

Historische Entwicklung von Spannbetonfertigdecken

■ Arnold Van Acker (†), Stef Maas

Die Idee, das Eigengewicht von Betonplatten zu reduzieren, indem man Hohlräume in der Mitte des Querschnitts anbringt, stammt vom Anfang des vorigen Jahrhunderts. Mehrere Erfinder aus verschiedenen Ländern meldeten Patente auf verschiedene Systeme an. Der vorliegende Artikel basiert hauptsächlich auf einer Analyse von Patenten, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts veröffentlicht wurden, sowie auf persönlichen Erfahrungen ab 1960. Patente bieten in der Regel eine komplexe Beschreibung von Erfindungen (Ansprüche). Die Geschichte der Spannbetonfertigdecken anhand dieser Patente zu rekonstruieren, ist eine mühsame, aber faszinierende Aufgabe. Dieser Artikel soll einen allgemeinen Überblick geben und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Es ist nicht immer klar, wie man zwischen „echten“ Spannbetonelementen und ähnlichen Arten von Decken wie Box-Decks, BubbleDecks, I-förmigen, aneinandergereihten kleinen Trägern usw. unterscheiden kann. Die Europäische Produktnorm EN 1168 [1] definiert eine Hohlkörperdecke als ein monolithisches vorgespanntes oder bewehrtes Element mit konstanter Stärke, das in einen oberen und einen unteren Flansch unterteilt ist, die durch vertikale Stege verbunden sind und somit Längshohlräume bilden, deren Querschnitt konstant ist und eine vertikale Symmetrieachse aufweist (Abb. 1). Der vorliegende Artikel befasst sich ausschließlich mit Hohlkörperdecken nach der Definition der EN 1168.

Systeme

Basierend auf den Patentanmeldungen können wir drei Hauptsysteme zur Herstellung von Hohlkörperdecken unterscheiden. Für jede Kategorie können Unterkategorien definiert werden:

1. Wetcast
 - 1.1. Permanente Hohlraumbildner
 - 1.2. Temporäre Hohlraumbildner
2. Gleitschalung
 - 2.1. Stampfen
 - 2.2. Vibrieren
3. Extrusion
 - 3.1. Verdichtung durch hochfrequente Vibration
 - 3.2. Scherververdichtung

Generell können diese Herstellungsverfahren sowohl für die Produktion von bewehrten Deckenplatten als auch für die Produktion von vorgespannten Deckenplatten verwendet werden. Sie bestehen meist aus normalem, dichtem Beton, aber es gibt auch Beispiele für Konstruktionsleichtbeton.

In den Anfangszeiten wurden Hohlkörperdecken entweder in einem Werk oder auf der Baustelle hergestellt. Oft wurden einzelne Schalungen verwendet und manchmal sogar Spannbahnen, jedoch nicht in kontinuierlicher Weise. Die Verdichtung des Betons erfolgte meist durch Stampfen des Frischbetons. Auch hier könnte eine Patentstudie mehr Aufschluss bringen. Das ist aber nicht das Hauptthema des vorliegenden Artikels.

Spezifische Eigenschaften von Spannbetonfertigdecken

Das charakteristischste Merkmal bei der Entwicklung von Spannbetonfertigdecken war, dass sie stark von den damals bestehenden Bemessungsprinzipien von Stahl- und Spannbeton abwichen, bei denen Druck durch Beton und Zug durch Bewehrung aufgenommen wird. In der Tat war die entwickelte Fertigungstechnik in den meisten Fällen nur unter den folgenden Bedingungen möglich:

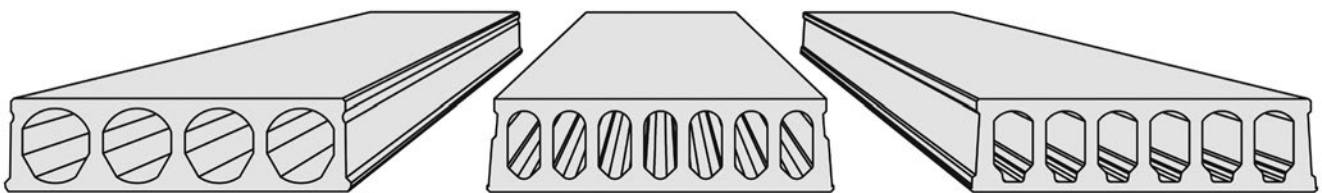


Abb. 1: Beispiele für typische Formen von Spannbetonfertigdecken



■ Arnold Van Acker (1936-2019), Belgien, M.Sc. in Bauingenieurwesen, Universität Gent, Belgien (1961). Herr Van Acker arbeitete über 50 Jahre in der Betonfertigteilindustrie, hauptsächlich in der Forschung und Entwicklung von Tragwerken aus Betonfertigteilen. Nach seiner Pensionierung im Jahr 2001 blieb er weiterhin sehr aktiv in der Vorfertigung, als Gastprofessor an zwei technischen Hochschulen in Belgien und als Experte für den belgischen Verband der Betonfertigteilindustrie FEBE. Außerdem war er seit 1978 Mitglied der Internationalen Vereinigung der Betonindustrie fib, Ausschuss für Vorfertigung, deren Vorsitzender er von 1986 bis 2002 war.



■ Stef Maas (Geschäftsführer des belgischen Betonfertigteilverbandes FEBE) hat einen Master of Science in Bauingenieurwesen des De Nayer Instituts der Hochschule Leuven, Belgien, und einen berufsbegleitenden Master in Bauingenieurwesen von der TU Delft, Niederlande. Er ist Gastprofessor an der Fakultät für Ingenieurtechnik an der Universität Hasselt in Belgien. Derzeit ist er Vorsitzender der fib-Kommission für Vorfertigung und leitet die Arbeitsgruppe „Spannbetonfertigdecken“. Er ist darüber hinaus Mitglied zahlreicher nationaler und internationaler Arbeitsgruppen für Standardisierung und Zertifizierung.

- Keine vertikale Stegverstärkung;
- Keine Querbewehrung an der Unterseite der Elemente;
- Nur Längsbewehrungsstäbe oder Spannglieder;
- Keine überstehende Bewehrung für Anschlüsse etc.

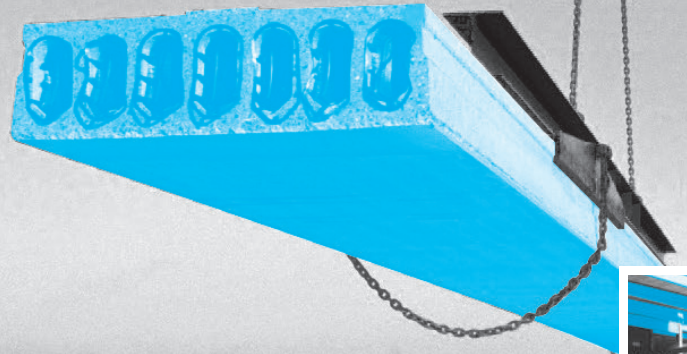
Infolgedessen musste die Zugtragfähigkeit des Betons bei der Konstruktion berücksichtigt und neue Techniken für Verbindungen entwickelt werden. Neu war dies vor allem im Hinblick auf die Kraftübertragung am Auflager, die Querkrafttragfähigkeit der Elemente, die Scheibenwirkung der Decken, die Querlastabtragung auf benachbarte Elemente, gelenkige (nicht starre) Auflager, Deckenöffnungen, Feuerbeständigkeit usw.

Im Hinblick auf Spannbetonfertigdecken spielte der fib-Ausschuss für Vorfertigung eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung des Aufbaus. Umfangreiche Forschungen und intensive Praxiserfahrungen aus aller Welt haben gezeigt, dass Spannbetonfertigdecken durchaus in der Lage sind, alle erforderlichen strukturellen Funktionen zu erfüllen, vorausgesetzt, einige elementare Konstruktionsprinzipien werden eingehalten. 1988 veröffentlichte der FIP-Ausschuss für Vorfertigung Empfehlungen für die Bemessung von Spannbetonfertigdecken. Sie wurden als Grundlage für nationale und internationale Normen verwendet, zum Beispiel für den Eurocode 2 und die europäische CEN-Produktnorm EN 1168. Eine aktualisierte Version der FIB-Empfehlungen 1988 wird noch in diesem Jahr veröffentlicht.

Historische Entwicklungen

Die heutigen Spannbetonfertigdecken sind das Ergebnis einer langen Entwicklungs- und Testphase. Neue Varianten von Spannbetonfertigdecken finden nach wie vor ihren Weg in den Markt (siehe z. B. Hohlkörperplatten für das Tunnelgewölbe auf der italienischen Autobahn A 4 am Eingang des Messegeländes in Mailand [2]). Mehr noch als die Spannbetonfertigdecke selbst unterliegen die Produktionsverfahren einer permanenten Optimierung.

Flexibilität pur.



Hohlplattenfertigung

PAUL liefert

- Spannanlagen inkl. Planung
- Spannverankerungen
- Spannmaschinen (Eindraht- und Bündelspannpresen)
- Litzenschiebe- und Schneidegeräte
- Spannautomaten für Bahnschwellen
- Spannausrüstungen für Brücken (Spannkabel und Schrägseile)

Kompetenz in Spannbeton-Technik. stressing.paul.eu

Paul at YouTube



stressing-channel.paul.eu

Max-Paul-Str. 1
88525 Dürmentingen
Germany
☎ +49 (0) 73 71 / 500 - 0
☎ +49 (0) 73 71 / 500 - 111
✉ stressing@paul.eu

Im Folgenden werden die historischen Entwicklungen nach den oben genannten drei Produktionssystemen eingeordnet.

Wetcast

Bei der Wetcast-Technik werden vorgeformte Kerne (Hohlraumbildner) verwendet, um die Längshohlräume zu realisieren. Sie werden vor dem Betonieren der Platte in die Schalung positioniert.

Wetcast mit permanenten Hohlraumbildnern

Wilhelm Siegler (Deutschland, 1906) kann wahrscheinlich die erste Anwendung von Längshohlraumbildnern in Betonplatten für sich beanspruchen [3]. Sein System zur Realisierung von Kernen basierte auf vorgefertigten kurzen Schalungsrohren in gehärtetem Mörtel oder einem anderen Material, die auf einer Halterung positioniert wurden (Abb. 2). Die Länge der Platten war frei wählbar. Die Rohre hatten an der Unterseite seitliche Laschen, die als Schalung für die Stege dienten. Sie wurden entweder durchgängig in Längsrichtung oder mit kurzen Zwischenabständen an bestimmten Stellen angebracht, um Querstege zu bilden. Die Längs- und Querstege wurden auf klassische Weise bewehrt.

In den folgenden zwei Jahrzehnten wurden mehrere Lösungen zur Bildung von Längshohlräumen in flachen Deckenplatten entwickelt. Eine Übersicht ist in Tabelle 1 dargestellt.

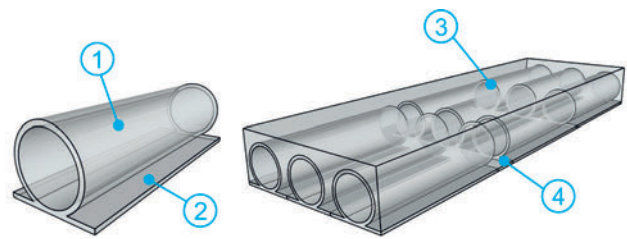
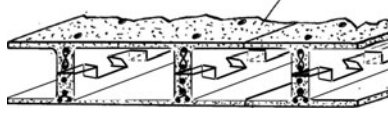
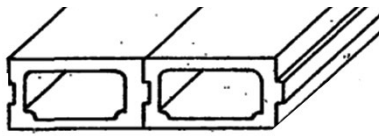
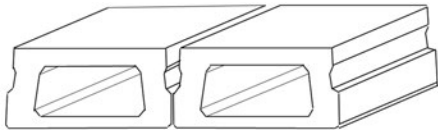
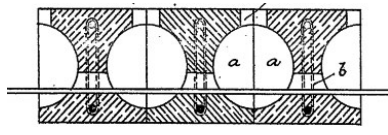
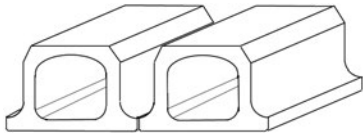
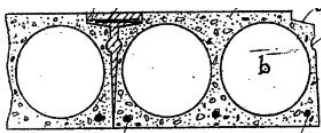


Abb. 2: Basis-Kerneinheit und Anwendung bei einer Deckenplatte; (1) kurzes Schalungsrohr, (2) seitliche Laschen, (3) Rohre, die in Längsrichtung aneinander anliegen, (4) Rohre, die in geringem Abstand angeordnet sind und Querstege bilden

Es könnte die Frage nach der Unterscheidung zwischen Hohlkörperelementen und Kastenelementen gestellt werden. Die obigen Varianten entsprechen noch der zuvor gegebenen Definition von Spannbetonfertigdecken, sind aber ab einer bestimmten Dicke als Kastenquerschnitte oder Balken zu klassifizieren. Übrigens beziehen sich die Erfinder der Lösungen aus Tabelle 1 in erster Linie auf Deckenplatten, obwohl sie in der Patentbeschreibung die Anwendbarkeit für Kasten-träger oder sogar Wände nicht ausschließen.

Heute ist diese Produktionstechnik eher selten, wird aber immer noch verwendet. Nach dem Betonieren einer unteren Schicht werden prismatische Hohlraumbildner, meist aus Polystyrol, eingebaut. Danach wird eine zweite Schicht betoniert, um die Stege und die oberste Schicht zu formen.

Tabelle 1: Unterschiedliche Formen zur Bildung von Hohlkörperelementen

1914	Belgien		A. Martens, Montierte TT-Elemente [4]
1916	Russland		N. Molotiloff, Ineinandergreifendes Nut-und-Feder-System ohne vergossene Fugen [5]
1919	Belgien		S. Moyse, Nebeneinander zu verlegende Stahlbetonelemente [6]
1921	Großbritannien		F. C. C. Rings, I-förmige Betonelemente, die nebeneinander verlegt werden, um eine Spannbetonfertigdecke zu bilden [7]
1926	Frankreich		E. Chaumeny, Nebeneinander gereiht Hohlkernträger [8]
1927	Frankreich		Gesellschaft für maschinelle Anwendungen von bewehrtem Zement, Kurz montierte Hohlkörperelemente [9]

Wetcast mit temporären Hohlraumbildnern

Im Jahr 1930 wird dem belgischen Erfinder Jules Heyneman ein Patent für eine vorgefertigte Deckenplatte mit Längshohlräumen erteilt [10]. Diese Hohlräume werden durch elastische Schalungen aus z. B. Stahl gebildet und durch Keile festgehalten. Wenn diese Keile entfernt werden, verringert sich der Querschnitt dieser Schalung, und die Schalung kann problemlos aus den Hohlräumen des Trägers entfernt werden. Leider enthalten die Zeichnungen des Patents keine Details zu diesen Hohlraumbildnern. Die Anzahl der Hohlräume im Querschnitt kann verändert werden. Die Deckenelemente wurden in Stahlbeton ausgeführt. Das Patent beschreibt hauptsächlich das Produkt selbst, ohne Details über die Herstellung. Die Längsfugen zwischen den Elementen sind eingerückt und mit quer verlaufenden Verstärkungsbügeln versehen. Sie wurden vor Ort mit Mörtel gefüllt.



Abb. 3: Querschnitt von Platten mit vier Hohlräumen [10]

Die Unannehmlichkeit der Lösung war natürlich die Schwäche der flexiblen Stahlrohre. 1939 wurde von Walter H. Cobi (US) eine Lösung mit pneumatisch dehnbaren und faltbaren Gummikernformen patentiert [11]. Abb. 4 zeigt einen Längs- und Querschnitt des Systems.

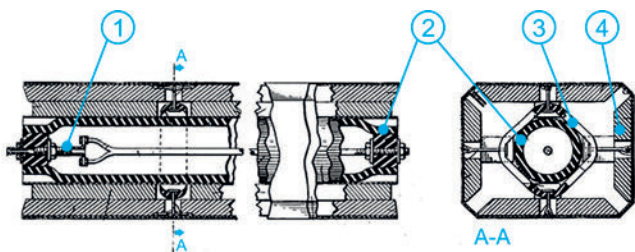


Abb. 4: Längs- und Querschnitt, der den Kern in aufgeklappter Position zeigt [11]; (1) Luftzufuhrschlauch, (2) Gummikonus, (3) Bänder zum Festhalten des Gummikerns, (4) Seitenteil zur Positionierung des Kerns

Danach wurden mehrere Variantenlösungen patentiert, sowohl in Bezug auf die Form und die Anzahl der Kerne als auch auf das Profil der Längsfugen.

Charles Lethbridge (GB) [12] stellte 1940 ein verbessertes Verfahren mit herausnehmbaren Stahlrohren mit gleichmäßigem Querschnitt vor, die sich in Längsrichtung durch die gesamte Schalung ziehen und in ihrer Form der Querschnittsform des Hohlkörperelements entsprechen. Nach der Positionierung der gewünschten Bewehrungsstäbe wurde betoniert und die Schalung als Ganzes gerüttelt. Gleichzeitig wurden die Kernrohre relativ zur Schalung leicht verschoben. Wenn der Beton ausreichend verdichtet war, um seine Form beizubehalten, wurden die Rohre über das Ende der Schalung he-

rausgezogen und der Beton härtete aus. Durch den Einsatz von Metallkernen mit glatter Oberfläche und deren ständige Bewegung wurde ein Anhaften des Betons an den Rohren verhindert und diese konnten problemlos entfernt werden. Vorzugsweise und der Einfachheit halber waren die Kernrohre von kreisförmigem Querschnitt, was eine Drehbewegung beim Betonieren ermöglichte.

In Frankreich meldete 1952 die Firma STUP Freyssinet [13] ein Patent für die Herstellung von vorgespannten Hohlkörperelementen auf langen Stahlbetten an. Die Erfindung war für Decken von Gebäuden gedacht. Die Einheiten waren aus Spannbeton, mit einer Länge, die der Deckenspannweite ohne Zwischenstützen entsprach, und einer variablen Breite in Abhängigkeit von der benötigten Plattendicke und den Möglichkeiten der Handhabung. Die Elemente hatten Längshohlräume mit kreisförmigem Querschnitt über die gesamte Länge. Die vertikalen Kanten wurden profiliert und nach der Montage mit Mörtel ausgefüllt, um die Übertragung der vertikalen Lasten von einem Element zum anderen zu ermöglichen. Die Elemente wurden in langen Stahlschalungen betoniert. Transversale Schalungsplatten können je nach benötigter Länge an beliebiger Stelle platziert werden. Die Längshohlräume wurden mit langen Schläuchen aus verstärktem Gummi geformt, die vor und während des Betonierens mit einer Flüssigkeit unter Druck aufgeblasen wurden. Nach der Verdichtung des Betons wurde der Druck abgelassen und die Schläuche entfernt.

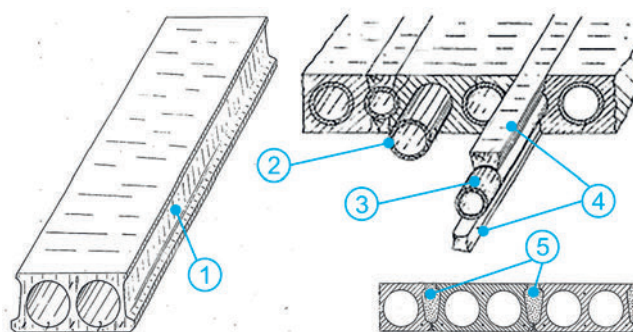


Abb. 5: Wetcast-Hohlkörperelemente mit herausnehmbaren, verstärkten Gummischläuchen [13]; (1) eingerücktes seitliches Fugenprofil, (2) Gummischläuche mit zentraler Leinenverstärkung, (3) kleinerer Schlauch für Fugenprofil, (4) oberes und unteres Schalungsprofil, (5) Stahlstab in Fuge

Gleitschalung

Die Gleitschalungstechnik ist gekennzeichnet durch eine bewegliche, profilierte Schalung (Form), in der betoniert und verdichtet wird. Im Allgemeinen wird ein Beton mit höherem Setzmaß verwendet.

Gleitschalung (Stampfen)

Im März 1931 meldete der Deutsche Wilhelm Schäfer [14] ein Patent zur Herstellung von bewehrten und vorgespannten Hohlkörperdecken auf langen Bahnen lagenweise überein-

ander an. Sein Ziel war es, ein bereits damals bestehendes Produktionssystem (Patent nicht vorhanden) zu verbessern, das auf einer Art Gleitschalungstechnik mit beweglichen Kernen und Seitenplatten basierte, bei der die verschiedenen Produktionsschritte nacheinander ausgeführt wurden. Sein Patent beschreibt, wie man die Produktion automatisch und kontinuierlich durchführen kann. Man könnte es als einen Vorläufer des Gleitschalungssystems betrachten. Patente wurden 1933 in Deutschland, in Großbritannien, in den USA und in der Schweiz erteilt.

Die Betoniermaschine war in einem beweglichen Gestell aufgehängt und enthielt kurze Folgerohre zur Ausfüllung der Stege zwischen den Hohlräumen. Alle Arbeitsschritte (z. B. Befüllen der Schalung, Stampfen des Betons, Herstellen der Hohlräume und Entfernen der seitlichen Plattenränder) erfolgten über die gesamte Bettlänge automatisch und ohne Unterbrechung. Die Maschine enthielt auch eine Vorrichtung zum Glätten der oberen Seite der Platte. Dann wurde ein Blatt Papier auf die fertige Lage gelegt, die Maschine in eine höhere Position gehoben und der Betonvorgang für die nächste Lage über der vorherigen wiederholt.

Der Beton wird in diesen Maschinen mit Hilfe von einzelnen Stößeln verdichtet, die den Beton stampfen. Daher nennen wir diese Gleitschalungsmethode „Stampfen“.

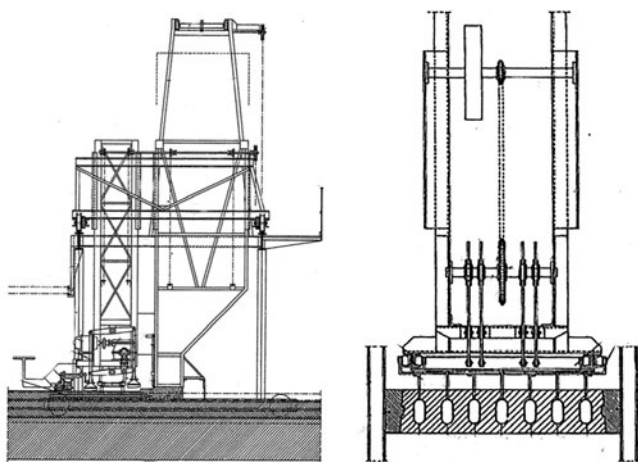


Abb. 6: Betoniermaschine hängend in einem beweglichen Portalrahmen, erfunden von William Schäfer [14]

Die amerikanische Firma Spancrete kaufte das Schäfer-Patent und begann um 1950 mit der Produktionstechnik von vorgespannten Hohlkörperelementen, bei der eine Reihe von Spannbahnen in Stapeln betoniert wurden, jede Bahn über der nächsten. Sobald die obere Platte eines Stapels ausgehärtet war, wurde eine Diamantscheibensäge auf diesen Stapel von Platten montiert, und Hohlkörperelemente wurden geschnitten und entfernt.

Wilhelm Schäfer erhielt 1951 ein Patent für Spannbetonfertigteile mit großer Spannweite [15]. Die Elemente hatten ein besonderes Längskantenprofil, das eine Schwalbenschwanz-

nut enthielt, und konnten mit einer Wärmedämmschicht an der Untersicht gefertigt werden. Die Herstellungstechnik wird im Patent nicht erwähnt, aber wir vermuten, dass es sich um die gleiche Gleitschalungstechnik handelt, wie oben beschrieben.

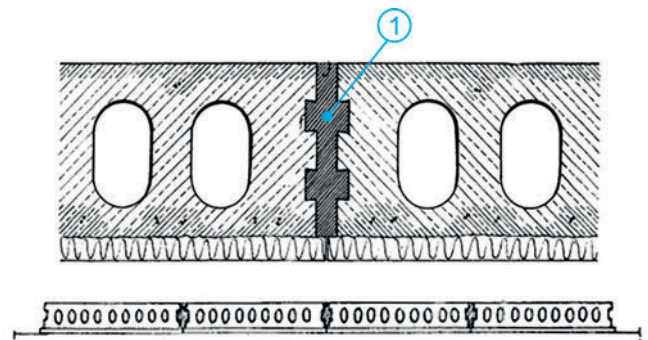


Abb. 7: Spannbetonfertigteilecke mit profilierten Längskanten [15]; (1) Schwalbenschwanzprofile

Gleitschalung (Vibrieren)

Die gängigste Art, Beton beim Gleitschalungsbau zu verdichten, ist das Vibrieren.

Im Jahr 1952 wurde den Gebrüdern Wacker (GE) ein Patent erteilt [16]. Inspiriert von einem Patent aus dem Jahr 1938, das ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Rohrleitungen beschreibt, entwickelte dieses Unternehmen ein Verfahren zum Formen und Verdichten von Beton in beweglichen Schalungen. Die Verdichtung wird durch Rütteln des Betons realisiert. 1953 meldete Max Gessner of Locham (München, GE) ein Patent [17] an, das sich mit Verdichtungsanlagen zur Herstellung von vorgespannten Trägern oder Bauelementen aus Stahlbeton befasste. Dieses 1957 erteilte Patent beschreibt die Verwendung einer vibrierenden Gleitschalungsmaschine auf einem einzelnen Betonierbett, was heutzutage die häufigste Konfiguration ist.

Die Ideen von Gessner wurden von den westdeutschen Firmen Max Roth KG und Weiler KG weiterentwickelt.

1957 meldete die Weiler GmbH (GE) ein Patent für eine von Hans Geiger erfundene Gleitschalungsmaschine an [18]. Geiger ließ sich ebenfalls von den Gebrüdern Wacker inspirieren und entwickelte ein Herstellungsverfahren für vorgespannte T- und Doppel-T-Träger. Die Methode war auch für Hohlkörperelemente anwendbar. Die Maschine bestand aus zwei miteinander verbundenen Teilen, die jeweils einen Trichter, Rüttelplatten und Nivellierplatten hatten. Das Betonieren erfolgte in zwei Schritten: Im ersten Schritt wurde der untere Teil der Einheit betoniert, verdichtet und nivelliert; im zweiten Schritt wurde der obere Teil auf ähnliche Weise betoniert. Die von Geiger vorgestellte Maschine ist den heute existierenden Gleitschalungsmaschinen sehr ähnlich. Weiler entwickelte die Maschine für die Produktion von Spannbetonfertigteilen weiter und vermarkte die komplette Fertigung inklusive Maschinen und Betonierbetten. Die Weiler GmbH ist heute als Maxtruder GmbH bekannt.

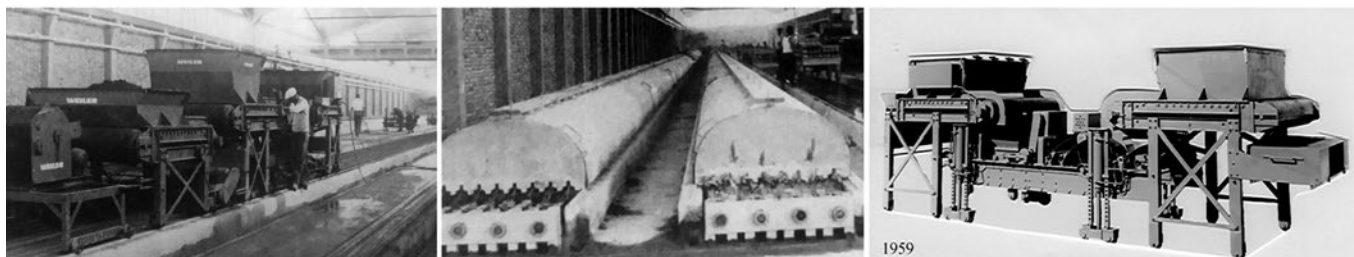


Abb. 8: Beispiel für die Herstellung von Spannbetonfertigdecken auf langen Spannbahnen, im Werk von RDB in Piacenza, Italien, unter der Lizenz von Weiler, Deutschland [18]

Auch Max Roth aus Deutschland entwickelte um diese Zeit eine Gleitschalungsmaschine für Spannbetonfertigdecken. Im Jahr 1962 meldete das Unternehmen ein Patent an [19] (erteilt 1965). Bereits Mitte der fünfziger Jahre entwickelte das Unternehmen eine Gleitschalungsmaschine für die Herstellung von T- und L-Trägern. Dieses Patent dokumentiert eine Gleitschalungsmaschine, bei der in drei Schichten betoniert und verdichtet wird. Später bezogen sich auch andere Firmen (Spiroll Corp Ltd, Span Deck Inc., VBI Development, Elematic Oy AB,...) in ihren Patentanmeldungen auf dieses Patent.

Die Firma Echo in Belgien begann 1963 mit der Produktion von Spannbetonfertigdecken mit einer Roth-Maschine. Nach einer kurzen Zeit des Experimentierens entwickelte Echo seine eigenen Produktionsmaschinen. Diese Tätigkeit führte 1990 zu einer eigenständigen Tochtergesellschaft Echo Engineering. Echo Engineering gehört jetzt zur Progress Group und heißt Echo Precast Engineering.

1965 erhielt David Dodd ein US-Patent für eine Gleitschalungsmaschine mit nur einem Trichter, bei der die gesamte Platte in einem Schritt betoniert wurde [20]. Er beschrieb es als eine selbstfahrende Gleitschalungsmaschine vom Typ Extrusion, die für den Einsatz mit relativ trockenen Betonmischungen geeignet ist.

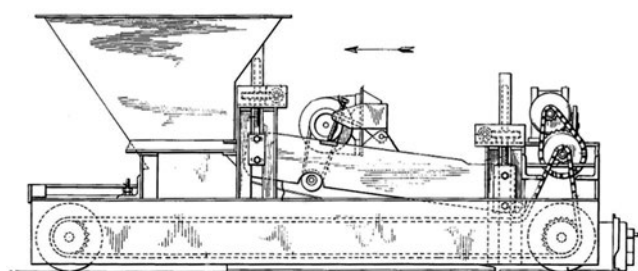


Abb. 9: In einem Schritt arbeitende Gleitschalungsmaschine zum Betonieren von Spannbetonfertigdecken [20]

Eine weitere Verfahrensvariante der klassischen Gleitschalungsmaschine betrifft die Tensyländ-Fließformmaschine mit nur einem Trichter [21]. Der Fließformer nutzt nur das Eigengewicht einer Betonsäule in der Betoniermaschine in Kombination mit einer Vibration, die zum Verdichten der Zuschläge erforderlich ist, so dass der Beton durch eine feststehende Schalung gedrückt wird.

Mit Gleitschalungsmaschinen werden hohe Spannbetonfertigdecken betonierte, die weit über den Rahmen der Norm EN 1168 hinausgehen. Die italienische Firma Nordimpianti, die seit 1974 auf den Bau von Gleitschalungsmaschinen spezialisiert ist, vermarktet Maschinen, die Elemente mit einem Meter Höhe herstellen können. Diese Kategorie von Elementen ist nicht Umfang dieses Artikels.

Extrusion

Bei der Extrusionstechnik wird ein Beton mit sehr niedrigem Setzmaß mit Hilfe von Schnecken in eine Formkammer gepresst, die den Beton in den gewünschten Querschnitt formt. Der Beton wird durch Rütteln in Kombination mit Druck verdichtet. Der von den Schnecken verursachte Druck führt zur Vorwärtsbewegung des Extruders.

Bereits 1912 meldete der italienische Erfinder Achille Gaiba ein Patent für seine Maschine zur Herstellung von fortlaufend bewehrten Produkten an, bei der die Formgebung und Verdichtung des Produktes nur durch Druck einer plastischen Betonmischung in eine Formkammer, ohne zusätzliches Rütteln, realisiert wurde [22]. Er bezieht sich eindeutig auf die Herstellung von Wasserrohren, aber das Patent ist nicht nur auf Rohre beschränkt.

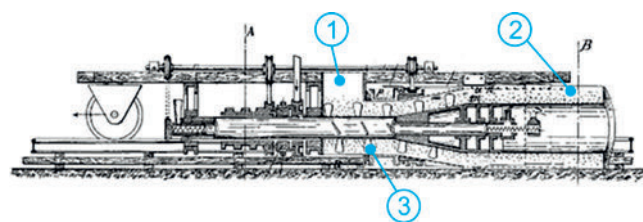


Abb. 10: Von Gaiba erfundene Maschine zur Herstellung von Wasserrohren [22]; (1) Fülltrichter, (2) Formkammer, (3) Drehachse mit Druckflügeln

Der vom Trichter eingebrachte Frischbeton wurde durch eine mehrblättrige Schraube zur Öffnung und weiter in die Formkammer geschoben. Auf diese Weise wurde der Beton mit einem hohen Druck beaufschlagt und füllte die Schalung ohne weiteres Rütteln.

Eine weitere Anwendung der Betonverdichtung durch Druck ohne Rütteln stammt von John Murray US aus dem Jahr 1928 [23]. Das Verfahren und die Vorrichtung konnten zum Formen

von kontinuierlichen Kanälen verwendet werden, bei denen plastischer Beton durch Druck in eine allmählich bewegliche Form gepresst wurde. Seine Erfindung zielte speziell auf die Realisierung von unterirdischen Kanälen, die eine Vielzahl von Durchlässen zur Führung von elektrischen Kabeln aufweisen. 40 Jahre später bezog sich Glenn Booth von der Spiroll Corporation in seinem Patent von 1966 auf dieses Dokument [25].

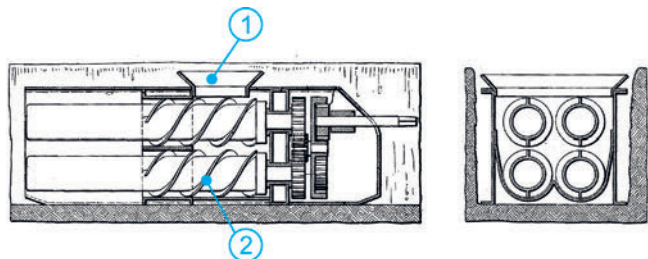


Abb. 11: Vorrichtung zum Formen von kontinuierlichen Kanälen, indem Beton durch Rotation der Kerne in Formkammern gepresst wird [23]; (1) Fülltrichter, (2) Kerne, die mit kontinuierlichen schraubenförmigen Schaufeln umgeben sind

Extrusion mit Hochfrequenzrüttler

Im Juli 1961 wurde in Kanada ein Patent an Ellis und Thorsteinson für eine Maschine zur Extrusion von Hohlkörpern aus Beton erteilt [24]. Das Patent beschreibt einen Extruder. Der Extruder wurde als eine Verbesserung der damals am häufigsten verwendeten Verfahren, nämlich Schalungen mit aufblasbaren Kernen, vorgestellt.

Das Verfahren spezifiziert das Formen von Betonplatten mit langen Löchern auf einer ausfahrbaren Unterlagsplatte, indem der Beton mittels einer Schnecke durch ein Formteil gepresst wird. Die Verdichtung des Betons erfolgt mit einem Rüttler oben im Schalungsbereich.

Etwa zur gleichen Zeit entwickelte eine andere kanadische Firma, Dy-Core, ebenfalls eine Extrusionsmaschine.

In seinem Patent von 1965 [25] meldet Glen Booth, Spiroll Corporation Kanada, mehrere Verbesserungen der im Patent von 1961 [24] beschriebenen Geräte an. Konkret geht es um den Einbau einer separaten Rüttlerbaugruppe in jeder Schnecke, die die Fließeigenschaften des Betons während der Formung des Produkts verbessert, Lunkerbildung reduziert und eine glatte, ununterbrochene Außenfläche des geformten Produkts gewährleistet. Eine weitere Verbesserung war der Einsatz von neuartigen Formstücken, die das untere Segment jeder der Schneckenbaugruppen über einen Teil ihrer Länge umgeben und so die Formung der Wände des Produkts, insbesondere der oberen und seitlichen Wände, unterstützt.

Die ersten extrudierten Einheiten hatten eine Dicke von 200 und 265 mm und eine Breite von 1.200 mm. Die Kerne waren kreisförmig, und die Platten bestanden aus Normalbeton mit einer Dichte bis zu etwa 2.500 kg/m³ und einer Würfeldruckfestigkeit bis zu 60 N/mm².

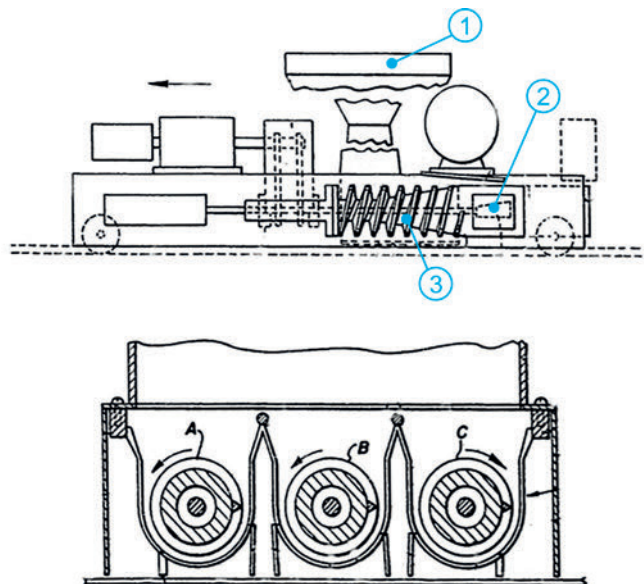


Abb. 12: Extrusionsmaschine für Spannbetonfertigdecken [25]; (1) Fülltrichter, (2) Rüttler in der Schnecke, (3) Schnecke

Einige Betonfertigteilhersteller verwendeten auch Konstruktionsleichtbeton für Spannbetonfertigdecken. In Belgien entfiel etwa die Hälfte der Produktion von Ergon auf Leichtbeton mit einer Dichte von 1.800 kg/m³ und einer Druckfestigkeit von 45 N/mm². In Italien arbeitete Vibrosud auch mit einem Leichtbeton, Dichte 1.800 kg/m³ und einer Würfeldruckfestigkeit bis 50 N/mm².

Anfänglich wurden die Spiroll-Maschinen auf Basis einer regionalen Herstellereinschließung verkauft, für die eine jährliche Gebühr pro produziertem Quadratmeter Platte zu entrichten war.

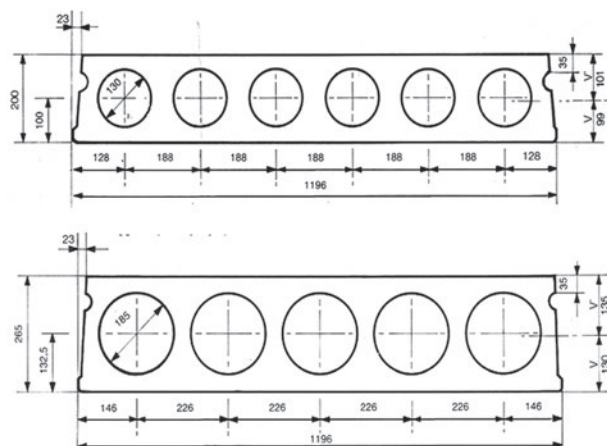


Abb. 13: Querschnitte von Spiroll-Hohlkörperelementen bei Ergon im Jahr 1970

1969 wurde die Variax-Version der Extrusionsmaschinen für vorgespannte Hohlkörperelemente in Finnland von TTV, einem privaten Bauunternehmen, entwickelt. Nach mehreren Fusionen und Übernahmen wurde Elematic Engineering Ltd zum finnischen Weltmarktführer bei der Vermarktung und

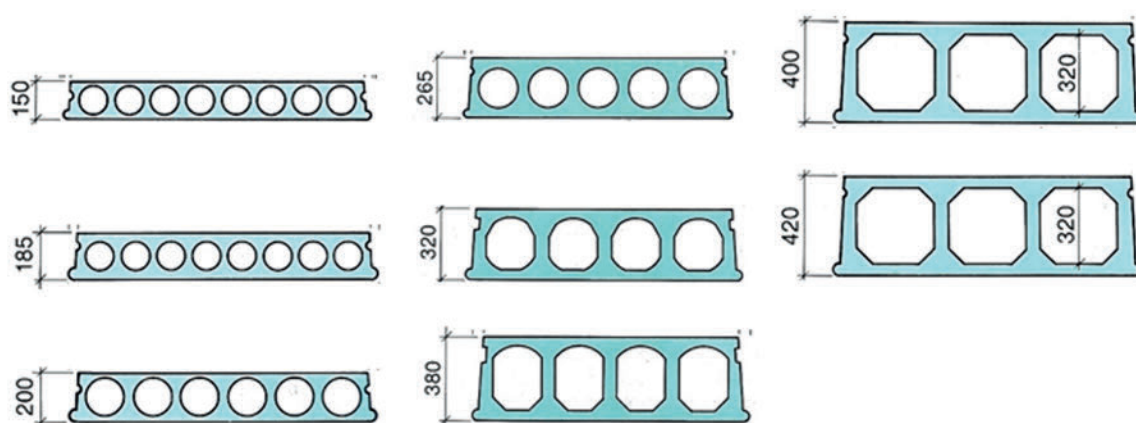


Abb. 14: Extrudierte Platten in Schweden im Jahr 1984

Konstruktion der Variax-Technologie. Später wurden in Finnland weitere Unternehmen gegründet, die Extrusionsmaschinen herstellen.

Ende der 1960er Jahre wurde die extrudierte Spannbetonfertigdecke auf dem schwedischen Markt eingeführt, und in den nächsten Jahrzehnten folgten mehrere europäische Hersteller, z. B. in Finnland, Norwegen, Dänemark, Belgien, Holland, Frankreich, Italien, Spanien, etc. Im Jahr 1984 erwarb Elematic die Firma Dy-Core und 1996 die Firma Roth.

Extrusion mit Scherververdichtung

Die ersten Extrusionsmaschinen waren sehr laut (85 dB in der Nähe der Maschine). 1984 entwickelte Elematic die so genannte Scherververdichtungstechnik, bei der anstelle von Hochfrequenzrüttler im Inneren der Schnecken der Beton durch eine Stampfbewegung von Schnecken und Seitenschalungen verdichtet wird. Die Maschinen sind deutlich leiser und produzieren ein gutes Produktprofil. Abb. 14 zeigt Querschnittstypen von Spannbetonfertigdecken, die 1984 in Schweden verwendet wurden.

ALL IN PRECAST PRECAST ALL IN

Steffen Schmitt
Senior Sales Manager



Schalungs-Konfigurator:
Einfach und schnell zu Ihrem Angebot!

MADE IN GERMANY
**ENGINEERING
YOUR
SUCCESS**



Als führender Know-how-Partner bieten wir individuell zugeschnittene Anlagen- und Maschinenlösungen für die moderne Betonfertigteilproduktion. Alles, was Sie für eine gewinnbringende Investition benötigen. Made in Germany. Seit 1925.

www.vollert.de | precast@vollert.de | www.youtube.com/vollertprecast

Vollert

Abschließende Bemerkungen

Spannbetonfertigdecken werden in vielen Ländern intensiv genutzt. Sie bieten erheblichen Spielraum für neue Anforderungen im Bereich des zukünftigen Bauens: Statische Effizienz, große Spannweiten bis über 20 m in Kombination mit geringeren Baustärken, reduzierter Material-, Energie- und Abfalleinsatz bei der Produktion, halbautomatische Fertigung, etc.

Die Herausforderungen für den Bausektor in den hochindustrialisierten westeuropäischen Ländern für die kommenden Jahrzehnte sind die Verknappung von Arbeitskräften und Rohstoffen, der sparsame Umgang mit Energie sowohl für die Produktion als auch für die Beheizung/Kühlung von Gebäuden, die bauliche Effizienz und die umweltfreundlichere Bauweise. Der Wettbewerb und das gesellschaftliche Umfeld zwingen die Branche, durch Entwicklung und Innovation von Produkten, Systemen und Prozessen kontinuierlich nach einer Verbesserung der Effizienz und der Arbeitsbedingungen zu streben. Vorgefertigte Hohlkörperelemente eignen sich in diesem Zusammenhang sehr gut. Es wird erwartet, dass sich das System bei komplexeren Einbindungen von Bautechniken und Anwendungen in Tief- und Hochbauprojekten weiterentwickeln wird.

Über diesen Artikel

Arnold Van Acker (1936-2019) hat sein Berufsleben hauptsächlich der Forschung und Entwicklung von Betonfertigteilen und -konstruktionen gewidmet. Er war ein passionierter Förderer von Betonfertigteilen. Arnold Van Acker legte großen Wert auf die Verbreitung von Wissen und war ein sehr geschätzter Redner bei ICCX-Veranstaltungen. Er schrieb auch viele Artikel für die Zeitschrift BWI. Ein Artikel blieb unvollendet auf seinem Schreibtisch liegen, als er 2019 verstarb: die Historie von Spannbetonfertigdecken. Arnold Van Acker schrieb diesen Artikel im Anschluss an eine Patentstudie von Stef Maas. Dieser hat nun den Artikel fertiggestellt, ohne die ursprüngliche Struktur und den Inhalt zu verändern.

Die Geschichte der Fertigteildecken

Dieser Artikel erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, aber er ist ein guter Anfang für eine mögliche Artikelserie, die auch andere Erfahrungen von Menschen einbezieht, die in der „Decken“-Branche tätig sind. Wenn Sie weitere Informationen (Patente, Artikel, Bilder, Interviews,...) über Betonfertigteildecken (Hohlkerndecken, Träger- und Block-Decken, Halbfertigteildecken) sowie deren Produktionsanlagen haben, können Sie diese gerne an h.karutz@cpi-worldwide.com oder stef.maas@febe.be senden.

Literatur

- [1] Precast Concrete Products - Hollow Core Slabs, NBN EN 1168: 2005 + A3:2011, 2011
- [2] B. Della Bella, „Innovative precast technology for tunnelling with prestressed precast concrete slabs“, Archives of CPI, no. 5, pp. 176-180, 2017
- [3] W. Siegler [Germany], „Plafond en ciment armé sans enduit“, France Patent FR365548A, Sep. 10, 1906
- [4] A. Martens [Belgium], „Planchers, poutres et plafonds en béton armé, placés sans échafaudages“, France Patent FR468929A, Jul. 20, 1914
- [5] N. Molotiloff [Russia], „Detachable Reinforced Concrete Flooring“, Great-Britain Patent GB191513497A, Apr. 13, 1916
- [6] S. Moyse [Belgium], „Improvements in Reinforced Concrete Beams, Floors, Walls and the like“, Great-Britain Patent GB120394A, Oct. 2, 1919
- [7] F.C.C. Rings [GB], „Improvements in reinforced concrete beam floors“, Great-Britain Patent GB156973A, Jan. 20, 1921
- [8] E. Chaumeny [France], „Plancher en ciment armé“, France Patent FR618750A, Mar. 18, 1927
- [9] Société Des Applications Mécaniques Du Ciment Armé, „Poutres en béton armé et dispositif d'assemblage de ces poutres entre elles pour former un ensemble monolithe“, France Patent FR619622A, Apr. 6, 1927
- [10] J. Heyneman [Belgium], „Plancher en béton armé“, France Patent FR681074A, May 9, 1930
- [11] W. Cobi [USA], „Collapsible core“, United States Patent US2170188A, Aug 22, 1939
- [12] C. Lethbridge [Ireland], „Improvements in and relating to the construction of reinforced concrete floor members, beams, and the like“, UK Patent GB521785A, May 30, 1940
- [13] A. Durant [France], „Planchers pour bâtiments et leurs procédés de réalisation“, France Patent FR1005129A, Mar. 20, 1952
- [14] W. Schäfer [Germany], „Vorrichtung zum Herstellen von Betonplatten aller Art“, Germany Patent DE581572C, Sep. 16, 1933
- [15] W. Schäfer [Germany], „Plattendecke aus großformatigen Hohlplatten“, Germany Patent DE813198C, Sep. 10, 1951
- [16] Wacker Gebrüder [Germany], „Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Formstücken aus Beton und ähnlichen Massen“, Germany Patent DE859724C, Dec. 15, 1952
- [17] M. Gessner [Germany], „Verdichtungsgerät zum Herstellen von vorgespannten Trägern oder Bauelementen aus Stahlbeton“, Germany Patent DE1008180B, May 9, 1957
- [18] H. Geiger [Germany], „Gleitschalung zum Herstellen von Betonträgern mit vorgespannten Stahldrähten“, Germany Patent DE1084186B, Jun. 23, 1960
- [19] W. Roth [Germany], „Concrete making machine“, United States Patent US3177552A, Apr. 13, 1965
- [20] D. H. Dodd [US], „Conduit forming apparatus and process: Method of forming concrete articles and slip forming machine therefor“, United States Patent US3200177A, Aug. 10, 1965
- [21] Prensoland sa, „100.000 m² of hollowcore slabs produced with flow former machines“, Archives of CPI, no. 3, pp. 236-237, 2017
- [22] A. Gaiba [Italy], „Machine pour construire des corps longs, tels que tuyaux, poteaux, etc., en matériaux à l'état pâteux, et pour les armer avec des fils métalliques“, France Patent FR449553A, Mar. 3, 1913
- [23] J. Murray [US], „Conduit forming apparatus and process“, United States Patent US1887244A, Nov. 8, 1932
- [24] F.G. Ellis, M.A. Thorsteinson, „machine for extruding hollow cored concrete sections“, Canada Patent CA623476A, Jul. 11, 1961
- [25] G. Booth [Canada], „A machine for extruding a hollow cored concrete product“, Great-Britain Patent GB994578A, Jun. 10, 1965