Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

Band: 6 (1960)

Artikel: Ein neues Verfahren für die Verankerung von Vorspanngliedern

Autor: Macchi, Romualdo

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6989

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

IV a 3

Ein neues Verfahren für die Verankerung von Vorspanngliedern

A New Method for Anchoring Prestressing Members

Nouveau procédé pour l'ancrage des éléments de précontrainte

ROMUALDO MACCHI
Dott. Ing., Istituto Scienza delle Costruzioni, Università di Pisa

Bei modernen Konstruktionen, sowohl in Beton als auch in Stahl, wird mit stets größerem Erfolg die Vorspanntechnik angewendet, mit welcher technische und wirtschaftliche Probleme gelöst werden können, die mit den traditionellen Mitteln nicht zu lösen sind. Eine Notwendigkeit dieser Entwicklung ist, daß die Vorspannverfahren immer mehr den größeren Ansprüchen, sowohl in ökonomischer als auch in technischer Hinsicht, die der wachsende Fortschritt mit sich bringt, entsprechen.

Das hier besprochene Verfahren gehört zu jener Kategorie von Verankerungen, die einen beweglichen Ankerkörper verwenden, an welchem vorher die hochwertigen Stahldrähte angeschlossen werden. Die Vorteile des Verfahrens sind durch Einfachheit, Sicherheit, Geschwindigkeit und verminderte Raumbeanspruchung charakterisiert.

Bei der Verwirklichung dieses Verfahrens hat man darauf geachtet, daß in der Vorspanntechnik unbedingt hochwertige Stähle verwendet werden müssen. Dies wird gewöhnlich durch Kaltrecken erreicht, das dem Stahl die notwendige Widerstandskraft verleiht, aber gleichzeitig das spröde Verhalten und die Härte erhöht, was mit einer Verminderung der Geschmeidigkeit verbunden ist. Diese Erwägungen und die Notwendigkeit einer einfachen, sicheren und wenig Platz beanspruchenden Verankerung, bei der eine gleichmäßige Verteilung der Zugkraft auf die einzelnen Drähte des Vorspanngliedes garantiert wird, ließ einen neuen Kopf entstehen, der durch ein einfaches Kalt-Flach-Pressen hergestellt werden kann, bei welchem die Querschnittsfläche unverändert bleibt.

1. Die Verankerung der einzelnen Drähte am beweglichen Ankerkörper

Diese Verankerung erfolgt mittels speziellen Köpfen, die in eine Reihe Löcher mit schwach konischer Form in der Spannverankerung passen. Die Kopfform wird durch einfaches Kaltpressen erreicht und ist dadurch gekennzeichnet, daß zwei flache Matrizen, die sich in bezug auf die Drahtachse radial bewegen, Teile des Drahtmaterials zwingen, sich nach einer ideellen Kegelstumpffläche, die den Löchern im Ankerkörper entsprechen, anzuordnen. Die Form der eingedrückten Fläche ist durch eine Gleichung bestimmt. Diese verlangt die Unveränderlichkeit der Querschnitte des Kopfes, sei dies beim aktiven Teil oder bei der notwendigen Übergangspartie zum nicht deformierten Endteil. In der Folge sollen Anwendungen beschrieben werden.

Der Kontakt zwischen dem Drahtkopf und dem Gehäuseloch im Ankerkörper geschieht über die dem Kopf und dem Gehäuse gemeinsamen Bogenstücke, deren Kreismittelpunkt auf der Kegelstumpfachse liegen und deren Radien nach der Kegelform variieren. Die Gesamtheit dieser Bogenstücke liefert die Kontaktfläche zwischen dem Kopf und dem konischen Loch.

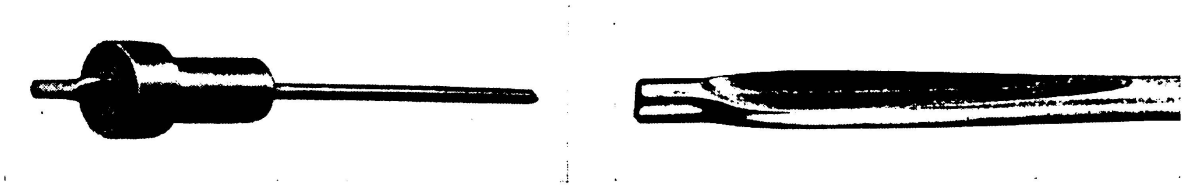


Fig. 1.

Fig. 1 zeigt die Verankerung eines einzelnen Drahtes. Eine wesentliche Tatsache ist, daß die Kontaktspannungen, die bei der Beanspruchung des Drahtes auf den Oberflächen des Kopfs und des Loches entstehen, entsprechend dem Reibungswinkel der beiden Materialien geneigt sind und daß sich dieser Winkel mit dem Anwachsen der Spannungen bis zu höchsten Werten steigert. Diese Tatsache gestattet eine Verankerung von Drähten, die große Kräfte aufweisen, ohne daß die Gefahr eines Nachgebens des Kopfes besteht.

In Fig. 2 sind zwei Gleichgewichtslagen dargestellt in bezug auf zwei verschiedene Werte der auf den Draht ausgeübten Zugkraft. Der Einfachheit halber wurde angenommen, daß die Reaktionen gleichmäßig verteilt seien und auf zwei Kräfte reduziert werden können. Es sei bemerkt, daß trotz einer Verdoppelung der Zugkraft die Komponente der normalen Spannung an der Kontaktoberfläche, dank der Zunahme des Reibungswinkels, in kleinerem Ausmaß zunimmt.

Eventuelle kleinere Fehler in der Form des Kopfes, die einen nicht perfekten Kontakt der beanspruchten Oberflächen und somit eine schädliche, schlechte Verteilung der Kontaktspannungen zur Folge hätten, sind praktisch belanglos, da das konische Loch im Ankerkörper, der aus Flußstahl besteht,

sich unter der Last deformiert, bis es sich der Form des bedeutend härteren Kopfes angepaßt hat.

Dieser Umstand erlaubt zudem eine Ausgleichung einer eventuell nicht gleichmäßigen Verteilung der Zugkraft infolge kleiner Unterschiede in den Drahtlängen. Dies ist hauptsächlich bei gekrümmten und kurzen Vorspanngliedern von Bedeutung. Keines der bis heute bekannten andern Verfahren erlaubt einen solchen Ausgleich.

Bei zahlreichen Versuchen, die vom Istituto di Scienza delle Costruzioni der Universität Pisa mit Drähten von 5 und 7 mm Durchmesser ausgeführt wurden, hat sich diese Verankerung bewährt. Obwohl die Drähte unter Wechsellast bis zum Bruch gezogen wurden, konnte nie ein Nachgeben des Kopfes festgestellt werden.

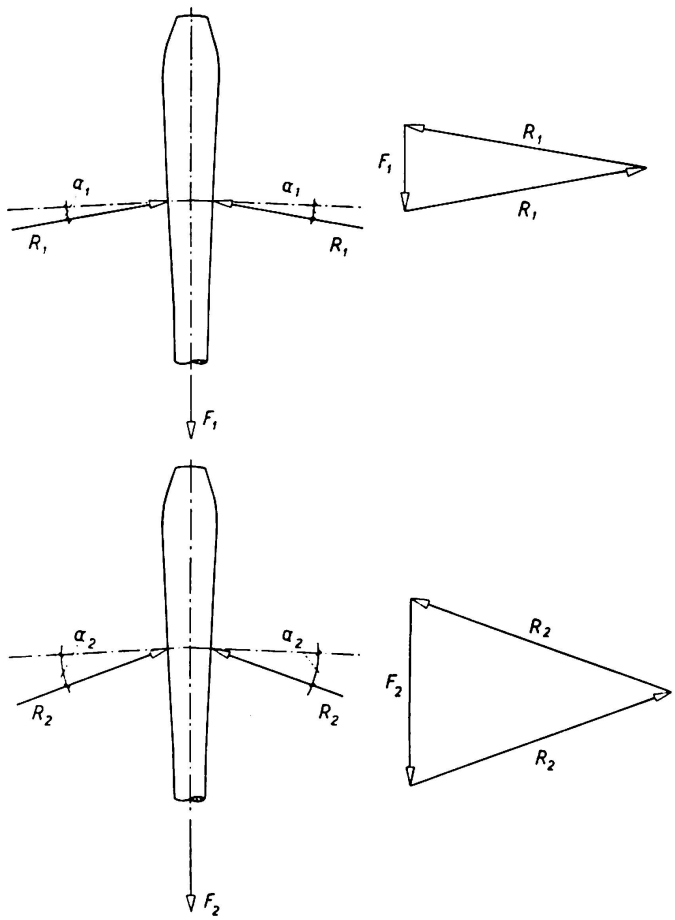


Fig. 2.

2. Herstellung des Kopfes

Das Flachdrücken des Kopfes wird kalt ausgeführt um die physikalischen und mechanischen Eigenschaften, die ein hochwertiger Stahl durch Strecken erhält, nicht merklich zu verändern. Diese Operation wird stufenweise ausgeführt, um dadurch einen langsamen plastischen Ausgleich des Materials zu

erhalten. Es wird so den länglichen Fibern, die den gestreckten Draht bilden, die Gelegenheit gegeben, ihre gegenseitige Lage zu ändern, ohne daß sie sich voneinander loslösen oder brechen. Dies verlangt, daß die Werkzeuge der Preßmaschine eine solche Form haben, daß eine Verschiebung des Materials in der Längsrichtung verunmöglicht wird.

Diese Tatsache hat neben einer verminderten Preßkraft eine reduzierte Beanspruchung des Materials zur Folge und dazu ändern sich die Eigenschaften des Stahles nicht wesentlich.

Es ist interessant zu bemerken, daß, wenn sich während dem Flachdrücken die Beanspruchung des Materials in den mehr deformierten Schnitten (am Kopfende) erhöht, sich die Zugkraft während der Verankerung in derselben Richtung (gegen das Kopfende hin) bis zum vollständigen Abklingen vermindert.

Um also die günstigsten Kurven, die den beweglichen Werkzeugen der Presse zugewiesen werden sollen, zu bestimmen, bringen wir den Kopf in ein 3-dimensionales Achsenkreuz x, y, z. Nachdem die konische Form, d. h. die Werte r_0, z_0 und r (siehe Fig. 3) festgesetzt wurden, liefert die Bedingung

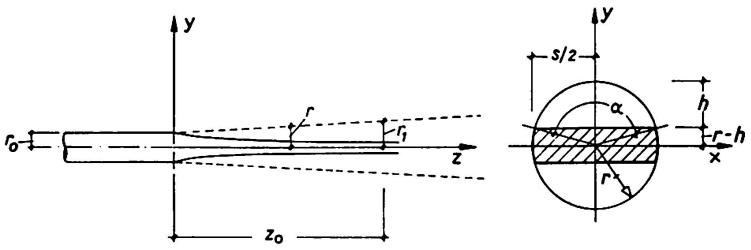


Fig. 3.

der Unveränderlichkeit der ursprünglich gegebenen Querschnittsfläche im Kopf die folgende Beziehung zwischen Winkel α und Radius r:

$$\pi r^2 - r^2(\alpha - \sin\alpha) - K = 0,$$

wobei r wiederum eine Funktion von z und durch die Beziehung $r = r_0 + \frac{r_1 - r_0}{z_0} \cdot z$ gegeben ist.

K ist gleich der ursprünglichen Querschnittsfläche des Drahtes. Wenn der Wert von α bestimmt ist, ist es ein Leichtes, den Wert von $r - h$ zu bestimmen. Dadurch erhält man die Kurve des beweglichen Profils der Presse.

Setzt man $\frac{\sin\alpha}{\alpha} = \rho$ und indem man in Reihen entwickelt und vereinfacht, wird:

$$\alpha(\rho - 1) + \left(\pi - \frac{K}{r^2}\right) = 0.$$

Beim Betrachten dieser Funktion sieht man, daß mit dem Anwachsen der Variablen z und somit auch der Variablen r der Winkel α gegen π und somit $r - h$ gegen Null strebt. D. h. die Kurve der beweglichen Teile der Presse ist asymptotisch zur z-Achse. In den Tabellen I und II sind Werte der Lösungs-

funktion für gegebene Werte der unabhängigen Variablen z, bzw. für Drähte von 5 und 7 mm Durchmesser wiedergegeben.

Wie Fig. 4 zeigt, hat der Kopf einen ca. 15 mm langen Fortsatz, der dem Material während dem Pressen einen gewissen Zusammenhalt gibt. Dieser Fortsatz ist auch in der Belastungsphase notwendig, da er ein Deformieren des Kopfes und damit ein zu steiles Abfallen der Spannung verhindert.

Tabelle I

$z_0 = 50$ mm, $r_0 = 2{,}6$ mm, $r_1 = 4{,}3$ mm				
z mm	r mm	a^0	s mm	h mm
1	2,53	20	0,87	0,04
0	2,60	66	2,83	0,40
2	2,67	79	3,39	0,60
5	2,77	91	3,95	0,83
10	2,94	105	4,66	1,15
15	3,11	116	5,27	1,46
20	3,28	124	5,79	1,74
25	3,45	130	6,25	1,99
30	3,62	135	6,68	2,23
35	3,79	139	7,09	2,46
40	3,96	143	7,51	2,70
45	4,13	146	7,89	2,92
50	4,30	149	8,28	3,15

Tabelle II

$z_0 = 50$ mm, $r_0 = 3{,}6$ mm, $r_1 = 6$ mm				
z mm	r mm	a^0	s mm	h mm
1	3,55	45	2,71	0,26
0	3,60	60	3,60	0,48
5	3,84	88	5,45	1,07
10	4,08	103	6,38	1,54
15	4,32	114	7,24	1,96
20	4,56	122	7,97	2,35
25	4,80	129	8,64	2,73
30	5,04	134	9,28	3,07
35	5,28	139	9,89	3,43
40	5,52	143	10,46	3,76
45	5,76	146	11,01	4,07
50	6,00	149	11,56	4,39

Der eben beschriebene Kopf ist eingehend studiert worden. Er kann kalt geformt werden, ohne daß die Gefahr von Rissen oder des Sprödwerdens besteht. Er kann bei allen Stahlstärken und -arten gebildet werden (auch für harmonischen Stahl mit Bruchspannungen $\sigma_r = 220$ kg/mm²).

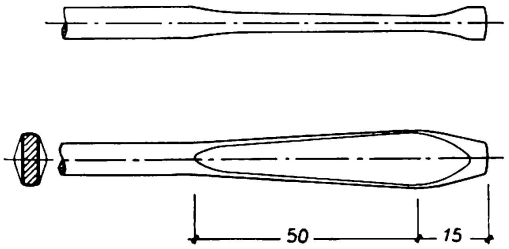


Fig. 4.

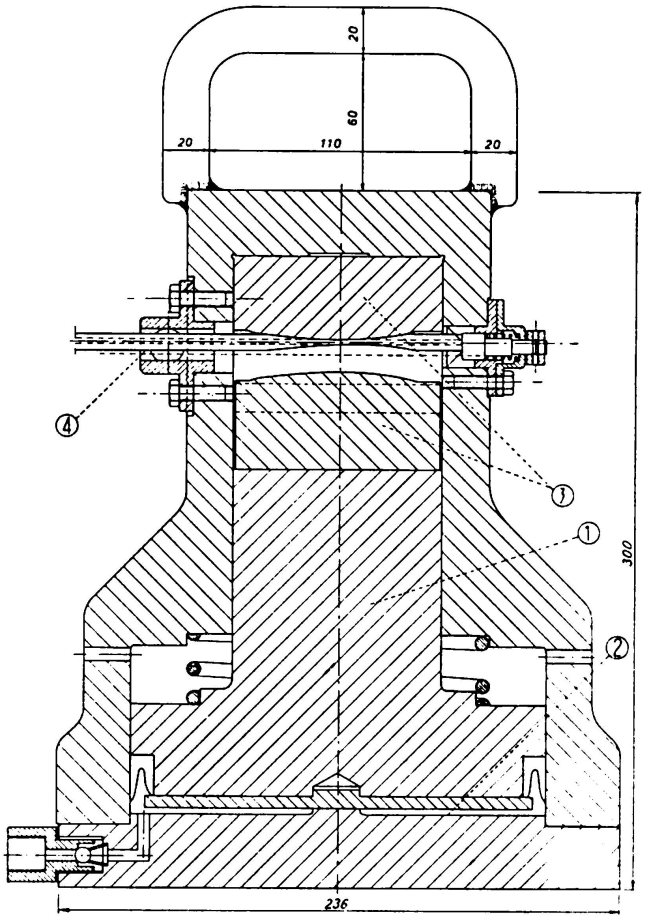


Fig. 5.

3. Die tragbare Presse (Fig. 5)

Sie besteht grundsätzlich aus zwei Teilen, einem festen äußern, zylinderförmigen Stahlgestell, in dem ein durch Öldruck angetriebener Kolben (1) läuft. Der nötige Öldruck in der Expansionskammer (2) wird durch eine elektrisch- oder handbetriebene Pumpe erreicht. Von den beiden, nach den tabellierten Werten und aus speziell gehärtetem und anglassenem Stahl hergestellten Werkzeugen (3) ist das eine mit dem untern Teil des Kolbens, das andere mit dem äußern Gehäuse verbunden. Zwischen die Werkzeuge sind zwei Halbplatten eingefügt, die die Querdeformation des Kopfes aufzunehmen haben. Das Ende des flachzudrückenden Drahtes wird durch ein Loch eingeführt (4). Sodann wird die Pumpe in Bewegung gesetzt, bis der gewünschte Druck erreicht wird. Wenn der Arbeitsgang beendet ist, drückt eine starke Feder den Kolben wieder in die Ausgangslage zurück.

Der für das Flachdrücken eines Drahtes von 7 mm Durchmesser benötigte Hub beträgt nur 4 mm. Es wird eine Druckkraft von 100 t benötigt. Die beiden Werkzeuge aus Spezialstahl und die zwei Halbplatten können leicht durch andere ausgewechselt werden. Es ist deshalb möglich, Köpfe aus Drähten von verschiedensten Durchmessern herzustellen.

Es ist interessant auf die große, praktische Anwendung hinzuweisen, welche

der Form des Kopfes zuzuschreiben ist. Sie erlaubt, die Drahtenden mit einer ganz gewöhnlichen Eisen-Schere abzuschneiden; es muß kein senkrechter Schnitt entstehen. Die Presse selbst nimmt einen sehr geringen Platz ein und ist äußerst einfach zu handhaben. Sie verlangt keine spezielle Behandlung und verbraucht bei Handantrieb keinen Strom; schließlich hat sie einen annehmbaren, niederen Preis.

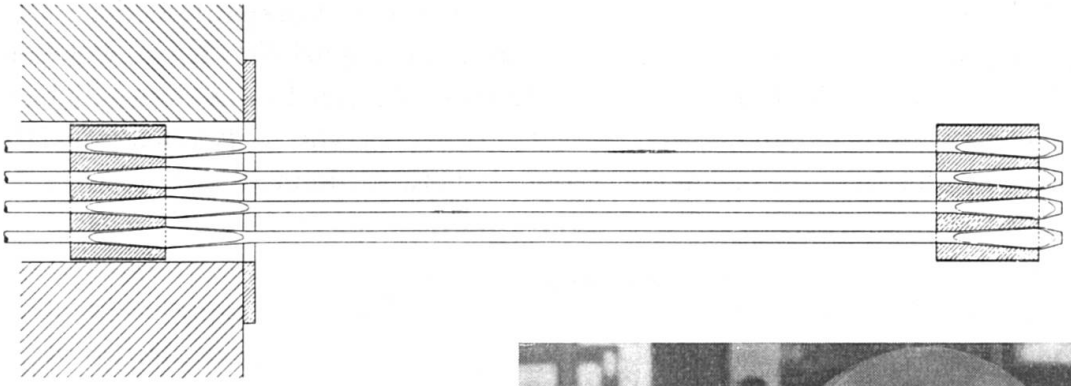
Damit die Arbeit tadellos gelingt, beträgt die Zeit des Flachdrückens ungefähr eine Minute. Es besteht jedoch die Möglichkeit an dieselbe Pumpe mehrere Pressen anzuschließen.

4. Anwendungen

Diese Verankerung eignet sich vorteilhaft für zwei Anwendungsarten:

a) Die Drähte werden am beweglichen Spannkörper verankert; dann wird dieser umklammert und damit die Drähte gespannt. Zuletzt wird der bewegliche Spannkörper am Bauwerk mittels eines Ringes verankert. In der Mitte des Kopfes ist eine Vorrichtung zum Befestigen der Spannungsstange angebracht (z. B. ein Loch).

Fig. 6 zeigt einen Verankerungskopf, bestehend aus 32 Drähten von 7 mm Durchmesser. Er ist berechnet für eine Zugkraft von 130 t mit einer Spannung



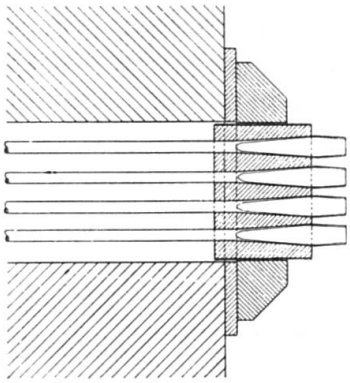


Fig. 7.

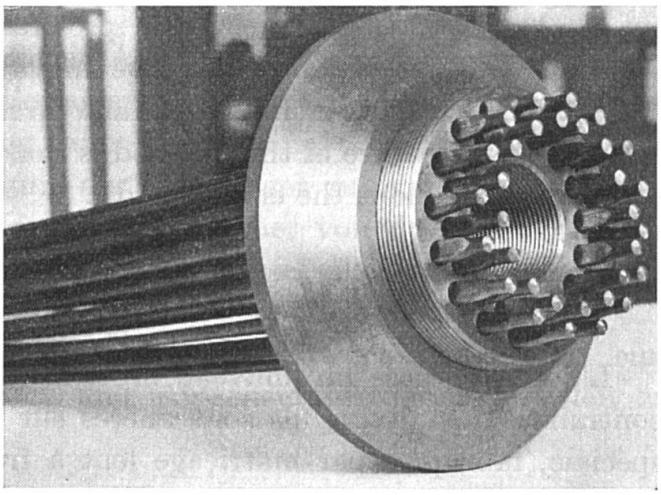


Fig. 6.

in den einzelnen Drähten von 105 kg/mm². Der äußere Durchmesser des Kopfes beträgt 130 mm.

b) Da die wesentlichen Eigenschaften des Kopfes in der Unveränderlichkeit des Querschnittes und im langsamen, plastischen Flachpressen des Materials bestehen, ist es möglich, zwei Köpfe auszuführen, einer an einer Zwischenstelle, z. B. 80 cm vom Drahtende, und ein anderer am Drahtende selbst (Fig. 7).

Es werden in diesem Fall zwei bewegliche Ankerkörper verwendet, einer für die Verankerung der Zwischenköpfe, der andere für die Endköpfe. Die Zugkraft wird nun am äußeren Ankerkörper angebracht; der Innere dient nur der Verankerung. Es wird dadurch Platz gespart, indem der Verankerungskörper keine Vorrichtung zum Anbringen der Spannstange braucht. Dadurch besteht die Möglichkeit ansehnliche Kräfte zu verankern, ohne daß die Ende der Träger durch zu große Löcher allzusehr geschwächt werden. Der äußere bewegliche Körper wird nach dem Spannen zurückgewonnen und kann wieder verwendet werden. Dies bewirkt eine Senkung der Kosten.

Abschließend ist zu sagen, daß diese Verankerungsart große Anwendungsmöglichkeiten besitzt. Sie gestattet, allen Bauanforderungen gerecht zu werden.

Zusammenfassung

Es wird ein neues Verfahren zur Verankerung von Vorspanngliedern beschrieben. Es werden die einzelnen Drähte durch einen speziellen Kopf, welcher durch ein langsames Kalt-Flachpressen hergestellt wird, am beweglichen Spannkörper verankert. Ein wesentliches Kennzeichen dieses Kopfes ist, daß die Querschnittsfläche auf der ganzen Länge konstant bleibt.

Summary

A new method for anchoring prestressing members is described. The separate wires are anchored to the movable tensioning head by means of special small heads which are manufactured by a slow cold-pressing process. An important feature of this method is that the transverse elongation remains constant throughout the entire length.

Résumé

L'auteur expose un nouveau procédé pour l'ancrage des éléments de précontrainte. Les divers fils sont ancrés sur la tête mobile à l'aide d'une tête spéciale, fabriquée par matriçage lent à froid. Cette tête présente en particulier cette caractéristique essentielle que l'aire de ses sections transversales reste constante sur toute la longueur.