

# Les avantages des machines de découpe au jet d'eau utilisant un équipement de mesure de pression modern

Dr. André Schäfer, Hottinger Baldwin Messtechnik, Darmstadt

<http://www.hbm.fr/custserv/SEURLF/ASP/SFS/ID.793/MM.4,36,34/SFE/techarticles.htm>

Numéro de référence: 793\_fr

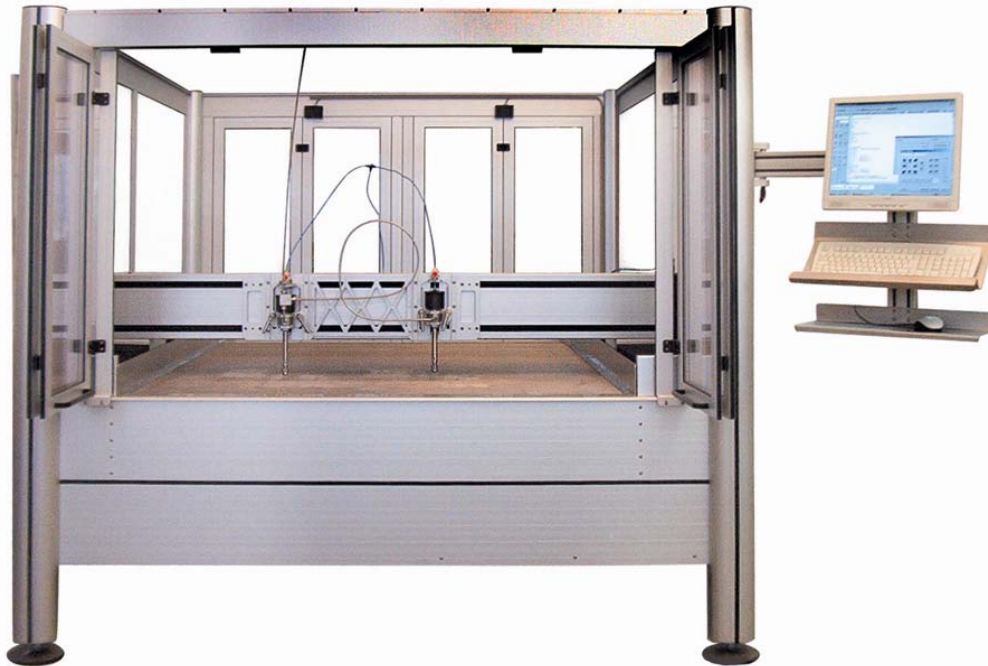


Fig. 1: Machine de découpe au jet d'eau

## Introduction: Découpe au jet d'eau – l'alternative rentable et fiable à la méthode laser

En production, la découpe au jet d'eau est une application nouvelle utilisant une technologie de mesure moderne. En comparaison avec la découpe au laser, la découpe au jet d'eau est la solution la plus rentable et offre beaucoup d'avantages. Pour la découpe au jet d'eau, les pressions d'eau sont importantes et comprises entre 3000 et 5000 bars, doivent être régulées et mesurées très précisément. HBM propose les capteurs et transmetteurs les plus adaptés à cette technique.



Fig. 2: Transmetteur de pression P2V pour une installation dans les conduites haute pression d'une machine de découpe au jet d'eau

Cet article présente comment la technologie de mesure de pression moderne peut améliorer l'application de découpe au jet d'eau.

La découpe au jet d'eau a été si bien améliorée dans les années 80 grâce à l'ajout de matières solide au jet d'eau qu'il est maintenant possible de traiter des épaisseurs de matériau jusqu'à 200mm pour les métaux.

Cette découpe abrasive au jet d'eau permet de réaliser des profondeurs de coupe beaucoup plus importantes que la découpe au laser. Ainsi, le laser ne permet de découper de l'acier inoxydable que jusqu'à 20mm alors que la découpe au jet d'eau atteint 100mm. Grâce au procédé de découpe au jet d'eau on obtient une précision de découpe d'environ +/- 0,1mm. Il n'est pas nécessaire donc de traiter les arêtes de coupe obtenues par la technique de découpe au laser.

En outre, ce procédé ne produit aucun gaz toxique. En revanche, le procédé au laser produit des résidus de combustion, par ex des vapeurs toxiques lors du traitement de plastiques, d'acryliques, de caoutchoucs ou de mousses.

D'une manière générale, les procédés de découpe et d'ébavurage au jet d'eau constituent des alternatives judicieuses aux procédés de découpe et d'ébavurage classiques. En effet, outre les avantages susmentionnés, ils peuvent également être utilisés à des endroits où d'autres technologies telles que les lasers sont inapplicables, par ex. sous l'eau dans le domaine des matières explosives, dans des réservoirs de combustible pleins. La découpe au jet d'eau est un procédé de découpe à froid qui permet de traiter quasiment tous les matériaux, notamment les matériaux composites, tels que les laminés ou les plastiques renforcés de fibres. La déformation qui apparaît parfois avec le procédé au laser, par exemple en raison de la température à laquelle est soumise la pièce, est ici exclue.

L'un des aspects les plus importants est que l'investissement initial pour la technique de découpe au jet d'eau est moindre que l'investissement de la technique laser. De nos jours, les machines de découpe au jet d'eau sont fortement utilisées. De ce fait, cette technique peu coûteuse promet du potentiel à l'avenir.

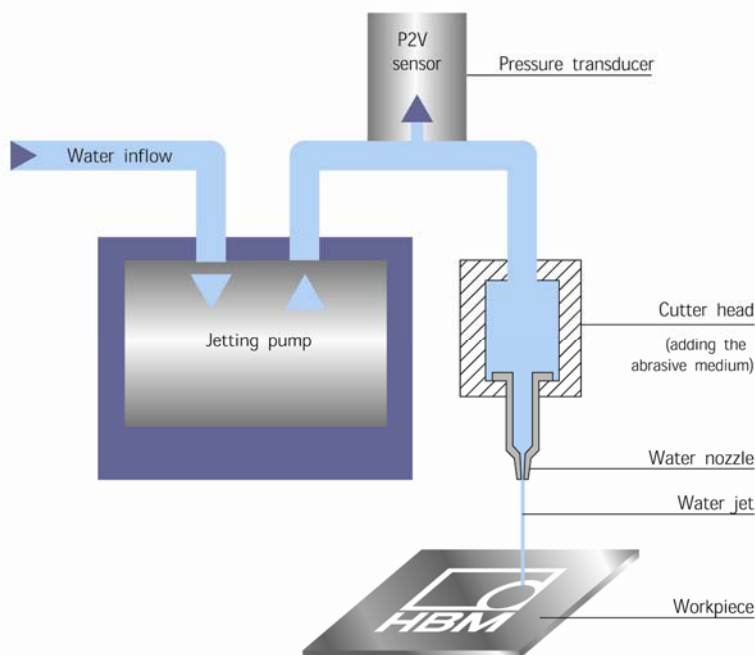


Fig. 3: Principe du découpe au jet d'eau

## Pour une sûreté du process, les outils de mesure de précision sont recherchés ; la découpe au jet

Un système de découpe au jet d'eau comporte une table de découpe et une pompe à haute pression, qui fournit la pression requise d'eau par exemple 4000 bar. La pression est produite par un générateur de pression à partir d'une basse pression qui est ensuite amplifiée par une pompe hydraulique à huile. La pompe hydraulique permet à la pression d'être ajustée et stabilisée. Des fluctuations additionnelles de pression sont provoquées par l'opération discontinue du générateur de pression. En plus, d'autres fluctuations sont créées par l'usage d'un générateur de très haute pression. Aucune de ces fluctuations de pression n'est corrigée. Pour la technique de découpe au jet d'eau, La pression d'eau est un paramètre important et essentiel pour juger de la qualité du système.



Bien que l'expérience prouve qu'il est absolument essentiel qu'au moins un manomètre soit monté sur une machine de découpe au jet d'eau. Ceci n'est pas toujours le cas et le prix reste une des principales raisons économiques. Si une mesure de pression est effectuée sur la machine, elle est traditionnellement faite par un indicateur de pression mécanique, bien que récemment, la technologie électrique de mesure ait été également employée. En utilisant la première méthode de mesure de pression, l'incertitude de mesure est très considérable.

Fig. 4: Machine de découpe au jet d'eau équipée d'un manomètre de pression conventionnel (monté sur une pompe haute pression)

A travers les expériences effectuées, les écarts sont plus grands que 5% en pleine échelle entre les technologies de mesure électrique et mécanique. Cela signifie, un écart entre 3000 et 4000 bar. Cet écart produit un effet négatif très évident lors de l'usage du système de découpe au jet et également un effet négatif sur la qualité du process.

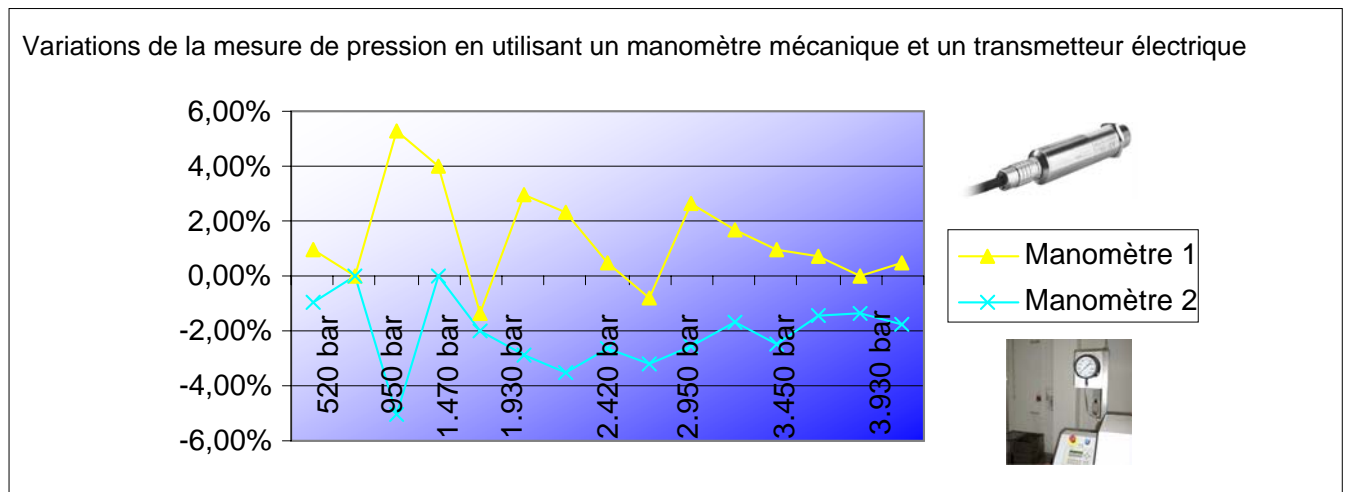


Fig. 5: Comparaison entre les manomètres mécanique et les transmetteurs électrique à base de jauges de contraintes  
Idéalement, deux points de mesure de pression devraient être fournis sur une machine de découpe au jet d'eau. Un de ces deux points devrait être la valeur de pression à la pompe haute pression, afin de surveiller la pression caractéristique sur le générateur à haute pression.



Fig. 6: Utilisation d'un P3MBP/5000 bar dans une pompe haute pression

Le deuxième point de mesure est à proximité de la tête de découpe car la pression efficace pour le process se situe à cet endroit. Cette mesure de pression vers la table de découpe est généralement accompagnée d'un affichage pour l'opérateur. Traditionnellement cette copie analogique de la valeur de la pression à la tête de découpe car elle donne une tendance de la pression du process.

Mais en réalité, cet affichage n'est pas satisfaisant en termes de précision absolue du process. La pression à la tête de découpe est perturbée par un frottement du liquide important à un niveau de haute pression. Il y a donc une chute considérable de la pression dans la ligne (on mesure une dépression).

La mesure à la tête de découpe est significative particulièrement quand il y a des canalisations d'alimentation du circuit très longues ou des systèmes de distribution. Tandis que la mesure électrique de pression à la pompe haute pression apporte beaucoup plus d'avantages. L'avantage le plus important de la mesure électrique de pression est la prise en considération des valeurs limites et des fluctuations de la pression du process. Ces valeurs peuvent être enregistrées et transmises au tableau de bord de la salle de contrôle. Cette action apporte un plus permettant à mieux contrôler le process et une meilleure sûreté de fonctionnement.

### **Options pour améliorer le process au moyen d'une boucle d'asservissement de pression**

Un des problèmes qualité des pièces découpées par jet d'eau est " Le Retard". Ceci est du à la résistance du matériel guidant le jet. Des cannelures de découpe apparaissent dans la direction opposée à la direction de l'alimentation. La grande tolérance dimensionnelle qui résulte de cette résistance doit être évitée. Le retard du jet a un mauvais effet sur l'exactitude dimensionnelle, particulièrement quand il y a des changements brusques de direction.

Les options pouvant contrecarrer cet effet sont les suivantes :

- Réduction du taux d'introduction

- Machines de découpe au jet d'eau avec plus de trois degrés de liberté
- Le concept d'une boucle d'asservissement

Actuellement, la manière de contrecarrer cet effet est de réduire le taux d'introduction, bien que ceci augmente le coût par morceau. Une deuxième option est d'utiliser des machines de découpe au jet d'eau avec plus de trois degrés de liberté. Ceci peut réduire l'effet du débattement du jet, qui donnerait une meilleure surface de coupe à la même vitesse de découpe. Bien que les systèmes de ce type soient chers.

Une manière bien plus simple de contrecarrer cet effet est d'augmenter la pression momentanément, de réduire au minimum le retard aux coupes critiques. Ceci présuppose qu'avec le capteur de pression électrique, le process peut être surveillé - pratiquement de la même manière que pour une machine-outil avec commande numérique (telle que Simatic). La valeur d'entrée ici peut être assurée par l'intermédiaire d'une entrée tension 0 - 10 V ou également par l'intermédiaire d'un signal de courant de 4 - de 20 mA. Un signal, déclenché par la commande de table de découpe, est donné à la pompe dans des secteurs critiques de la découpe pour augmenter la pression des moyens actifs à la valeur maximum.

Avec le concept de boucle d'asservissement, le retard est évité bien plus de manière rentable par une augmentation immédiate de pression dans les secteurs critiques, tels que les points de débattement du jet (l'angle pointu d'une découpe). Ceci n'exige pas une réduction de la vitesse du process. Avec cette méthode, l'augmentation de pression est momentanée. Il est possible de réaliser la dynamique exigée par la commande en utilisant la technologie électrique pour la mesure de pression décrite ici. Ceci permet d'adapter la pression de coupe donc à adapter les conditions de coupe à la qualité optimale de l'objet et d'aider à améliorer le process.

### **Une mesure de pression très précise réduit les coûts d'une machine de découpe au jet d'eau**

Si vous voulez s'assurer que le process peut être facilement reproduit, alors la pression de l'eau de la machine de découpe au jet d'eau doit être commandée et mesurée d'une manière très précise. Les spécifications d'une machine de découpe au jet d'eau indiquent souvent une pression maximale, par exemple, de 4000 bar. Mais en pratique, la pression de chargement maxi est seulement de 3800 bar. Des joints pour la pompe à haute pression (renforçateur de pression) sont nécessaires afin de produire une pression sous de grand effort, particulièrement pour les pressions maximum. Ces joints doivent être conçus en plastiques et insensibles au mouvement. Un ensemble de joints coûte environ 200 €. Si, au lieu de travailler à 3800 bar, vous travaillez seulement à 3000 bar, la différence présente un coût d'un quart des coûts de fonctionnement.

Dans la pratique, il y a des variations apparentes entre la pression cible et la pression réelle. C'est particulièrement visible si le volume du l'anti-pulsateur (accumulateur d'air comprimé) est insuffisant.

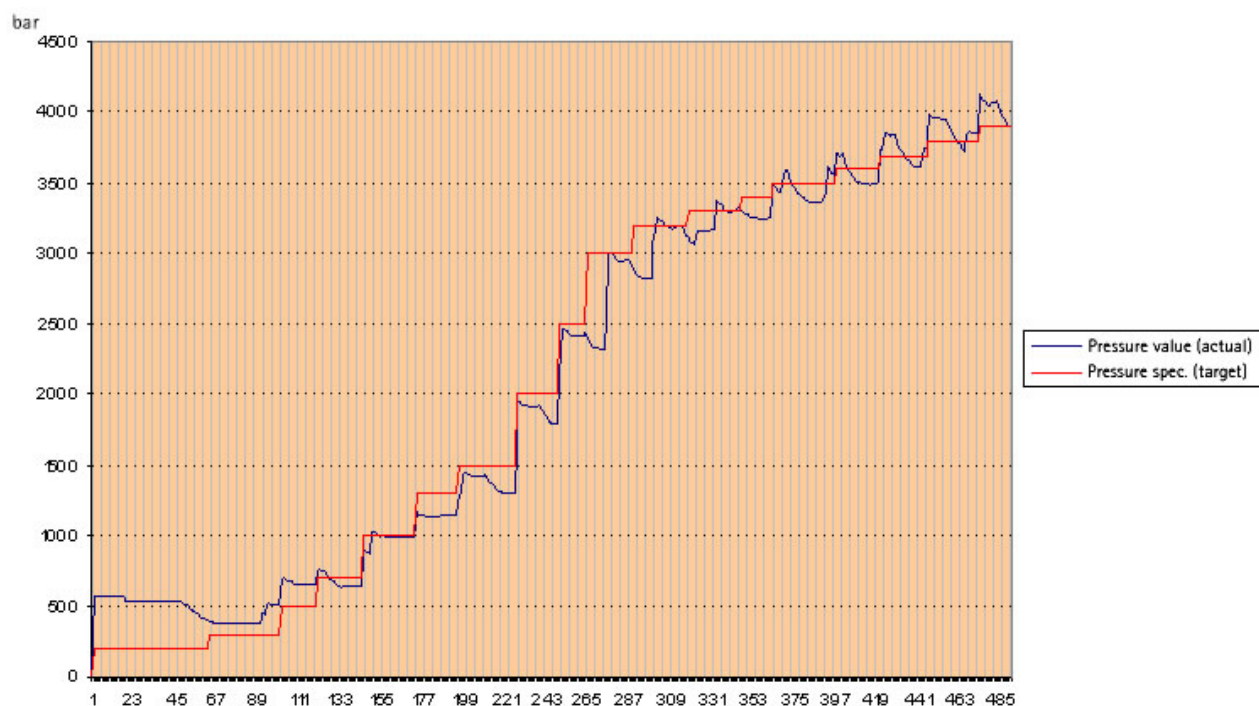


Fig. 7: Les variations typiques entre la pression cible et la pression de travail.

Il est donc possible de mesurer la pression avec une précision, car les fluctuations de pression sont relatives à la qualité de la pompe à haute pression et ainsi à la qualité de la découpe. Ceci a un effet crucial sur le taux d'entrée possible et sur la profondeur possible de la coupe.

La technologie de mesure électrique décrite ici rend possible l'application d'une pression connue afin d'améliorer les conditions de découpe relative à la qualité exigée par la pièce finale.

L'intérêt tout particulier que porte les industriels à l'efficacité de leurs moyens de production a fait des machines de découpe au jet d'eau des moyens très lents et inefficaces. Par le passé, l'utilisation de ces moyens dans l'industrie du travail du métal pour l'industrie automobile n'était pas répondue par leurs manques de rapidité et d'efficacité. Mais de nos jours, avec l'utilisation, de la technologie électrique de mesure pression et de la nouvelle génération de pompe à haute pression, la qualité et les vitesses élevées deviennent possibles. De ce fait, les coûts d'investissement sont alors réduits.

## Technologie de mesure appropriée à l'utilisation dans les machines de découpe au jet d'eau

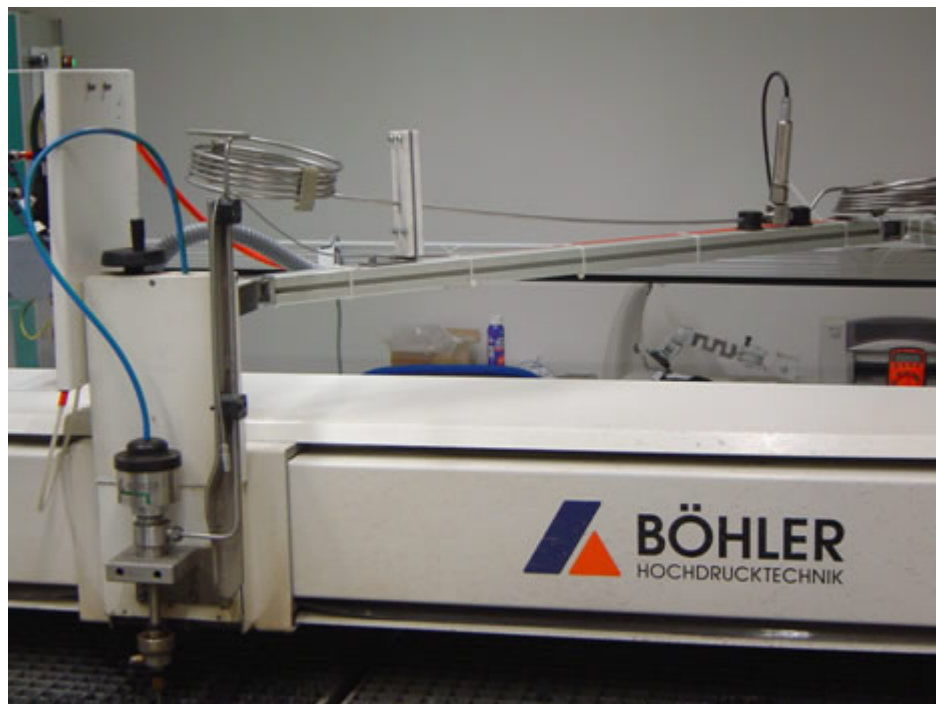


Fig. 8 : P3MBP Blue Line 1-P3MBP/5000bar dans une machine de découpe au jet d'eau Böhler

Jusqu'ici, la mesure précise de très haute pression était une tâche très difficile. Mais avec les capteurs de la famille P3MBP BlueLine de chez HBM et le nouveau transmetteur de très haute pression P2V cela devient trivial.

La technique de conception, brevetée, des capteurs de pression allant jusqu'à 15000 bar consiste à la création dans le capteur d'une chambre de pression monolithique. Ceci signifie que l'élément de mesure est fait en une seule pièce, sans aucune soudure. Cet élément de mesure dispose alors d'une fréquence propre très élevée. La technologie de jauge de contrainte à trame pelliculaire permet une meilleure conception et utilisation du corps d'épreuve. La grille de mesure est appliquée à l'étape finale de la production.

Depuis 2006, le transmetteur P2V à haute pression était disponible sous toutes les formes et offre des propriétés exceptionnelles à un prix très intéressant. De nouveau, l'élément de mesure en acier est monolithique (une seule pièce) situé au coeur du capteur. Avec ce modèle, il n'y a également aucune soudure. Ceci donne au capteur une fiabilité extrême ainsi qu'une résistance maximum, même sous des chargements fortement dynamiques. C'est une nouveauté, particulièrement à des pressions très élevées, même si les utilisateurs devaient remplacer les autres technologies, selon le chargement. C'est pour cette raison, beaucoup d'utilisateurs sont enchantés par la structure monolithique du P2V, particulièrement pour les transmetteurs à haute pression fonctionnant dans des conditions particulièrement dures. Malgré la petite taille, un amplificateur de haute qualité et à faible bruit intégrant également l'identification du capteur ; TEDS, est intégré dans le corps d'épreuve du capteur. Ceci apporte un plus car le capteur

contient une puce sauvegardant les données les plus importantes. Le P2V est également approprié à l'analyse précise des process et aux boucles d'asservissement rapides. En raison de sa fréquence de coupure élevée de 4 kilohertz (- 3dB), même des pics rapides de pression sont mesurés. L'Étendue de mesure de 0 - 5000 bar est très adaptée aux applications relatives aux machines de découpe au jet d'eau. Comme cité précédemment, le P2V est adapté à une production qui requière une qualité optimale, un taux d'introduction élevé. Avec l'utilisation du P2V, la découpe au jet d'eau devient donc appropriée aux process de production en série

Les technologies de mesure apportent donc une contribution importante en améliorant des process existants fiables. La mesure, leurs permettra bien souvent de devenir des process économiques !!!

**Références :**

- (1) Kolb, M.: Wasserstrahlschneiden - Materialbearbeitung mit einem Hochdruckwasserstrahl, Band 295 Die Bibliothek der Technik, Verlag Moderne Industrie, Landsberg, 2006, ISBN 978-3-937889-47-4
- (2) Denner, A.: Beitrag zur Planung und Steuerung des Zeitablaufes von Simultaneous Engineering-Projekten, Dissertation TU Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, Chemnitz, 1998
- (3) Schäfer, A.: Die Kraft des Wassers – Vorteile elektrischer Druckmesstechnik beim Wasserstrahlschneiden, customer magazine HOTline, HBM GmbH, Darmstadt, 5.Jg., Edition October 2005, page 9
- (4) Schäfer, A.: 15000 Bar im Visier-Neuartiger Druckaufnehmer für weiten Anwendungsbereich, Fachzeitschrift Fluid, Verlag Moderne Industrie, Landsberg, edition November/December 2004, page 28 et seqq.