stahl stand damals in genügender Menge zur Verfügung. Die Idee war naheliegend, durch Verformung eines dünnen Blechbandes zu einem Rohr mit anschliessender kontinuierlicher Längsschweissung einen wasserdichten Mantel herzustellen. Stahl hat zudem gegenüber Blei eine hohe mechanische Festigkeit und neigt nicht zu interkristallinen Brüchen. Um das Rohr flexibel zu machen, wurde anschliessend an die Schweissung im gleichen Arbeitsgang eine Wellung angebracht. So entstand das heute weltweit bekannte *Wellmantelverfahren*. Ende der vierziger Jahre wurde die Aluminiumpresse als weiteres Verfahren zum Ummanteln von Kabeln zur technischen Reife entwickelt.

Alle drei Verfahren, die Bleipresse, das Wellmantelverfahren und die Aluminiumpresse, finden heute in der Kabelindustrie eine technisch gleichwertige Anwendung, sei es in der Ummantelung von Nachrichtenkabeln, von Hochspannungs-Ölkabeln oder anderen Starkstromkabeln. Bei den beiden letzten Verfahren liegt nun ebenfalls eine über dreissigjährige Erfahrung vor.

2. Die drei Ummantelungsverfahren

Vergleicht man das Wellmantelverfahren mit der Technik des Pressens von Blei und Aluminium, so zeigt sich, dass ersteres viel universeller einsetzbar ist. Obwohl es ursprünglich für Stahl entwickelt wurde, können grundsätzlich alle schweissbaren Metalle, wie Aluminium, Kupfer und deren Legierungen, eingesetzt werden. Die Wahl der Werkstoffe ist demnach unabhängiger von den Verfahrensbedingungen, als dies beim Pressen von Blei und Aluminium der Fall ist.

Der Vorteil bei der Schweissung liegt auch darin, dass wesentlich kleinere Wandstärken verarbeitet werden können. Die üblichen Blechdicken betragen 0,5 bis 1,0 mm. Zudem können einige mechanische Eigenschaften wie Biegbarkeit und Formfestigkeit durch die Form der Wellung und die Wanddicke des Materials bestimmt werden. Durch die Wahl der Dicke können vor allem auch die elektrischen Eigenschaften beeinflusst werden. Während ein Bleimantel schon nach wenigen Biegungen über einen Kern, der dem 15fachen Manteldurchmesser entspricht, Falten aufweist, erträgt z. B. ein Stahlwellmantel über 40 Biegungen ohne äussere Anzeichen.

Die Metallschliffe (Figur 1) der Schweissnähte aus Kupfer, V_2A-Stahl und Aluminium lassen erkennen, dass besonders beim Stahl ein sehr gleichmässiges Gefüge erhalten

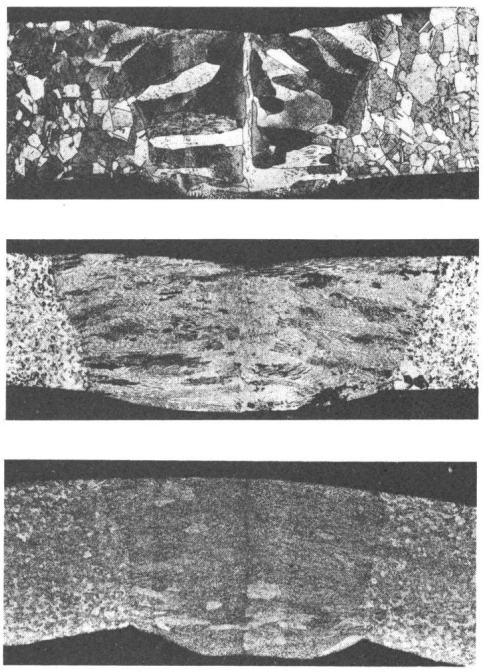

Fig. 1 Metallschliffe verschiedener Schweissnähte
a Kupfer
b Stahl V_2A
c Aluminium

Eigenschaften verschiedener Kabelmanteltypen Tabelle I

	Bleimantel	Aluminiummantel gepresst	Kupferwellmantel geschweisst
Dichtigkeit gegenüber Flüssigkeit	++	++	++
Biegeverhalten	+	++	++
Formfestigkeit	–	++	++
Korrosionsfestigkeit	+	–	++
Niedrigeres Gewicht	+	++	++
Mögliche Wanddicken:			
unter 1 mm	–	–	++
über 1 mm	++	++	++

++ günstig + ausreichend – ungünstig

bleibt. Dies wird bestätigt durch die hohe Zugfestigkeit der Naht in Längs- und Querrichtung. Aber auch beim Kupfer und Aluminium beträgt die Festigkeit etwa 90% des ungeschweissten Materials.

Gewellte Mäntel sind sehr formfest, d. h. dass sich bei mechanischer Beanspruchung der Querschnitt nicht ändert. Die Kupferwellmäntel der sehr empfindlichen Hochfrequenzkabel halten weit über 100 Umtrommelungen aus, ohne dass der Mantel seine Form verändert.

In Tabelle I sind verschiedene technische Eigenschaften der drei Kabelmanteltypen aus Blei, Aluminium und Kupfer zusammengestellt.

3. Kupferwellmäntel zur Ummantelung von Öldruckkabeln

Neben den gepressten Blei- und Aluminiummänteln eignet sich der gewellte Mantel aus Kupfer für Öldruckkabel besonders gut. Es liegt auch eine rund 15jährige Erfahrung vor.

Die Schutzgas-Schweissung stellt hohe Anforderungen. Mit einer Spezialmaschine ist es aber heute möglich, beim Kupfer eine absolute Porenfreiheit der Schweissnaht, und dies auch bei grossen Kabellängen zu gewährleisten. Die Schweissnaht weist praktisch keine Schweissraupe auf und wird durch das Wellverfahren und die späteren Biegebeanspruchungen des fertigen Kabels (Fig. 2) in ihren mechanischen Eigenschaften und insbesondere ihrer Dichtheit nicht beeinträchtigt. Die Wellung kann sowohl spiralförmig als auch parallel gepresst werden. Das Verfahren ermöglicht es, nach der Ummantelung des vorgetrockneten, mit Papier isolierten Ölkabelleiters vor der Imprägnierung mit dünnflüssigem Öl eine Druckprobe als Zwischenprüfung durchzuführen. Dabei werden die beiden Enden druckdicht abgeschlossen und die Hohlräume der Wellung unter Druckluft von 4 bis 6 bar gesetzt.

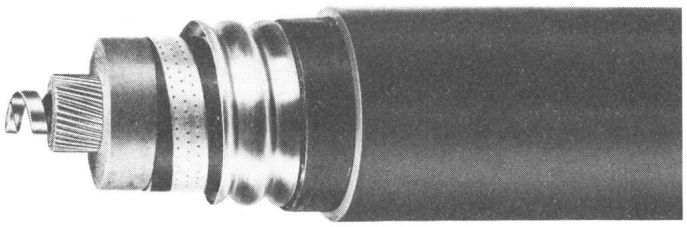

Fig. 2 150-kV-Einleiter-Ölkabel mit Kupferwellmantel

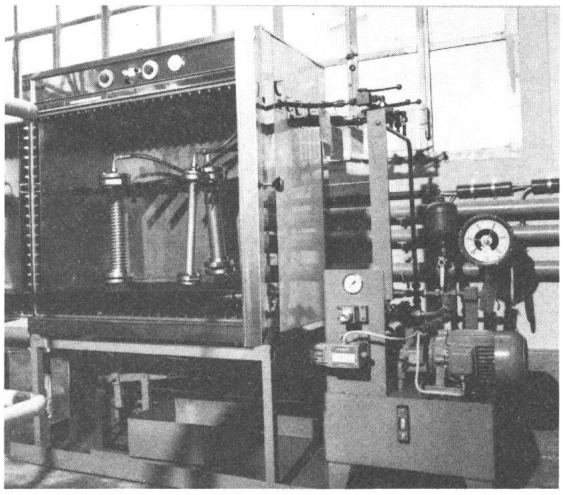

Fig. 3 Wechseldruckprüfung 5 bar/15 bar; 130 °C
Links Prüflinge im Wärmeschrank

Zur Gewährleistung der Betriebssicherheit werden am fertigen Kabel weitere, strenge Prüfungen durchgeführt. Von jeder Kabellänge werden je am Anfang und Ende etwa 2 m abgeschnitten und folgenden Prüfungen unterworfen:

a) Metallurgische Schliffe zur Sichtbarmachung der Nahtgeometrie und des Kristallgefüges.

b) Berstdruckprüfung: Eine über das Druckluftnetz angeschlossene Druckluftpumpe mit Übersetzung liefert den nötigen Wasserdruck für die Berstdruckprüfung. Bei einem Rohrdurchmesser von 70 mm liegt der Berstdruck bei etwa 45 bar. Normalerweise beträgt der Druck einer sich in Betrieb befindenden Ölkabelanlage < 10 bar. Er kann je nach Kabelverlegung im Extremfall bis zu 15 bar betragen. In jedem Fall besteht aufgrund dieser Prüfung eine dreifache Sicherheit. Wesentlich aussagekräftiger als die Berstdruckprüfung ist jedoch die Wechseldruckprüfung.

c) Wechseldruckprüfung: In Zyklen von ⅓ Hz wechselt der Druck zwischen dem unteren Einschaltdruck von 5 bar und dem oberen Ausschaltdruck von 15 bar, bei einer Prüftemperatur von 130 °C. Eine Zahnradpumpe liefert den nötigen Öldruck, der in einem Akkumulator gespeichert wird (Fig. 3). Über Leitungen können vier Prüflinge parallel an das Drucksystem angeschlossen und in einen Wärmeschrank gelegt werden. Mittels eines Kontaktmanometers wird ein Magnetventil gesteuert. Ein Mengenregler in Vor- und Rücklauf gestattet, die Strömungsgeschwindigkeit zu verändern. Druckanstiegs- und Druckentlastungszeit betragen je 1,5 s, entsprechend 28 800 Zyklen pro Tag. Die gemessenen Werte bis zum Bruch liegen bei > 60 000 Zyklen. Rechnet man bei einer Ölkabelanlage mit täglich 2 Druckwechseln, so ergibt dies eine theoretische Lebensdauer von über 80 Jahren. Dabei ist zu bedenken, dass der Betriebsdruck im Kabel bedeutend geringer ist und dass die maximale Manteltemperatur anstelle von 130 °C höchstens 80 °C erreicht.

Diese Versuche, wie auch eine Reihe von ausgeführten Ölkabelanlagen mit Wellmänteln aus Kupfer, zeigen, dass in mechanischer Hinsicht die Mantelkonstruktion einen sehr hohen Sicherheitsgrad bietet. Als weitere Vorteile von Kupfer sind die Korrosionsfestigkeit, die problemlose Montage von Muffen und Endverschlüssen und das geringere Gewicht gegenüber Blei hervorzuheben. Wegen der hohen Korrosionsfestigkeit genügt im Gegensatz zum Aluminiummantel ein Schutzmantel aus einem Polymer. Eine zusätzliche Korrosionsschutzschicht, welche die Wellen ausfüllt, kann, muss aber nicht angebracht werden. Die im Erdreich unvermeidlich auftretenden Probleme des elektrolytischen Abbaus der unedlen Metalle bestehen beim Kupfer nicht.

Bei der Montage lässt sich Kupfer zudem problemlos löten. Speziell geschultes Personal ist dabei nicht erforderlich.

Aufgrund all dieser Eigenschaften darf angenommen werden, dass Kupferwellmäntel in Zukunft auch bei Hochspannungs-Polymerkabeln vermehrt Anwendung finden werden.

Adresse des Autors
W. Hofmann, Dr. phil., Kabelwerke Brugg AG, 5200 Brugg.