

International Conference on  
**COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING**  
Internationale Konferenz über  
**RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME**  
Zakopane, March 24-27 1992

Zdenko KRAJNÝ, Alexander GERTHOFFER, Martin HALAJ

Maschinenbau Fakultät  
Slowakische Technische Universität, Bratislava,  
Tschechoslowakei

#### **KONSTRUKTION DER HOCHDRUCKHYDRAULISCHEN ANLAGE FÜR WASSERSTRAHLDÜSENSCHNEIDEN**

**Zusammenfassung.** In diesem Beitrag werden kurz die Funktionsprinzipie des gesamten Systems der Hochdruckwasserübersetzerpumpe und der Druckübersetzer beschrieben. Ausführlicher werden danach die Anforderungen an die Dichtungseigenschaften und ihre Konstruktion besprochen.

#### **1. Funktionsprinzip einer Hochdruckwasserübersetzerpumpe**

Der wesentliche Bauteil jeder Hochdruckwasserübersetzerpumpe (Bild 1) ist der Druckübersetzer.

Der Niederdruckteil des Druckübersetzers wird durch eine einstellbare Axial- oder Radialkolbenpumpe mit dem Hydrauliköl anschließen. Dabei wird über steuerbare Wegeventile das Öl jeweils auf eine Seite des doppelwirkenden Kolbens geleitet, um ihn vor- und zurückzubewegen. Dieser Kolben treibt die mit ihm verbundenen Plunger an, die das Schneidwasser auf den gewünschten Betriebsdruck pumpen. Der Druck des Schneidwassers wird durch das Flächenverhältnis zwischen Niederdruck- und Hochdruckseite, das sogenannte Übersetzungsverhältnis, bestimmt. Das typische Übersetzungsverhältnis eines Druckübersetzers beträgt 20:1 [1]. Rückschlagventile kontrollieren den Schneidwasserzulauf und die Weiterleitung des Hochdruckwassers.

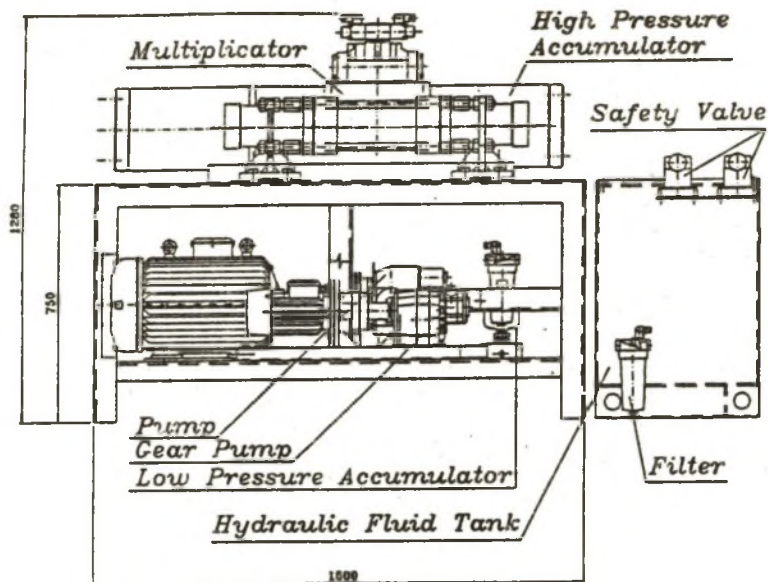


Bild 1. Konstruktionsschema des Hochdruckwasserübersetzerpumpe

Der benötigte Schneidwasserbetriebsdruck wird über das Übersetzungsverhältnis durch den einstellbaren Druck des Hydrauliksystems bestimmt. Das auf den gewünschten Betriebsdruck gepumpte Schneidwasser wird zu dem einzelnen Schneidstisch weitergeleitet (Bild 2). Hierbei durchströmt es eine großflächige Filterkerze, um Abriesteilchen aus dem Druckübersetzer herauszufiltern. Diese Filterkerze ist in einer erweiterten Stelle der Rohrleitung untergebracht mit der Nebenwirkung einer Pulsationsdämpfung des strömenden Schneidwassers, das durch die Bewegung des zweiseitig wirkenden Druckübersetzers zu Pulsationen angeregt wird. Dieses Filtergehäuse kann ebenso wie das Hydrauliksystem mit Elektromotor, Ölbehälter, Steuerung und Druckübersetzer bei serienmäßigen Hochdruckwasserpumpen (Bild 1) in einem kompakten, z.B. schallisolierten Gehäuse untergebracht werden [2].

Aus Eingang folgt daß der wesentliche Bauteil einer jeden Hochdruckwasserübersetzerpumpe der Druckübersetzer ist.

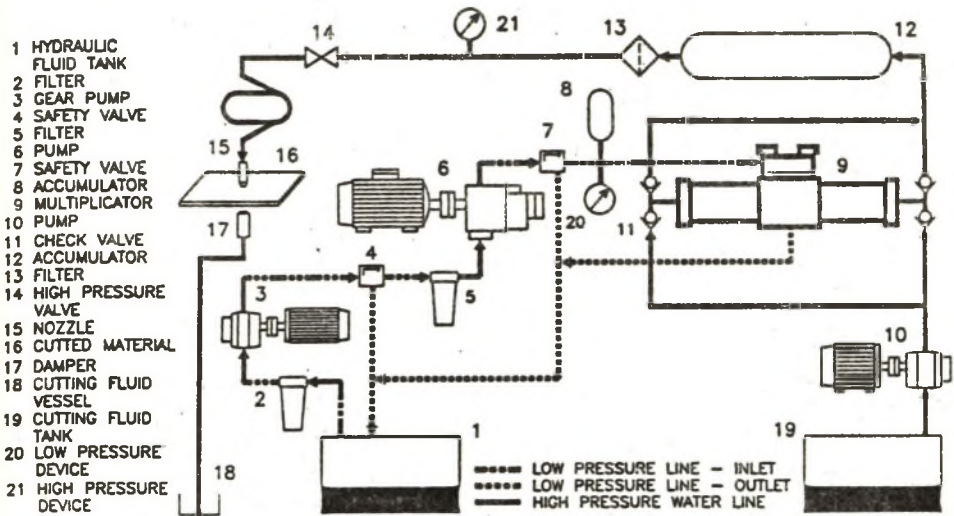


Bild 2. Hydraulisches Schema des Hochdruckwasserübersetzerpumpe

## 2. Konstruktion eines Druckübersetzers

Der Druckübersetzer ist eine hydraulisch angetriebene doppelwirkende Plungerpumpe. Druckübersetzer sind für einen Maximaldruck von 2000 bis 4000 Bar ausgelegt [3], wobei im industriellen Einsatz vornehmlich mit Drücken von 2000 bis 3800 Bar gearbeitet wird. Die Antriebsleistung beträgt 20 bis 260 kW, der Volumenstrom 1,5 bis 40 l.min<sup>-1</sup>. Mit den Aggregaten unserer Konstruktion können mehrere Schneiddüsen betrieben werden.

Hochdruckpackungen und -Kolben sind besonders dem Verschleiß unterworfen. Die Standzeiten hängen von den jeweiligen Betriebsbedingungen und der Qualität des Wassers ab. Man erreicht heute bei einem Betriebsdruck von 2000 Bar mehr eine Standzeit von mehr als 1000 Stunden, bei 3000 Bar ca. 500 bis 1000 Stunden und bei 4000 bar ca. 150 bis 400 Stunden [4]. Aus Literatur [3] und [5] folgt, daß der wichtigste Teil jedes Druckübersetzers ist die Dichtung.

## 3. Modernes Dichtungskonzept als multifunktionales System für Druckübersetzer

Bei dem derzeitigen Wettbewerb zwischen den Dichtungsherstellern müssen die wirtschaftlichsten Fertigungsmethoden angewendet und der Materialeinsatz optimiert werden. Dies bedeutet, daß die für uns als auch für die Dichtungsherstel-

ler wichtigen Kriterien wie Systemsteifigkeit, Oberflächen-  
güten und ausreichende Bauräume nicht immer genügend berück-  
sichtigt werden können. Der Dichtungshersteller muß sich mit  
diesen Bedingungen abfinden und ebenso Wege finden, um mit  
Hilfe der Dichtungsvarianten den Spielraum für den Einsatz  
der Dichtungen in den unterschiedlichsten Anwendungsfällen  
zu erweitern (z.B. für höheren Druck). Auf welchem Wege  
dies erreichbar ist, wollen wir in diesem Beitrag zeigen zum  
einen durch ganzheitliche Systeme.

### 3.1 Verwendung ganzheitlicher Systeme

Zu dem komplexen Dichtungssystem eines "Zylinders" gehö-  
ren die Funktionen **Dichten**, **Führen** und **Abstreifen**. Diese  
Elemente können sich gegenseitig beeinflussen und müssen da-  
her sorgfältig aufeinander angepasst werden [6]. Nicht jede  
Dichtung kann sowohl material- als auch typenspezifisch mit  
den anderen Elementen optimal zusammenwirken. Nur die genaue  
Kenntnis der Funktion der Einzelemente kann durch geeignete  
Auswahl zu optimierten Lösungen führen. Für den Bereich  
Dichten, Führen und Abstreifen können verschiedenste Krite-  
rien bei der Auswahl eine Rolle spielen, zum Beispiel:

- Optimierung der Lebensdauer der Elemente
- Wunsch nach geringer Leckage
- besondere Druckfestigkeit
- einfache Nutgestaltung
- geringe Reibung
- Vermeidung von Stick-Slip-Effekten
- Beständigkeit gegen besondere Medien
- hohe hydrodynamische Wirksamkeit
- Erfüllung gesetzlicher Auflagen u.a.

Für eine gute Gesamtfunktion ist allerdings nicht alleine  
die Dichtung verantwortlich. So ist zum Beispiel die  
Gegenauflfläche ein wichtiges Indiz für die Wirksamkeit des  
Dichtungssystems bezüglich der Tribologischen Zustände und  
der Lebensdauer.

Auf die Einflüsse der Oberflächenstruktur hinsichtlich  
der Struktur, Rauheit, Härte, des Traganteils, Werkstoffes,  
oder der verschiedenen Beschichtungs- und Bearbeitungstech-  
niken soll hier nicht weiter eingegangen werden (kleiner  
Raum des Vortrags). Aber da dies sehr detailliert betrachtet  
werden muß.

Weiterhin sind ein wesentlicher Faktor bei der Auswahl  
von Dichtungs- und Führungssystemen die mechanischen Belas-  
tungen, die auf das System wirken. Drücke, Stöße, Vibratio-  
nen, Querkkräfte, Temperaturen, Schmutzbelastungen, als auch  
die Einschaltdauer sind die Parameter, die die Auswahl des  
Systems wesentlich beeinflussen.

Nach reiflicher Überlegung aller Kriterien und Faktoren  
für geeignete Konstruktion und Auswahl von Dichtungen für  
Hochdruckübersetzer, haben wir einen Entwurf progresiv-  
kombinierter Dichtungen geschaffen (Bild 3).

### 3.2 Berechnung von Dichtungen durch Finite-Elementen- Methode (FEM)

Die Methode der Finiten Elemente ist heute ein Verfahren



zur Berechnung von Tragwerken, die sich mit den klassischen Methoden der analytischen Mechanik nicht, nur grob annähert oder mit großem Aufwand untersuchen lassen. Während die eigentliche klassische Form der FEM-Berechnung die lineare

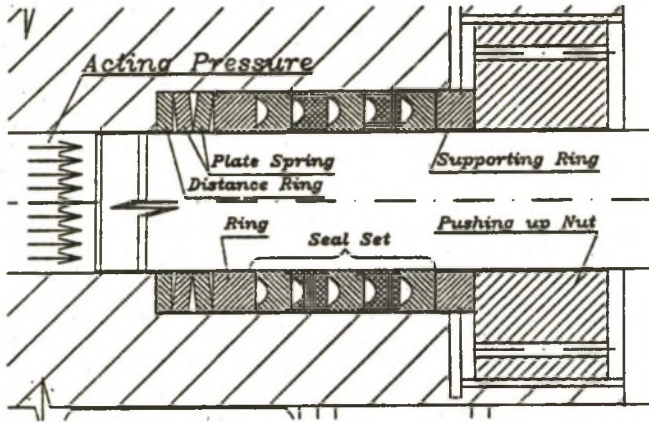


Bild 3. Konstruktionsausführung des Dichtungssatzes

Berechnung von statischen Tragwerken ist, sind heute auch nichtlineare Berechnungen und dynamische FEM- Berechnungen üblich. Die Skala der Anwendungen reicht von der Berechnung relativ einfacher Maschinenelemente bis hin zur Betrachtung so komplexer Strukturen wie z.B. Verkehrsflugzeuge.

Im Bild 4 ist der Entwurf der Versuchsichtung für die Einsatzparameter dargestellt. Bild 5 zeigt die der Druckveränderung entsprechenden Deformationen dieser Dichtung.

Arbeits- hub [mm]	Arbeits- druck [MPa]	Arbeits- temper. [oC]	Werkstoff- dichtungen	Zahls- ring [St]	Außer Durch- messer Dicht. [mm]	Durch- messer Plung. [mm]
100	von 100 bis 380	20	Aluminium- bronze	3	40	25
			PTFE N 11- 91 DU PONT	2		

Tab. 1. Einsatzparameters für Druckübersetzer

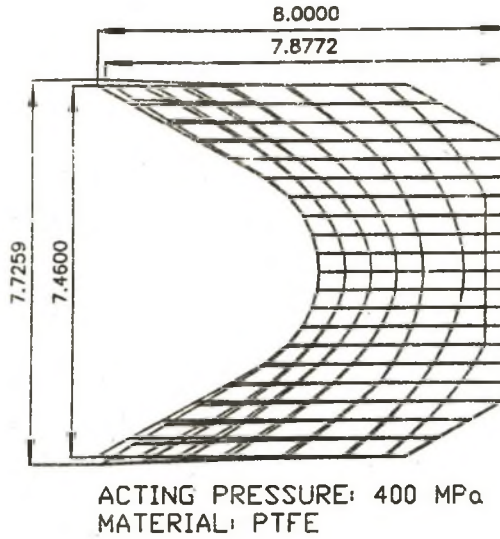


Bild 4. Deformation der Dichtung beim Druck von 400 MPa

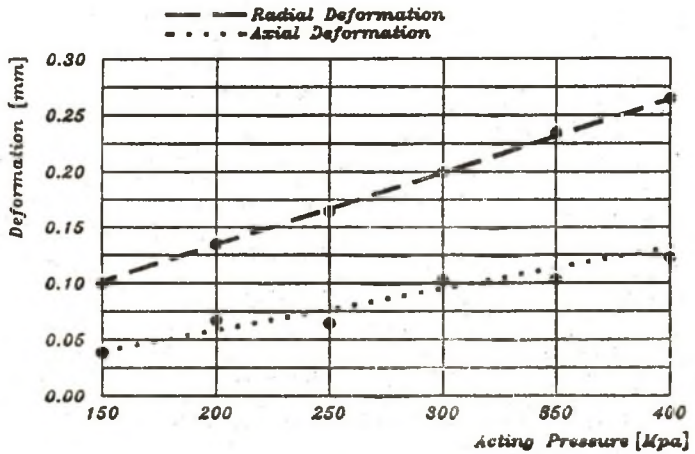


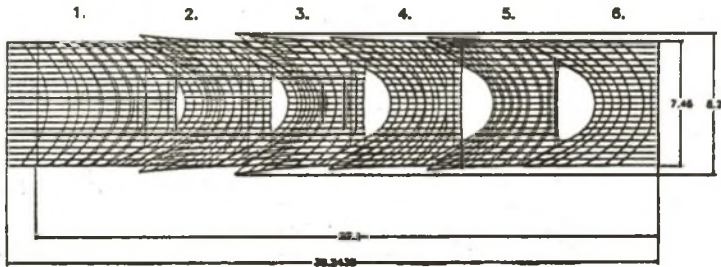
Bild 5. Grafische Darstellung der Abhängigkeit Deformation / Druck

Bei dieser Gelegenheit möchten wir uns bei der Firma Kunststoff-Fluid-Technik (Austria) für gute Zusammenarbeit bedanken.

#### 4. SCHLUSSWORT

Bild 6 zeigt die zugehörige Deformation des Dichtungssatzes für jeden Einsatzparameter. Praktische Funktionsverläßigkeit, Beständigkeit gegen Arbeitsmedien (kaltes Wasser) und eine Optimalisation der Lebensdauer. Mit Hilfe unserer Dichtungselemente können Baukasten-Lösungen auf hohem technischen Niveau kostengünstig realisiert werden.

Dazu dient auch unsere Computer-Demo-Version für Vorentwurf von Dichtungen.



Acting Pressure: 380 MPa

Material: 1.Bronze 2.Bronze 3.PTFE 4.Bronze 5.PTFE 6.Bronze

Seal Type: Sealing Rings

Deformation: axial 1.14 mm, radial 0.74 mm

Bild 6. Deformation des Dichtungssatzes beim Druck von 380 MPa

#### SCHRIFTTUM

- [1] Langemann, M.: Hochdruckwasserstrahlschneiden mit Einbezug eines Industrieroboters. Wt-Zeitschrift für industrielle Fertigung. Springer Verlag, 1984, s.593-596
- [2] Prospektmaterial von Firmen: URACA Pumpenfabrik, Flow Systems, Sugino Machine Ltd., Ingersoll-Rand
- [3] Krajný, Z.: Anwendungstechnologie Flüssigkeitsenergiestrahle. Slowakische Technische Universität, Bratislava, 1989, s. 43
- [4] Engemann, B.K.: Einsatzmöglichkeiten des Wasserstrahlschneidverfahrens zum Bearbeiten von Kunststoffhalbzeugen. KUNSTSTOFFE 71 (1989) 9, s. 539-545

- [5] Krajný, Z.: A High-Pressure Multiplier. PV-3453/89, 1989 (CS)
- [6] Weiss, H.: Modernes Dichtungskonzept. Ö+P 35/1991, s. 114-117

## DESIGN OF HIGH PRESSURE HYDRAULIC DEVICE DESIGN

### Summary

In this article will be short given the principles of function of the high pressure WJM equipment and its most important unit- the multiplier. In detail will be discussed the demands on the seal properties and the seal design.

## PROJEKTOWANIE WYSOKOCIŚNIENIOWYCH URZĄDZEŃ HYDRAULICZNYCH

### Streszczenie

W artykule przedstawiono zasady funkcjonowania wysokociśnieniowego urządzenia WJM i jego najważniejszą część - multiplikatora. Szczegółowo omówiono własności uszczelnień i projektowanie uszczelnień.

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992 r.

Recenzent: Edward TOMASIAK